

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Alexandre dos Santos

Uso do ICE para análise da qualidade da água e do enquadramento de corpos hídricos das
bacias do rio Ratonés e do Saco Grande, Florianópolis/SC

Florianópolis

2021

Alexandre dos Santos

Uso do ICE para análise da qualidade da água e do enquadramento de corpos hídricos das
bacias do rio Ratonés e do Saco Grande, Florianópolis/SC

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico
da Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental
Orientador: Profa. Patrícia Kazue Uda Dra.
Coorientador: Msc. Claudinei José Rodrigues

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra

Santos, Alexandre

Uso do ICE para análise da qualidade da água e do enquadramento de corpos hídricos das bacias do rio Ratoles e do Saco Grande, Florianópolis/SC / Alexandre Santos ; orientador, Patricia Kazue Uda, coorientador, Claudinei José Rodrigues, 2021.

96 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Qualidade de Água. 3. CONAMA 357/05. 4. Enquadramento. 5. Bacia Hidrográfica. I. Kazue Uda, Patricia . II. José Rodrigues, Claudinei. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Alexandre dos Santos

Uso do ICE para análise da qualidade da água e do enquadramento de corpos hídricos das
bacias do rio Ratoles e do Saco Grande, Florianópolis/SC

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de
“Engenheiro Sanitarista e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 12 de maio de 2021.

Prof^a. Maria Eliza Magri Dr^a.
Coordenadora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

Banca Examinadora:

Profa. Patrícia Kazue Uda Dra
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng^a. Priscilla Kern Msc^a.
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Neste momento em que começo a refletir sobre a minha passagem pela nossa querida universidade, observo o quão grato devo ser por ter conseguido a oportunidade de estudar nessa instituição. Posso afirmar que vivi alguns bons anos da minha curta existência na UFSC.

E nada disso poderia ser possível sem o apoio incondicional da minha família, os quais, apesar de não terem tido a oportunidade de estudar por conta das dificuldades da vida, sempre viram a importância de uma boa educação, e nunca nos foi negado a oportunidade de conseguir estudar. Agradeço a minha mãe Inês, guerreira, mãe solteira de um casal de filhos, a qual sempre se sacrificou pelo nosso bem estar e fez de tudo para que os filhos tivessem oportunidades de evoluir na vida. Ao meu avô Brasilino, o qual teve um papel fundamental na minha criação, foi o pai que eu não conheci, me abrigou, abriu mão de “aproveitar” a vida para criar a mim e a minha irmã, sempre me aconselhou, me ensinou a dignidade e a beleza do trabalho, sempre me motivou a seguir firme com os estudos, grato por tudo. A minha vózinha Enoema, a qual fez o papel de segunda mãe em minha vida, auxiliou na minha criação, sempre fez de tudo para ver a gente bem e unido. A minha irmã Tais, mulher guerreira, trabalhadora, dedicada. As suas atitudes sempre me motivaram a ir além, agradeço por os 16 anos de convivência hahaha, mas ainda bem que cada um conseguiu trilhar seus caminhos, me encho de orgulho ao olhar para trás. Enfim, vocês foram a base de tudo, e continuam sendo.

Agradeço as dezenas de amigos que fiz durante a minha graduação em Florianópolis. Em especial aos meus amigos da casa azul, vivemos bons momentos que irão se eternizar em nossas memórias. Um abraço especial para Ana Haruko, o Matheus, o Luigi, a Marina, o Francisco. Com certeza irei lembrar das nossas conversas, dos role, dos shows. As outras pessoas que também passaram pela minha vida foram importantes para trilhar o caminho, gostaria de citar o nome de cada um (Gab, Luca, Pri, Caio, Camilla...), mas o espaço é curto.

Agradeço a instituição de ensino UFSC, a qual me oportunizou diversas coisas, garantiu minha alimentação, me forneceu espaço para estudar. As instituições de extensão e pesquisa pela qual passei, o NEAmb e o LaHiMar, aos professores do departamento de Eng. Sanitária e Ambiental, foram mestres, serei eternamente grato pelo que me foi proporcionado, foram muitos aprendizados.

Um abraço especial para a minha orientadora Profa. Patrícia Kazue Uda, abriu as portas do LaHiMar e me oportunizou diversos meios de aprendizagem, me tranquilizou quando foi preciso, obrigado por tudo.

Agradeço ao ICMBio pela oportunidade de estagiar e aprender. Um abraço especial ao Cladinei José Rodrigues, meu supervisor de estágio, o qual sempre foi muito paciente e didático, me incentivou e me motivou nos momentos difíceis, obrigado por tudo. Por fim, obrigado a todos.

RESUMO

O manejo sustentável das áreas costeiras é um grande desafio ambiental global, visto o crescimento antropogênico acelerado nestas áreas. O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), desenvolvido pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente, em 2001, classifica a qualidade da água com base nos limites para enquadramento previstos pela legislação do país, no caso brasileiro, a resolução CONAMA 357/05. As principais vantagens do ICE são a flexibilidade do número de parâmetros para sua aplicação, e sua estimativa resulta no distanciamento dos parâmetros ao valor limite para enquadramento do corpo hídrico. O presente estudo visa apresentar o ICE como ferramenta potencial para identificar pontos críticos e auxiliar tomada de decisão no gerenciamento de bacias costeiras. O período de monitoramento avaliado foi de 2008 a 2018, com 35 pontos de entre as duas bacias, totalizando 5.669 amostras analisadas. O ICE foi calculado como um valor médio para cada local, e para cada ano da série histórica. Neste momento, os principais resultados apontam para um cenário preocupante de degradação, com os 35 locais apresentando ICE classificados como *Não Conforme* e *Afastado*, indicando uma frequente violação dos parâmetros de qualidade da água. Os principais parâmetros que excederam o limite previsto na resolução CONAMA 357/2205, para rios de classe 2 que compõem as bacias do Ratonés e Saco Grande, respectivamente foram: OD (64% e 52%), DBO_{5,20} (68% e 35%) Fósforo total (72% e 81%) e Coliformes Termotolerantes (53% e 100%). Os resultados mostram que o cenário estabelecido é crítico e que se o poder público não investir em saneamento e infraestrutura, a perspectiva é de piora no futuro. O ICE mostrou-se como potencial instrumento de gerenciamento de recursos hídricos, permitindo identificar pontos que necessitam de maior controle, visando atendimento à legislação de enquadramento e assegurando usos múltiplos das águas.

Palavras-chave: Zona Costeira. Qualidade da água. Enquadramento. ICE.

ABSTRACT

The sustainable management of coastal areas is a major global environmental challenge, given the accelerated anthropogenic growth in these areas. The Conformity-to-Conformity Index (ICE), developed by the Canadian Council of the Ministry of the Environment, in 2001, classifies water quality based on the limits for framing provided for by the country's legislation, in the Brazilian case, CONAMA resolution 357 / 05. The main advantages of the ICE are the flexibility of the number of parameters for its application, and its estimate results in the distance of the parameters to the limit value for framing the water body. The present study aims to present the ICE as a potential tool to identify critical points and assist decision making in the management of coastal basins. The evaluated monitoring period from 2008 to 2018, water quality parameters in 35 sites in the basins, totaling 5,669 samples analyzed. The ICE was estimated as an average value for each location, for each year of the historical series. At this moment, the main results point to a worrying scenario of degradation, with the 35 sites presenting ICE classified as Non-Conforming and Away, indicating a frequent violation of water quality parameters. The main parameters that exceeded the limit provided for in CONAMA resolution 357/2205, for class 2 rivers that make up the Ratonés and Saco Grande basins, respectively: OD (64% and 52%), $DBO_{5,20}$ (68% and 35 %) Total Phosphorus (72% and 81%) and Thermotolerant Coliforms (53% and 100%). The results show that the established scenario is critical and that if the government does not invest in sanitation and infrastructure, the prospect of worsening in the future. The ICE proved to be a potential instrument for the management of water resources, allowing the identification of points that need greater control, aiming at complying with the framing legislation and ensuring multiple uses of water.

Keywords: Keyword Coastal zone. Keyword Water quality. Keyword Conformity. Keyword ICE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação do nível de impermeabilização do solo da bacia com a qualidade do corpo hídrico.....	20
Figura 2: Exemplo de inter-relações de possíveis alteradores da qualidade da água.....	21
Figura 3: Modelo Conceitual do Índice de Conformidade ao Enquadramento.....	27
Figura 4: Qualidade da água em função das classes de enquadramento e usos da água.....	35
Figura 5: Mapa de localização das Bacias Hidrográficas do Ratonés e Saco Grande, na Ilha de Santa Catarina.....	38
Figura 6: Mapa da hipsometria da BH do Ratonés.....	40
Figura 7: Mapa de declividade da BH do Ratonés.....	41
Figura 8: BH do Ratonés com a presença da área urbana, rede de esgoto, hidrografia e pontos amostrais.....	42
Figura 9: BH do Saco Grande com a presença da área urbana, rede de esgoto, hidrografia e pontos amostrais.....	43
Figura 10: Mapa de declividade da BH do Saco Grande.....	44
Figura 11: Mapa hipsométrico da BH do Saco Grande.....	45
Figura 12: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para a BH do Ratonés.....	54
Figura 13: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para a BH do Saco Grande.....	56
Figura 14: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para o rio Papaquara.....	58
Figura 15: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para o Canal das Algas.....	58
Figura 16: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para o rio Ratonés.....	58
Figura 17: Distribuição dos valores do ICE para cada ponto avaliado na BH do Saco Grande.....	61
Figura 18: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados da BH do Saco Grande.....	61
Figura 19: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ano na BH do Ratonés.....	62

Figura 20: Distribuição dos valores do ICE para o conjunto de dados por corpo hídrico avaliado na BH do Ratonés.	62
Figura 21: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ano para o rio Papaquara.....	64
Figura 22: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ponto no rio Papaquara.	64
Figura 23: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ponto para o rio Ratonés.	65
Figura 24: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ano para o rio Ratonés.	65
Figura 25: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ponto para o Canal das Algas.....	66
Figura 26: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ano para o Canal das Algas.....	66
Figura 27: Distribuição dos valores médios de salinidade por ponto analisado.....	67
Figura 28: Resultado da regressão linear realizada entre Salinidade média (%) e ICE médio para o conjunto de pontos na BH do Ratonés.....	68
Figura 29: Resultado da regressão linear realizada entre Salinidade média (%) e ICE médio para o conjunto de pontos do rio Papaquara.....	69
Figura 30: Resulta da regressão linear entre mediana do ICE e Precipitação anual acumulada (mm/ano) para a BH do Ratonés.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Faixas de classificação do ICE pela CCME (2017).	28
Quadro 2: Faixa de classificação do ICE proposta por AMARO (2009).	29
Quadro 3: Classificação em classes de acordo os usos preponderantes da água doce segundo a resolução CONAMA 357/2005.	32
Quadro 4: Classificação em classes de acordo os usos preponderantes das águas salinas segundo a resolução CONAMA 357/2005.	33
Quadro 5: Classificação em classes de acordo os usos preponderantes das águas salobras segundo a resolução CONAMA 357/2005.	34
Quadro 6: Parâmetros definidos pela resolução CONAMA 357/2005 para as águas doces.	35
Quadro 7: Parâmetros definidos pela resolução CONAMA 357/2005 para as águas salinas e salobras.	36
Quadro 8: Faixas de classificação do ICE proposto por AMARO (2009).	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados efetivamente utilizados no estudo para BH do Ratonos e BH do Saco Grande.	49
Tabela 2: Relação do número total de parâmetros, do número de amostras não conformes, e do percentual de amostras não conforme para a BH do Ratonos.	54
Tabela 3: Relação do número total de parâmetros, do número de amostras não conformes, e do percentual de amostras não conforme para a BH do Saco Grande.....	55
Tabela 4: Relação do número total de parâmetros, do número de amostras não conformes, e do percentual de amostras não conforme para o Canal das Algas, o rio Papaquara e o Rio Ratonos.	57
Tabela 5: Resumo dos resultados obtidos para o teste t de Student para todos os valores do ICE para alta e baixa temporada.	59
Tabela 6: Resumo dos resultados obtidos para o teste t de Student para todos os valores do ICE para alta e baixa temporada para o rio Papaquara, rio Ratonos e o Canal das Algas.	60
Tabela 7: Relação da precipitação acumulada anual (mm/ano) e mediana dos valores de ICE para a BH do Ratonos.	70

SUMÁRIO

1	Introdução	15
2	Objetivos.....	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	Referencial Teórico.....	18
3.1	Zona Costeira.....	18
3.2	Urbanização e seus impactos ao meio ambiente.....	19
3.3	Qualidade da Água	21
3.4	Índice de Qualidade da Água.....	24
3.4.1	Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE).....	26
3.5	Legislação sobre recursos hídricos	30
3.5.1	Política Nacional de Recurso Hídricos.....	31
3.5.2	Enquadramento e CONAMA 357/2005.....	31
4	Metodologia	37
4.1	Área de Estudo.....	37
4.1.1	Bacia Hidrográfica do Ratoles.....	39
4.1.2	Bacia Hidrográfica do Saco Grande	42
4.2	Métodos	46
4.3	Banco de Dados	48
4.4	Índice de conformidade ao enquadramento (ICE).....	50
4.4.1	Formulação Matemática do ICE	51
4.4.2	Representação dos Resultados ICE.....	53
5	Resultados.....	53
5.1	Análise dos Parâmetros de Qualidade da Água monitorados em relação a CONAMA 357/05.	53

5.2	Verificação da Influência da população flutuante nos valores de Ice.	59
5.3	Análise dos Valores do ICE.....	60
5.4	Verificação da influência da Salinidade nos valores do ICE.....	67
5.5	Análise da influência da precipitação nos valores do ICE.	70
6	Discussão.....	71
7	Conclusão	77
	REFERÊNCIAS.....	79
	ANEXO A – Tabela da distribuição temporal dos dados de qualidade da água.	86

1 INTRODUÇÃO

O manejo sustentável das áreas costeiras é um grande desafio ambiental global, visto o crescimento antropogênico acelerado nestas áreas. Estima-se que mais de 40% da população mundial ocupam as zonas costeiras, adensadas em grandes aglomerados urbanos, desenvolvendo diversas atividades econômicas (MEMC, 2016).

No Brasil, a ocupação litorânea é relevante, e segue a tendência mundial, abrigoando 26,6% da população total, com densidade demográfica média de 87 habitantes/km², em contraste com a média nacional, de 17 habitantes/km. A maior parte dessa população exerce atividades ligadas direta e indiretamente, ao turismo, pesca, e produção de petróleo e gás (IBGE, 2011).

O principal desafio relacionado à ocupação da zona costeira brasileira é a falta de planejamento e controle por parte dos gestores, resultando na degradação da qualidade do ecossistema presente na região. A zona costeira está conectada de forma direta e indireta com o ambiente marinho e com a parte terrestre do continente. Logo, qualquer atividade desenvolvida nestes ambientes tem reflexo direto sobre o outro.

A zona costeira interage com a bacia hidrográfica por meio de fluxos hidrológicos de água doce, sedimentos e substâncias dissolvidas, originando um curso contínuo fluvial-marinho costeiro. Essas áreas constituem sistemas complexos, de diversidade elevada e alta produtividade biológica, especialmente em regiões intertropicais, onde estão associados a presença de mangues e marismas (MEMC, 2016).

A costa que compreende os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, é caracterizada por longas linhas de praias e restingas, estão relativamente pouco impactadas pela ação antrópica, e esta costa está classificada como de alta importância biológica e áreas prioritárias para a conservação.

Na ilha de Florianópolis/SC, as bacias hidrográficas costeiras do Ratonés e Saco Grande drenam suas águas pluviais e fluviais para manguezais, e os mesmos são áreas de preservação ambiental federal, constituindo a Estação Ecológica de Carijós (ESEC). A ESEC foi estabelecida pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC), sendo bem restritiva em relação aos usos no interior da unidade, devido ao grau de importância ecológica.

Estes manguezais são de grande relevância ambiental para a região, e estão protegidos pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Porém, a exemplo do que é observado ao longo de toda costa brasileira, as bacias do rio Ratonés e do Saco Grande apresentam baixos níveis de coleta e tratamento do esgoto sanitário produzido pela população,

somados a ligações clandestinas em canais de drenagem urbana e em córregos, desaguando na ESEC, degradando a qualidade do ecossistema no interior da unidade.

Para minimizar os impactos da poluição e disciplinar os diferentes usos da água, os gestores de diversos países criaram leis ambientais que estabelecem conceitos e padrões de qualidade a serem seguidos. No Brasil, as leis ambientais são recentes, datam dos anos 80, com a promulgação da Lei no 8.938/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, e que é considerada a mais importante Lei Ambiental do país (FUZINATTO, 2009). Em relação à legislação sobre recursos hídricos, no Brasil, a Lei Federal nº 9.433, de oito de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que institucionaliza o gerenciamento dos recursos hídricos nacionais a partir de uma visão integrada e de usos múltiplos (ANA, 2020). Dentre os instrumentos da PNRH pode-se citar o enquadramento dos corpos de água em classes com base nos usos preponderantes da água. (BRASIL, 1997). Na Seção II dos instrumentos, o Art. 9º versa sobre o enquadramento dos corpos hídricos em classes, segundo os usos preponderantes, os quais visam: i) *Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;* e ii) *Diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas.*

Neste cenário, a resolução CONAMA 357/2005 aparece como apoio da PNRH e estipula uma classificação para os corpos hídricos com base nos parâmetros de qualidade da água e determina o uso preterido.

O enquadramento dos corpos de água é o instrumento de planejamento que estabelece o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo (ANA, 2020). Porto (2002) apud Amaro (2009) sugere que o enquadramento é um dos instrumentos fundamentais dos gestores para o planejamento ambiental dos recursos hídricos, no que se refere à gestão integrada de quantidade e qualidade da água. Ao enquadrar os corpos hídricos em classes de uso é possível realizar uma articulação com a gestão territorial, pois, ao se definir os objetivos da qualidade da água, haverá um direcionamento das ações da gestão territorial nos pontos que os gestores entenderem por críticos (PORTO & PORTO, 2008).

Objetivando acompanhar e avaliar a situação de um corpo hídrico em relação à sua qualidade física, química e biológica, e permitir inferências sobre a biodiversidade ou toxicidade da água, é útil a aplicação de índices de qualidade da água. O IQA, amplamente difundido no Brasil, tem sua aplicação condicionada a um conjunto de nove parâmetros pré-definidos, e, caso não haja monitoramento de um dos parâmetros, seu cálculo é inviabilizado, além de apresentar outros limitantes à utilização em áreas costeiras com águas salobras. Já, o

Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), desenvolvido pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente, em 2001, possibilita a classificação do corpo hídrico de acordo com o enquadramento proposto pela CONAMA 357/05. As principais vantagens em utilizar o ICE são a flexibilidade do número de parâmetros para sua aplicação, de acordo com os usos presentes na bacia, e sua estimativa resulta no distanciamento dos parâmetros ao valor limite para o enquadramento do corpo hídrico.

Com isso, o presente estudo tem por objetivo calcular o Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE, avaliar a situação dos corpos hídricos presente nas bacias hidrográficas do Ratonés e do Saco Grande para o período de 2008 a 2018, com exceção dos anos de 2010 e 2012, com base no enquadramento vigente.

2 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste TCC.

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água e a conformidade ao enquadramento de corpos hídricos das bacias do Ratonés e do Saco Grande, Florianópolis/SC, usando ICE

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar parâmetros indicadores de qualidade da água monitorados nas duas bacias, em relação à resolução CONAMA 357/2005.
- Verificar a influência da população flutuante nos valores de ICE para os períodos de alta temporada e baixa temporada.
- Analisar o enquadramento dos corpos hídricos das bacias, em relação à resolução CONAMA 357/2005, utilizando ICE
- Estudar a influência da salinidade nos valores do ICE em pontos localizados na bacia do rio Ratonés.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ZONA COSTEIRA

Zhen-Gang Ji (2008) descreve a zona costeira como um ambiente complexo e caracterizado por apresentar uma rica diversidade biológica e de recursos naturais.

No Brasil, a Lei nº 7.661/88 instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), como parte integrante da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA). O PNGC (1990) define a Zona Costeira como sendo o espaço geográfico de interação terra-mar-ar, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre.

A zona costeira é caracterizada pela presença de águas com propriedades físico-químicas especiais e por um conjunto de ecossistemas particularmente evolutivos. Os ecossistemas costeiros são de alta relevância ambiental e dão origem a importantes cadeias alimentares devido a sua acentuada produtividade orgânica (PNGC, 1990; PNGC II, 1997).

A zona costeira interage de forma funcional com a bacia hidrográfica por meio de fluxos hidrológicos de água doce, sedimentos e substâncias dissolvidas, originando um curso contínuo fluvial-marinho costeiro (NICOLODI *et al.*, 2009).

Essa região costeira onde recebe o aporte de água doce dos rios, é denominada como *estuário*, a água doce proveniente dos rios mistura-se de forma significativa com a água salgada do mar, criando uma massa de água salobra. Os estuários são sistemas complexos, de diversidade elevada e alta produtividade biológica, especialmente em regiões intertropicais, onde estão associados a presença de mangues e marismas (ASHBY, 2013).

Segundo Scherer *et al.* (2010) dentre os ecossistemas na zona costeira e marinha brasileira, os manguezais apresentam ocorrência expressiva, margeando estuários, lagunas e enseadas. Os manguezais são ambientes de extrema importância ecológica por constituir regiões de berçário para organismos estuarinos e costeiros, além de proteger a costa, devido a ação de redução da velocidade e intensidade das ondas (ASHBY, 2013).

Outra informação que vale frisar segundo os autores, é que na zona costeira, está localizada as principais manchas residuais da Mata Atlântica.

No Brasil são desenvolvidas uma série de usos e atividades econômicas nas regiões costeiras, as principais atividades são relacionadas com *extrativismo mineral, atividades portuárias, pesca extrativista marinha, atividades industriais, turismo e agricultura* (SCHERER *et al.*, 2010).

Em zonas costeiras está a maior concentração da população mundial e considerável número de cidades, em particular as capitais, as quais apresentam níveis crescentes de expansão urbana de forma desordenada. O problema é acentuado devido, principalmente, ao interesse turístico por essas regiões (PNGC II, 1997).

Na costa brasileira os principais problemas estão relacionados com a ocupação desordenada do solo e da exploração de forma predatória dos recursos naturais, gerando graves impactos sócio ambientais, por exemplo a perda de biodiversidade, a diminuição de produtividade primária, redução da diversidade das paisagens naturais, erosão, entre outros (SCHERER *et al.*, 2010).

3.2 URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE

A transformação da cobertura do solo que ocorre no processo de urbanização tem grande impacto sobre a hidrologia de uma bacia hidrográfica (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013). Segundo Higashi (2006) a forma de desenvolvimento adotada pela sociedade não tem sido capaz de se aliar com a conversão dos solos e das águas, resultando em inúmeros processos negativos em seu entorno.

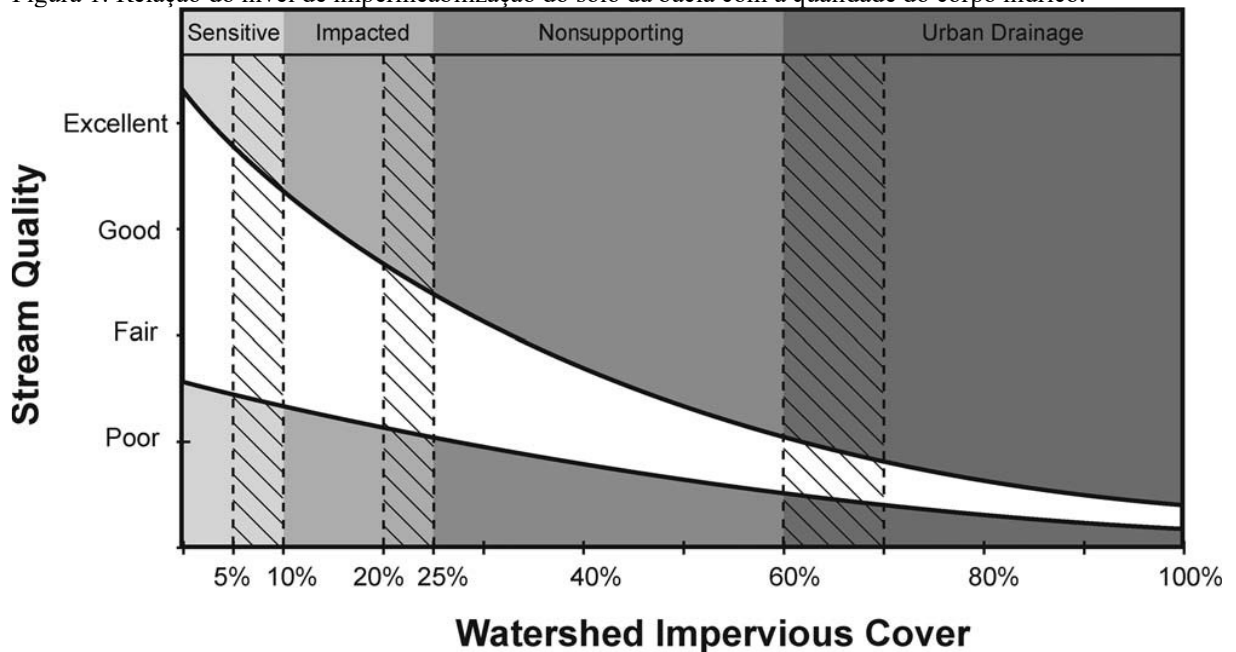
A urbanização, sem planejamento e controle, acarreta vários impactos ambientais e sociais (SCHERER *et al.*, 2010). Tucci (2003) sugere que atualmente um dos principais problemas de recursos hídricos no país é o impacto relacionado com as consequências do aumento da urbanização sem uma visão ambiental integrada do meio, resultando na degradação da qualidade dos mananciais.

Os principais impactos relacionados aos corpos hídricos em ambientes urbanos são devido ao aumento dos níveis de contaminação dos mananciais com efluentes urbanos como o esgoto cloacal, pluvial e os resíduos sólidos (TUCCI, 2003; SCHERER *et al.*, 2010).

A impermeabilização do solo também é um impacto importante, e resulta em maior volume de escoamento superficial, maiores picos de vazão, e uma resposta mais rápida da bacia à precipitação que atinge a bacia. Neste processo, as áreas permeáveis da bacia são, em maioria, substituídas por coberturas com matérias com capacidade reduzida de infiltração, como telhados, asfaltos e estacionamentos (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013). Com o aumento da vazão, os locais sem planejamento, enfrentam maiores dificuldades, favorecendo a ocorrência de enchentes e inundações (TUCCI, 2003).

Segundo Schueler et al., (2009), a qualidade dos corpos hídricos em uma bacia hidrográfica é influenciada pelo percentual de impermeabilização do solo nesta bacia, conforme mostra a Figura 1:

Figura 1: Relação do nível de impermeabilização do solo da bacia com a qualidade do corpo hídrico.



Fonte: Adaptado de Schueler et al. (2009).

O gráfico representado pela figura 1 indica a resposta do corpo hídrico, em termos de sua qualidade, a possíveis perturbações físicas, físico-químicas, biológicas e hidrológicas, relacionadas com o índice de cobertura impermeável da bacia. As respostas são classificadas em quatro categorias: *sensível*, *impactado*, *não-suportado* e *drenagem urbana*.

Sensível é quando menos de 10% da bacia hidrográfica está impermeabilizada, e o corpo hídrico geralmente é capaz de manter suas funções hidrológicas e suportar uma diversidade aquática de boa a excelente. Locais de 10% a 25% de impermeabilização são classificados como *impactados* e tendem a apresentar corpos hídricos com sinais claros de degradação. Aqueles classificados como *não-suportado* possuem entre 25% e 60% de cobertura impermeável ao longo da bacia, eles não têm mais capacidade de exercer as funções hidrológicas, biológicas e ambientais dos corpos hídricos. Esses locais de tão degradados podem ser impossíveis ou muito difíceis de recuperar. Já aqueles classificados como *drenagem urbana* são corpos hídricos que frequentemente funcionam como um canal drenagem, e estão localizados em bacias hidrográfica com altos níveis de impermeabilização, acima de 60% (SCHUELER et al., 2009).

Para minimizar os impactos provenientes das interações com o solo da bacia é necessário diferentes ações preventivas de planejamento urbano e ambiental, buscando realizar um planejamento sistêmico e integrado da bacia, atuando de forma a prevenir os problemas com medidas não estruturais (TUCCI, 2003).

Com o auxílio da figura (1) será possível realizar um diagnóstico da situação atual da qualidade da água com o nível de impermeabilização da bacia, e se for compatível com o gráfico, poderá ser útil para o planejamento das ações dos gestores locais para prever cenários futuros de impactos relacionados com a expansão urbana na bacia hidrográfica, visando atuar de forma preventiva.

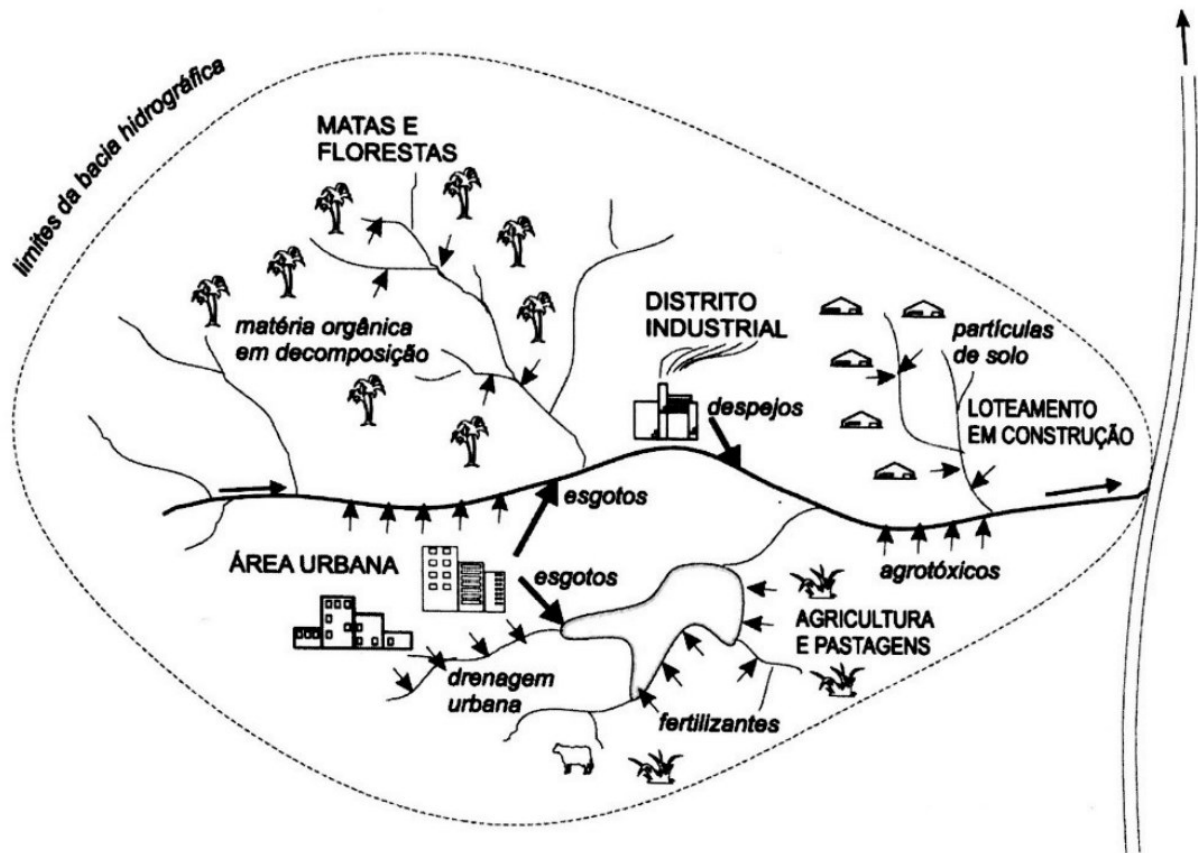
3.3 QUALIDADE DA ÁGUA

Ao longo da bacia hidrográfica a água transportada nos corpos hídricos pode conter e transportar diversas substâncias que podem comprometer e limitar seus usos (COLLISCHONN & DORNELES, 2013). O conceito de qualidade da água tem relação direta com o uso que se faz ou se pretende dar à determinada água (ANA, 2012). A qualidade da água depende das características dos ambientes naturais e antrópicas na qual se origina, circula e é armazenada (BAROBOSA *et al.*, 2019).

VON SPERLING (2014) define de forma resumida a qualidade de uma determinada água como função das *condições naturais* e do *uso e ocupação do solo* na bacia hidrográfica. Na Figura 2 VON SPERLING (2018) apresenta exemplo de possíveis inter-relações entre o uso e ocupação do solo e focos de potenciais alteradores da qualidade da água de corpos hídricos em uma bacia hidrográfica.

Figura 2: Exemplo de inter-relações de possíveis alteradores da qualidade da água

QUALIDADE DAS ÁGUAS E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA



Fonte: Adaptado de VON SPERLING (2018).

A qualidade das águas superficiais é condicionada por diversas variáveis naturais relacionadas, por exemplo, ao regime de chuvas, escoamento superficial, geologia e vegetação (ANA, 2018).

A interferência antrópica em bacias hidrográficas, seja para habitação ou agricultura, implica na dispersão de compostos na água de forma pontuais e/ou difusa, devido, principalmente, a atividades relacionadas com o manejo do solo e de lançamentos de efluentes brutos ou com níveis de tratamento ineficientes, impactando assim, a qualidade da água (ANA, 2018; COLLISCHONN & DORNELLES, 2013; VON SPERLING, 2018).

A avaliação da qualidade da água é realizada de acordo com um conjunto de parâmetros que representam características de natureza física, química e biológica da água (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013; VON SPERLING, 2018). Frequentemente, os parâmetros são apresentados como concentração de certas substâncias presentes na água. Os valores desses parâmetros caracterizam o uso que pode ter determinada água (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

No decorrer deste item serão apresentadas as principais definições relacionadas aos parâmetros: temperatura (T), pH, turbidez, coliformes termotolerantes (CT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT).

A variação da temperatura (T) nos corpos hídricos faz parte do regime climático natural e apresentam variações sazonais. A temperatura é influenciada por fatores como período do dia, estação do ano, profundidade, fluxo, etc (CETESB, 2018). A elevação da temperatura geralmente é provocada por despejos industriais e pode afetar as características físicas e químicas da água, por exemplo, a densidade e solubilidade dos gases (COLLISCHONN & DORNELES, 2013, CETESB, 2018).

O *pH* expressa o grau de acidez ou alcalinidade da água, em valores que variam de 0 a 14, o valor de 7 é considerado neutro, valores abaixo de 7 são considerados ácidos e superiores de 7 são considerados alcalinos. O pH controla as reações químicas de muitos poluentes, por exemplo, águas ácidas tendem a acelerar a degradação de materiais potencialmente tóxicos, enquanto que, em águas alcalinas podem ser encontrada excesso de amônia, a qual é tóxica para os peixes (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

A *turbidez* de uma amostra de água indica o grau de atenuação de que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença dos sólidos em suspensão, podendo ser partículas inorgânicas e orgânicas, e ocorre por dois fatores preponderantes, a erosão do solo da bacia e o lançamento de efluentes domésticos e industriais (CETESB, 2018).

O *oxigênio dissolvido* (OD) na água é um dos parâmetros mais importantes para a manutenção da vida em ambiente aquático. O OD é consumido através da atividade metabólica de bactérias, plantas e animais, em processos de estabilização da matéria orgânica, e pela nitrificação do amônio (FUZINATTO, 2009; COLLISCHONN & DORNELES, 2013). Valores de OD menores que 2 mg/L podem comprometer a integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos, e, os menores níveis de OD são, predominantemente, encontrados em corpos d'água que escoam em grandes centros urbanos e recebem o aporte de matéria orgânica na forma de esgotos brutos e/ou tratados com baixa eficiência (ANA, 2013).

A *Demanda Bioquímica de Oxigênio* (DBO) é um parâmetro que, normalmente, é obtido a partir da análise de uma amostra incubada por um período de 5 dias, em uma temperatura de incubação de 20°C. Nessa análise, é possível avaliar a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica carbonácea, através da decomposição aeróbia, para a sua forma inorgânica estável (FUZINATTO, 2009; VON SPERLING, 2018; CETESB, 2018).

Valores alto de DBO₅ estão, normalmente, associados com despejos de origem predominantemente orgânica. A matéria orgânica elevada na água provoca a redução do oxigênio disponível, causando a morte de peixes e de outras formas de vida aquática (FUZINATTO, 2009, CETESB, 2018).

O *Nitrogênio* (N) expressa a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente no corpo hídrico, sendo que, em grande quantidade, provoca o processo de eutrofização, comprometendo a vida aquática. O nitrogênio é um importante nutriente para o desenvolvimento de algas e macrófitas, sendo facilmente assimilável nas formas de amônia e nitrato. (FUZINATTO, 2009). Segundo Collischonn & Dornelles (2013) o nitrogênio como poluente em corpos hídricos geralmente é proveniente de esgotos domésticos, industriais, excrementos de animais e de fertilizantes utilizados na agricultura.

O *Fósforo* (P), assim como o nitrogênio, pode levar o corpo hídrico ao processo de eutrofização, pois é um elemento indispensável para o crescimento das algas. O fósforo presente na água tem origem natural e antrópica, o fósforo de origem natural é proveniente de ações de dissolução do solo da bacia, já as fontes antrópicas do fósforo são devido aos despejos de efluentes domésticos, industriais e da aplicação de fertilizantes na agricultura (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013). O fósforo encontrado em águas naturais é devido principalmente às descargas de esgotos sanitários, constituídos principalmente por detergentes superfosfatos (FUZINATTO, 2009; CETESB, 2018).

Os coliformes fecais são um grupo de bactérias pertencentes aos coliformes totais, e são indicadores de organismos originários do trato intestinal de animais de sangue quente. Os coliformes fecais, geralmente, são representados pela bactéria *Escherichia coli* em análises (FUZINATTO, 2009; VON SPERLING, 2014; CETESB, 2018). A concentração de *Escherichia coli* é medida e expressa através da concentração de coliformes fecais em Número Mais Provável (NMP) por 100 ml de água, ou seja, NMP/100 ml (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

3.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

A informação dos níveis de concentração dos poluentes em corpos hídricos, tem nenhum ou pouco significado, para um público em geral, devido às dificuldades técnicas em se interpretar os resultados (VON SPERLING, 2014).

A preocupação social relacionada com os aspectos ambientais do desenvolvimento resultou na criação de índices e indicadores ambientais com diferentes níveis de informações e

complexidade. Sendo que, os índices e indicadores tornaram-se fundamentais para auxiliar os gestores nas tomadas de decisões de políticas públicas e de seus desdobramentos (CETESB, 2018).

Existe uma grande variedade de indicadores que expressam aspectos parciais da qualidade das águas. Em geral, utiliza-se indicadores específicos para determinados usos pretendidos, como abastecimento doméstico, industrial, preservação da vida aquática, etc (ANA, 2012).

Os índices de qualidade da água podem ser entendidos como “notas”, as quais retratam de forma simplificada as condições ambientais dos corpos d’água, podendo serem expressas de “muito ruim” a “excelente”, ou que permitam inferências sobre aspectos relacionados à biodiversidade ou à toxicidade (VON SPERLING, 2014). A utilização de índices traduz a informação de uma forma facilitada para o público leigo no assunto, fornecendo um valor representativo de um conjunto de dados para possíveis caracterizações e interpretações (CETESB, 2018).

Existem diversos índices de qualidade, desenvolvidos por diferentes entidades e com objetivos distintos, tais como o Índice de Qualidade da Água (IQA), Índice de Toxicidade (IT), Índice de Estado Trófico (IET), Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), entre outros (ANA, 2012; VON SPERLING, 2014; CETESB, 2018).

Em geral, tais índices são polêmicos por serem reducionistas ao sintetizar a informação de um conjunto de dados, podendo mascarar a multiplicidade de condições que ocorrem em um curso d’água. Entretanto, essa capacidade sintetizadora dos índices fornece uma forma objetiva de comunicação com o público, por parte dos gestores, desde que sejam entendidas suas limitações (VON SPERLING, 2014).

A seguir, serão comentados e detalhados os principais índices utilizados no cenário nacional. O IQA foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation (NSF)*, dos Estados Unidos, em 1970, e a estrutura do índice foi estabelecida com base em pesquisas de opinião de diversos especialistas da área (ANA, 2013; VON SPERLING, 2014). A partir de 1975, a CETESB adaptou o IQA, e ele se tornou o índice mais utilizado para a verificação da qualidade das águas superficiais no Brasil (CETESB, 2018).

O IQA tem o objetivo de avaliar a qualidade de água para o abastecimento público, e seus resultados são interpretados considerando-se este uso. Este índice é sensível a contaminações por esgotos domésticos e sua utilização se justifica devido à pressão dos efluentes domésticos aos corpos hídricos brasileiros (ANA, 2013).

O cálculo do IQA é composto pela utilização de nove parâmetros: temperatura, sólidos totais, pH, turbidez, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total e nitrogênio total. E para cada um destes parâmetros são atribuídos pesos, de acordo com a sua importância relativa para o cálculo do IQA (ANA, 2013; VON SPERLING, 2014).

A principal dificuldade de utilizar o IQA é que é restrito ao conjunto de parâmetros pré-definidos, caso não haja alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado (CETESB, 2018).

O índice de toxicidade (IT) é frequentemente utilizado para representar o potencial de toxicidade de uma água. Este índice varia de 0 a 1, se for “0”, indica a ocorrência de toxicidade acima do valor máximo permitido em uma ou mais amostras, e se for “1” está dentro dos limites estabelecidos pela legislação e nenhuma amostra ficou fora dos padrões estabelecidos (VON SPERLING, 2014).

O IT pode ser desenvolvido com base em diversos compostos ou substâncias. Para verificação de contaminação por metais, geralmente adotam-se os seguintes compostos: *cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, níquel e zinco* (VON SPERLING, 2014).

O índice do estado trófico (IET) tem por objetivo classificar os corpos d’água em diferentes graus de trofia, isto é, de disponibilidade de nutrientes na água. O índice é calculado em função dos valores de fósforo total e clorofila a, avaliando a qualidade da água em relação ao seu enriquecimento por nutrientes e seu efeito no crescimento excessivo de algas e macrófitas aquáticas (CETESB, 2018; ANA, 2013; VON SPERLING, 2014).

O ICE diferencia-se dos demais por ser o mais próximo da avaliação e acompanhamento da qualidade das águas, no que se refere ao enquadramento dos corpos d’água (SILVA, 2017).

A seguir o ICE será melhor detalhado.

3.4.1 Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)

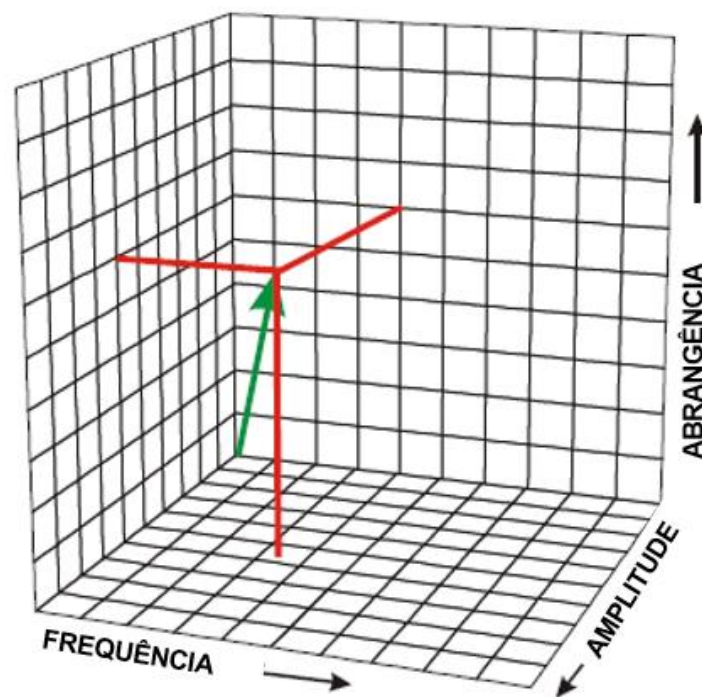
O Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE foi desenvolvido pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (*Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME*) no ano de 2001, e, desde então, é amplamente utilizado no país para verificar o estado da qualidade da água (CCME, 2017).

Segundo Amaro (2009) a definição do índice canadense é baseada na comparação dos valores dos parâmetros de qualidade da água obtidos em campanhas de monitoramento com os padrões estabelecidos pela legislação ou com critérios de qualidade de água fundamentados no meio científico.

O objetivo deste índice é fornecer uma ferramenta para avaliação dos dados de qualidade das águas, sem que se tenha parâmetros pré-definidos para o cálculo, sendo que os gestores definem quais dados são de interesse para calcular o índice. Entretanto, é recomendável a utilização de no mínimo quatro parâmetros e quatro campanhas amostrais para análise de algum ponto (BORTOLIN et al.,2013; SILVA, 2017).

A figura (3) representa o modelo conceitual do ICE, o qual é uma metodologia matemática estatística desenvolvida com base na medida da *Abrangência* (F_1), da *Frequência* (F_2) e da *Amplitude* (F_3) dos valores que caracterizam a qualidade da água, e que estão fora dos limites estabelecidos pela legislação local (CARVALHO, 2017). A formulação é desenvolvida com base no número de amostras fora do padrão, na frequência com que os valores das análises se apresentam fora do padrão e o quanto esses valores se distanciam dos valores limites (BORTOLIN et al.,2013). A combinação destes fatores (F_1 , F_2 e F_3) criam um vetor no espaço tridimensional e cada um corresponde a um dos componentes do vetor (AMARO, 2009).

Figura 3: Modelo Conceitual do Índice de Conformidade ao Enquadramento.



Fonte: Adaptado de CCME, 2017.

O ICE, assim como o IQA - NSF e o IQA adaptado pela CETESB, classificam o corpo hídrico com base em uma escala de notas que variam de 0 (muito ruim) à 100 (muito bom). Quanto mais próximo de 100 o ICE, mais o ponto de monitoramento estará de acordo com o enquadramento do curso d'água, por outro lado, quanto mais próximo de 0 o ICE, mais o enquadramento está sendo desrespeitado (ANA, 2012). Os resultados do índice são representados de acordo com o quadro (1).

Quadro 1: Faixas de classificação do ICE pela CCME (2017).

(95 – 100) Excelente	A qualidade da água é protegida, com ausência virtual de ameaças ou impactos; condições muito perto dos níveis naturais.
(80 – 94) Bom	A qualidade da água é protegida, apresenta um pequeno grau de ameaça ou impacto; as circunstâncias ocorrem raramente nos níveis naturais ou desejáveis.
(65 – 79) Mediano	A qualidade da água geralmente é protegida, mas ocasionalmente ameaçada ou impactada; as circunstâncias às vezes divergem dos níveis naturais ou desejáveis.
(45 – 64) Marginal	A qualidade da água está frequentemente ameaçada ou impactada; as circunstâncias frequentemente se afastam dos níveis naturais ou desejáveis.
(0 – 44) Ruim	A qualidade da água quase sempre está ameaçada ou impactada; as circunstâncias estão distantes dos níveis naturais ou desejáveis.

No Brasil o ICE tem sido utilizado em alguns trabalhos acadêmicos e por órgãos gestores dos recursos hídricos, com o intuito de verificar a aplicabilidade do índice e comparar resultados com outros índices já utilizados (SILVA, 2017).

Almeida (2007) realizou diferentes estratégias de análise da qualidade da água do Rio Cuiabá, verificando a sensibilidade do índice com relação ao número de parâmetros, e posteriormente, uma comparação ao IQA. O autor concluiu que o ICE pode ser utilizado para resolver problemas relacionados a não uniformidade dos parâmetros no cálculo do IQA em programas de monitoramento das águas superficiais no Brasil.

Amaro (2009) avaliou a adequação do ICE nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, no estado de São Paulo, como metodologia para o acompanhamento da situação dos corpos hídricos em relação à situação planejada para a sua condição de qualidade da água, ou seja, se o corpo hídrico atende ou não ao enquadramento

estipulado. A autora propôs uma reformulação nas faixas de classificação para uma melhor adequação da análise dos resultados em relação ao enquadramento dos corpos hídricos com base na classificação original proposta pela CCME. O quadro (2) apresenta a classificação reformulada pela autora.

Quadro 2: Faixa de classificação do ICE proposta por AMARO (2009).

$80 \leq \text{ICE} \leq 100$ Conforme	A maioria ou todas as medições estão dentro dos padrões de qualidade da água.
$45 \leq \text{ICE} < 80$ Afastado	As medições estão frequentemente em desacordo com os padrões de qualidade da água.
$\text{ICE} < 45$ Não Conforme	A maioria ou a totalidade das medições está violando os limites da classe de enquadramento.

Amaro (2009) concluiu que o índice se mostrou adequado em relação ao enquadramento, uma vez que o índice está fundamentado na excedência dos padrões de qualidade, além da flexibilidade para inclusão de variáveis de qualidade da água, possibilitando adaptações aos objetivos para cada classe de uso.

A Agência Nacional das Águas (ANA) utilizou o ICE para acompanhamento da qualidade de água em relação às metas de enquadramento. Para o cálculo foram considerados apenas pontos com ao menos quatro coletas no ano de 2010 e os parâmetros que possuem limites preconizados pela Resolução Conama nº 357/2005: *pH*, *OD*, *DBO*, *Pt*, *Turbidez* e *Coliformes Termotolerantes*. Através do cálculo do ICE, foi observado que os pontos em piores condições se concentram próximo aos centros urbanos, como consequência do lançamento de efluentes domésticos, mas também, pontos com ICE baixo, foram observados em bacias rurais, indicando que estas áreas são sensíveis à poluição difusa. Os resultados evidenciaram a necessidade de implantação de programas de efetivação de enquadramento em todo o país, tais programas podem ser mecanismos de: Comando e Controle, Disciplinamento, Econômicos e a construção de Estações de Tratamento de Esgotos (ANA, 2012).

Bortolin *et al.* (2013) utilizaram o ICE para avaliar a situação de um trecho da bacia hidrográfica do Rio São Marcos, no Rio Grande do Sul, e a qualidade planejada para 10 e 20 anos, definida com base no enquadramento vigente. Os resultados evidenciaram o impacto das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia, principalmente pelo lançamento de

efluentes sem tratamento, demonstrando a necessidade de investimentos de longo prazo na área estudada, com o intuito de acompanhar as metas do enquadramento vigente.

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) adaptou o ICE com o objetivo de representar os fatores de pressão identificados nas bacias hidrográficas monitoradas no Programa Águas de Minas. Para cada bacia hidrográfica foram definidos parâmetros distintos, com base nos usos preponderantes na bacia. Os resultados demonstram que a maior parte dos corpos hídricos estão em desacordo com o enquadramento proposto, e os piores pontos ocorreram próximo a áreas urbanas, indicando a degradação de qualidade da água pelo lançamento de esgoto doméstico in natura nos corpos d'água (IGAM, 2014).

Silva (2017) avaliou a aplicação do ICE em cursos d'água na calha do rio das Velhas, em Minas Gerais, com o objetivo de verificar o atendimento ao enquadramento proposto, e verificar eventual correlação com o IQA. A autora, identificou um afastamento do enquadramento vigente, constatando que os principais parâmetros que não atendem a legislação, refletem os principais usos da bacia: aglomerados urbanos, mineração e agricultura/pecuária. Os pontos próximos aos usos da bacia apresentaram os piores índices, evidenciando a influência do uso do solo com a qualidade da água. A correlação entre o ICE e o IQA deve ser mais estudada, pois são índices que abrangem diferentes faixas de qualidade, visto que o ICE escala mais restritiva que o IQA.

3.5 LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

Para minimizar os impactos da poluição e disciplinar os diferentes usos da água, os gestores de diversos países criaram leis ambientais que estabelecem conceitos e padrões de qualidade a serem seguidos.

No Brasil, as leis ambientais são bastante recentes, datam dos anos 80, com a promulgação da Lei no 8.938/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, e que é considerada a mais importante Lei Ambiental do país (FUZINATTO, 2009). Segundo Fuzinatto (2009), as Leis Ambientais foram impulsionadas após a Constituição Federal de 1988, com a promulgação de uma série de Leis, Decretos, Medidas Provisórias, Resoluções e Portarias.

Em relação à legislação sobre recursos hídricos, no Brasil, a Lei Federal nº 9.433, de oito de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que institucionaliza o gerenciamento dos recursos hídricos nacionais a partir de uma visão integrada e de usos múltiplos (ANA, 2020).

A resolução CONAMA 357/2005 aparece como apoio da PNRH e estipula uma classificação para os corpos hídricos com base nos parâmetros de qualidade da água e determina o uso preterido.

A seguir será comentado um pouco sobre a PNRH e sobre a CONAMA 357/2005.

3.5.1 Política Nacional de Recurso Hídricos

A Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), também denominada como Lei das Águas, a qual estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal e criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (ANA,2020).

Dentre os instrumentos estabelecidos pela PNRH pode-se citar os Planos de Recursos Hídricos, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, a outorga do direito de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, e o enquadramento dos corpos de água em classes com base nos usos preponderantes da água. (BRASIL, 1997).

Na Seção II dos instrumentos, o Art. 9º versa sobre o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, os quais visa:

- I) Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- II) Diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Entretanto, a resolução CONAMA 357/05 estabelece as diretrizes ambientais para a classificação dos corpos d'água e também classifica as águas em função da sua salinidade (água doce, salobra ou salina) e em função do uso preponderante.

3.5.2 Enquadramento e CONAMA 357/2005

Porto (2002) apud Amaro (2009) sugere que o enquadramento é um dos instrumentos fundamentais dos gestores para o planejamento ambiental dos recursos hídricos, no que se refere à gestão integrada de quantidade e qualidade da água. O enquadramento dos corpos de água é o instrumento de planejamento que estabelece o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo (ANA,2020).

O enquadramento dos corpos hídricos é realizado em classes, e é de acordo com os usos preponderantes pela sociedade presente na bacia hidrográfica, sendo um instrumento da PNRH (ANA, 2020).

A Resolução nº 357, de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e fornece as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação (BRASIL, 2005).

A resolução CONAMA Nº 357/05 define o enquadramento como sendo “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”.

O enquadramento é realizado de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos – CERH (res. CONAMA 357/05, art 38).

A ideia de agrupamento em classes de uso é comumente utilizada para a expressar objetivos de qualidade da água e fundamental para traçar ações estratégicas (PORTO, 2002 apud AMARO, 2009).

A referida resolução, na Seção I, Art. 4º versa sobre a classificação das águas doces em 5 classes com base nos usos preponderantes, desde os usos mais exigente ao menos exigente. O quadro (3) a seguir busca sintetizar as classes de água doce e seus respectivos usos. A resolução define água doce como águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%.

Quadro 3: Classificação em classes de acordo os usos preponderantes da água doce segundo a resolução CONAMA 357/2005.

Nº	Classe	Águas destinadas:
I	Especial	a) Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II	1	<ul style="list-style-type: none"> a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) À proteção das comunidades aquáticas; c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; d) À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
III	2	<ul style="list-style-type: none"> a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) À proteção das comunidades aquáticas; c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; d) À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) À aquicultura e à atividade de pesca.
IV	3	<ul style="list-style-type: none"> a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) À pesca amadora; d) À recreação de contato secundário; e e) À dessedentação animal.
V	4	<ul style="list-style-type: none"> a) À navegação; e b) À harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 357/2005.

O quadro (4) apresenta as classes das águas salinas e seus respectivos usos. A resolução entende como águas salinas, águas com teores de salinidade igual ou superior a 30%.

Quadro 4: Classificação em classes de acordo os usos preponderantes das águas salinas segundo a resolução CONAMA 357/2005.

Nº	Classe	Águas destinadas:
I	Especial	<ul style="list-style-type: none"> a) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, b) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II	1	a) À proteção das comunidades aquáticas; b) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; e c) À aquicultura e à atividade de pesca.
III	2	a) À pesca amadora; e b) À recreação de contato secundário;
IV	3	a) À navegação; e b) À harmonia paisagística;

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 357/2005.

O quadro (5) apresenta as classes das águas salobras e seus respectivos usos. A resolução entende que águas salobras apresentam salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%.

Quadro 5: Classificação em classes de acordo os usos preponderantes das águas salobras segundo a resolução CONAMA 357/2005.

Nº	Classe	Águas destinadas:
I	Especial	a) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, b) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
II	1	a) À proteção das comunidades aquáticas; b) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; c) À aquicultura e à atividade de pesca; d) Ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e e) À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
III	2	a) À pesca amadora; e b) À recreação de contato secundário;
IV	3	a) À navegação; e b) À harmonia paisagística;

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 357/2005.

A figura (4) mostra uma síntese da relação entre a qualidade da água, seus usos e o enquadramento.

Figura 4: Qualidade da água em função das classes de enquadramento e usos da água.



Fonte: Adaptado de ANA (2020).

No Capítulo III, Seção I, é apresentado às disposições gerais sobre as condições e padrões de qualidade das águas, determinando os limites individuais para cada substância em cada classe.

A seguir o quadro (6) apresentará uma síntese dos principais parâmetros de qualidade de água e seus respectivos limites para as classes 1, 2 de água doce. Enquanto o quadro (7) apresentará para águas salinas e salobra.

Quadro 6: Parâmetros definidos pela resolução CONAMA 357/2005 para as águas doces.

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Unidade
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	-
Temperatura	-	-	-
Oxigênio Dissolvido	$\geq 6,0$	$\geq 5,0$	mg/L O ₂
DBO _{5,20}	até 3,0	até 5,0	mg/L O ₂
Turbidez	até 40	até 100	UNT
Coliformes termotolerantes	200*	1000*	Col. Ter. / 100 mL
Fósforo	até 0,1	até 0,1	mg/L P
Nitrogênio			

* Para o uso de recreação de contato primário deve ser considerado o que tá previsto na resolução CONAMA nº 274/2000.

Quadro 7: Parâmetros definidos pela resolução CONAMA 357/2005 para as águas salinas e salobras.

Parâmetro de qualidade d'água	SALINA		SALOBRA		Unidade
	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2	
pH	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	-
Temperatura	-	-	-	-	-
Oxigênio Dissolvido	$\geq 6,0$	$\geq 5,0$	$\geq 5,0$	$\geq 4,0$	mg/L O ₂
Carbono Org. Total	até 3,0	até 5,0	até 3,0	até 5,0	mg/L como C
Coliformes termotolerantes	1000*	2500*	1000*	2500*	Col. Ter. / 100 mL
Nitrogênio					
Fósforo Total	0,062	0,093	0,124	0,186	mg/L de P

* Para o uso de recreação de contato primário deve ser considerado o que tá previsto na resolução CONAMA nº 274/2000.

A Resolução CONAMA 357/05 não define valores limites para enquadrar os corpos hídricos em classe especial, seja doce, salobra ou salina. Segundo a resolução, a classe especial é destinada para “à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas”. Portanto, a resolução define que os corpos hídricos presentes ou que drenam em unidades de conservação são enquadrados como especial, pois são essenciais para a preservação do ambiente.

No Brasil são raros os corpos hídricos presentes em zonas costeiras estabelecidos como águas salinas ou salobras, que apresentam enquadramento, e isso pode estar associado à carência de informações, complexidade e custo elevado no levantamento de dados (ANA, 2020).

As águas costeiras, são muito utilizadas para recreação de contato primário e secundário, também abrigam uma grande diversidade de fauna e flora importantes para o ecossistema marinho. A manutenção da qualidade destas águas é importante para a preservação da vida aquática. E para cada uso pretendido para as águas costeiras, seja salina ou salobra, requer-se um nível de qualidade e faz-se necessário um monitoramento específico, adequado as atividades desenvolvidas na bacia (CETESB, 2014).

O enquadramento possibilita uma melhor expressão da relação entre os usos da água e objetivos de qualidade pretendidos, e os custos necessários para atingi-los (PORTO & PORTO, 2008).

Ao enquadrar os corpos hídricos em classes de uso é possível realizar uma articulação com a gestão territorial, pois, ao se definir os objetivos da qualidade da água, haverá um direcionamento das ações da gestão territorial nos pontos que os gestores entenderem por críticos (PORTO & PORTO, 2008).

O enquadramento representa, de forma indireta, um mecanismo de controle do uso e ocupação do solo, restringindo a implantação de empreendimentos com usos que não sejam compatíveis com a manutenção da qualidade da água na classe que foi enquadrada (ANA, 2020).

O enquadramento se aplica à reservatórios, lagos, estuários, águas costeiras, águas subterrâneas, e não somente aos rios. Para que o enquadramento seja adequado ao estabelecido na legislação, é necessário prever metas intermediárias e progressivas até atingir a meta final desejada, com planejamento de ações para curto, médio e longo prazo (ANA, 2020).

Uma forma de acompanhar e avaliar a situação de um corpo hídrico com relação ao enquadramento é a utilização de índices, com o intuito de facilitar a análise e a comunicação com o público presente na bacia (BORTOLIN *et al.*, 2013).

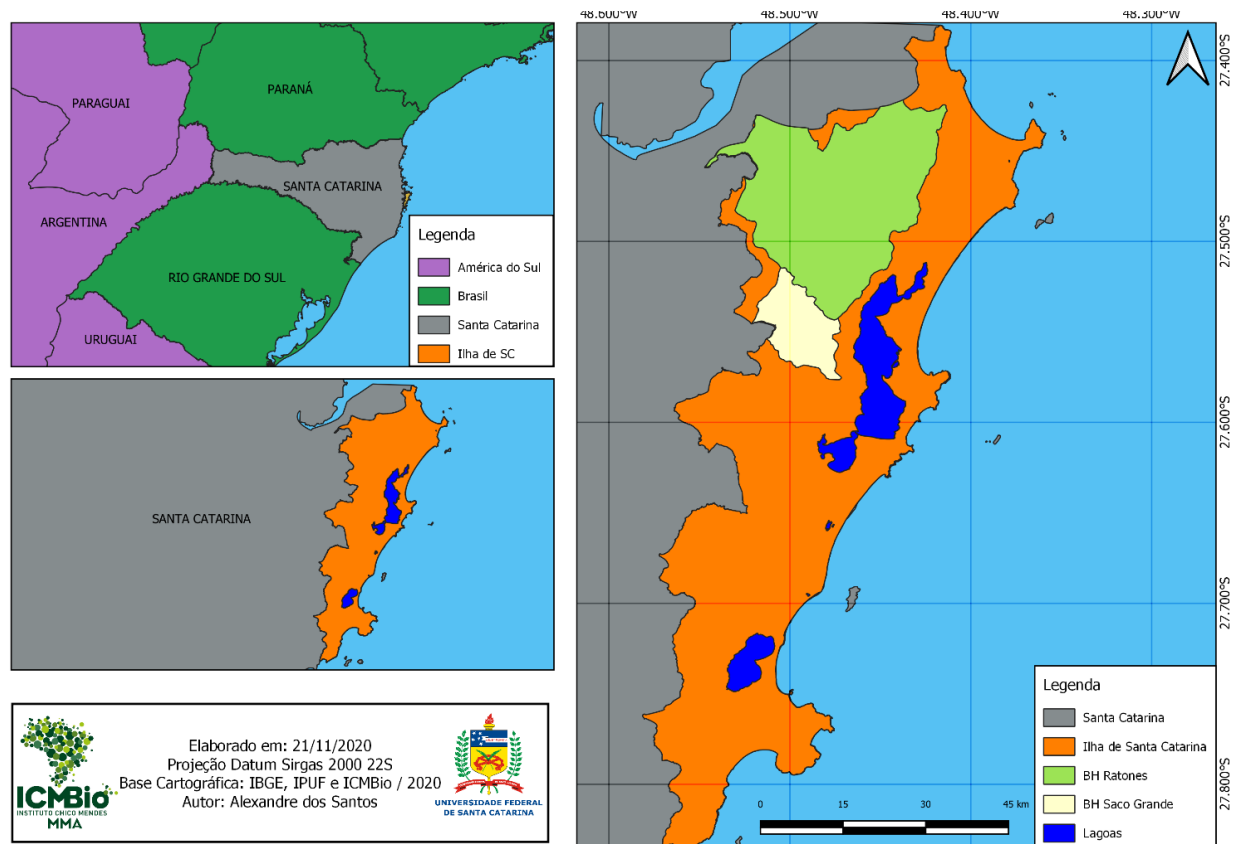
4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

No presente estudo será avaliada a qualidade das águas dos corpos hídricos de duas bacias hidrográficas, a bacia do Ratonés e do Saco Grande, localizadas na Ilha de Santa Catarina, a qual apresenta um território de 424 km², no município de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina.

A figura (5) mostra a localização das bacias hidrográficas do Ratonés e do Saco Grande, no município de Florianópolis.

Figura 5: Mapa de localização das Bacias Hidrográficas do Ratonés e Saco Grande, na Ilha de Santa Catarina.



A densidade demográfica de Florianópolis é de aproximadamente 624 hab/km², e uma população de 421.240 pessoas, segundo o censo de 2010, realizado pelo IBGE. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal é de 0,847 para o mesmo ano, sendo considerado muito com alto, em comparação ao Brasil.

Segundo o Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas (2013) o município de Florianópolis apresenta um índice de 91,69% de atendimento de coleta e tratamento de esgoto sanitário, desse percentual, 35,69% são soluções individuais.

Florianópolis tem o clima classificado como mesotérmico úmido (Cfa), segundo a classificação climática de Koeppen, caracterizando a região como sendo de clima subtropical constantemente úmido, não apresentando estação seca, com temperatura média do mês mais frio menor que 18°C e temperatura média do mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão (EPAGRI, 2002).

A cobertura vegetal da Ilha de Santa Catarina é composta de três formações principais: *Floresta Tropical Úmida* ou *Floresta Ombrófila Densa*, *Vegetação de Restinga* e

Manguezais. Essas formações fitogeográficas apresentam grande riqueza de espécies. A ação antrópica ao longo do tempo tem degradado essas vegetações, sobretudo, os manguezais. Os remanescentes de manguezais da Ilha estão presentes em áreas urbanas e, com o crescimento da cidade, são invadidos e recebem uma grande carga de esgotos domésticos e sedimentos vindos da costa (IPUF, 2006).

O município de Florianópolis está inserido na Região Hidrográfica Litoral Centro do Estado de Santa Catarina, na Ilha de Santa Catarina, as principais bacias hidrográficas são referentes aos rios: Ratonos, Saco Grande, Lagoa da Conceição, Itacorubi, Tavares e da Lagoa do Peri (SILVA, 2019).

Os corpos hídricos da Ilha, foram enquadrados, pelo Estado de Santa Catarina, através da Portaria Estadual nº 024/79, como sendo de classe 2, com exceção do trecho a jusante da cota 2 do rio Tavares, o qual teve o enquadramento definido como classe 3. No ano 2007, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos classificou todos os corpos hídricos do Estado como classe especial, com exceção do rio Tavares, ficando classificado como classe 1. Entretanto, em 2008, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, adotou a classificação estabelecida pela CONAMA 357/2005 até que novos enquadramentos não forem aprovados. Assim, as águas superficiais da Ilha ficaram classificadas como classe 2 para água doce, e classe 1 para águas salobras.

A seguir será detalhada as características de cada bacia hidrográfica, bem como, as variáveis físicas.

4.1.1 Bacia Hidrográfica do Ratonos

A bacia hidrográfica do Ratonos está localizada no Norte da Ilha de Santa Catarina, é a bacia mais extensa da Ilha, com uma área de 92,08 km², definida a partir da base cartográfica obtida pela ESEC Carijós.

O rio principal da bacia é o rio Ratonos, e tem como principais afluentes o rio Papaquara, na margem direita, e o rio Veríssimo na margem esquerda (RODRIGUES, 2016). No período de 1949 a 1965 ocorreu grandes intervenções no interior da bacia, com a retificação de canais, incorporação de outras bacias, construção de canais em áreas alagadas e a implantação de comportas, como consequência, tais intervenções, reduziram a profundidade média e a extensão do rio Ratonos (FIDELIS, 1998).

A bacia hidrográfica do Ratonos apresenta um percentual de 12,25% de urbanização (LOPES, 2020). A taxa de crescimento da população fixa é de 6,3% ao ano, e durante o período

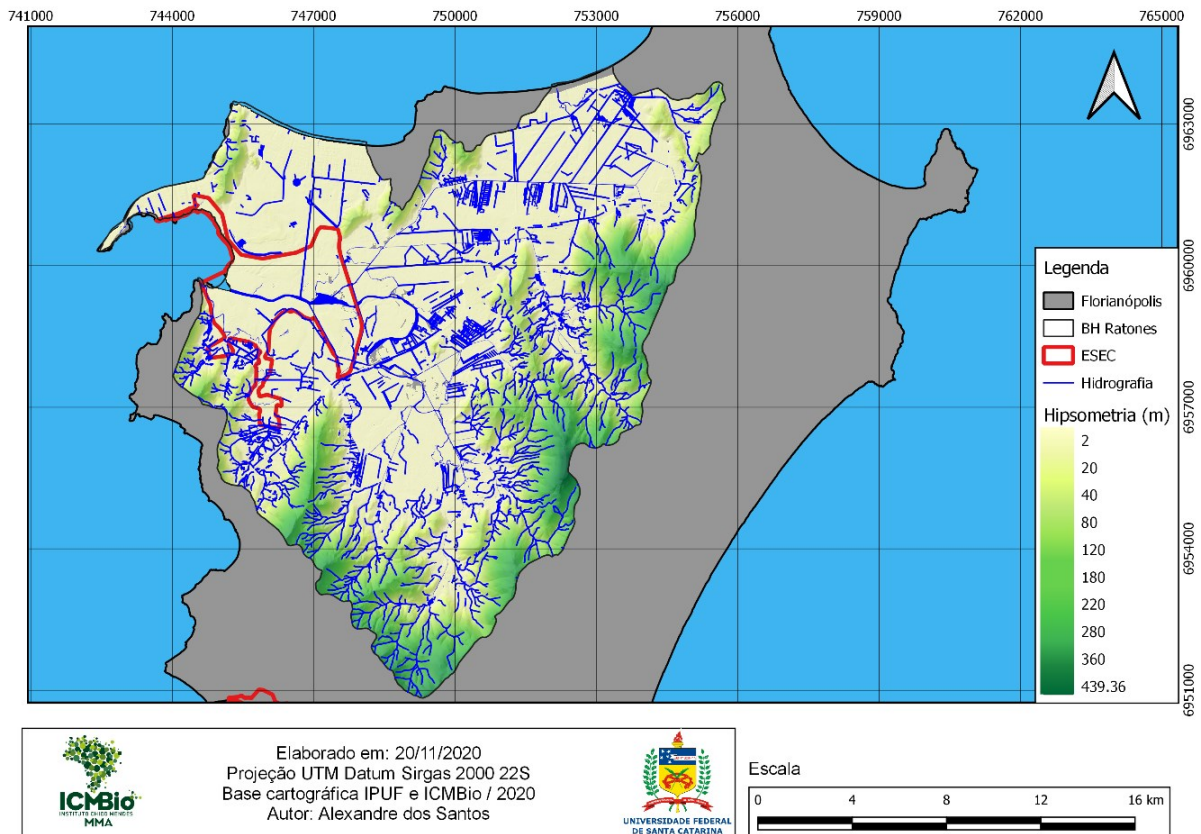
de veraneio (primeira quinzena de dezembro até o fim do carnaval) a população aumenta em 191% (RODRIGUES, 2016).

A bacia tem como característica uma grande heterogeneidade ambiental, composta por balneários, manguezais, restinga, florestas, área urbana e rural, contribuindo para com assim, com uma diversidade econômica e social na região (IPUF, 2006).

No interior da bacia, quase no exutório do rio principal, encontra-se a Estação Ecológica de Carijós – ESEC Carijós, esta Unidade de Conservação caracteriza-se por ser uma unidade de proteção integral e tem como objetivo a preservação da natureza, da biodiversidade e a realização de pesquisa científica (ICMBio, 2009). A administração da ESEC Carijós é realizada pelo ICMBio.

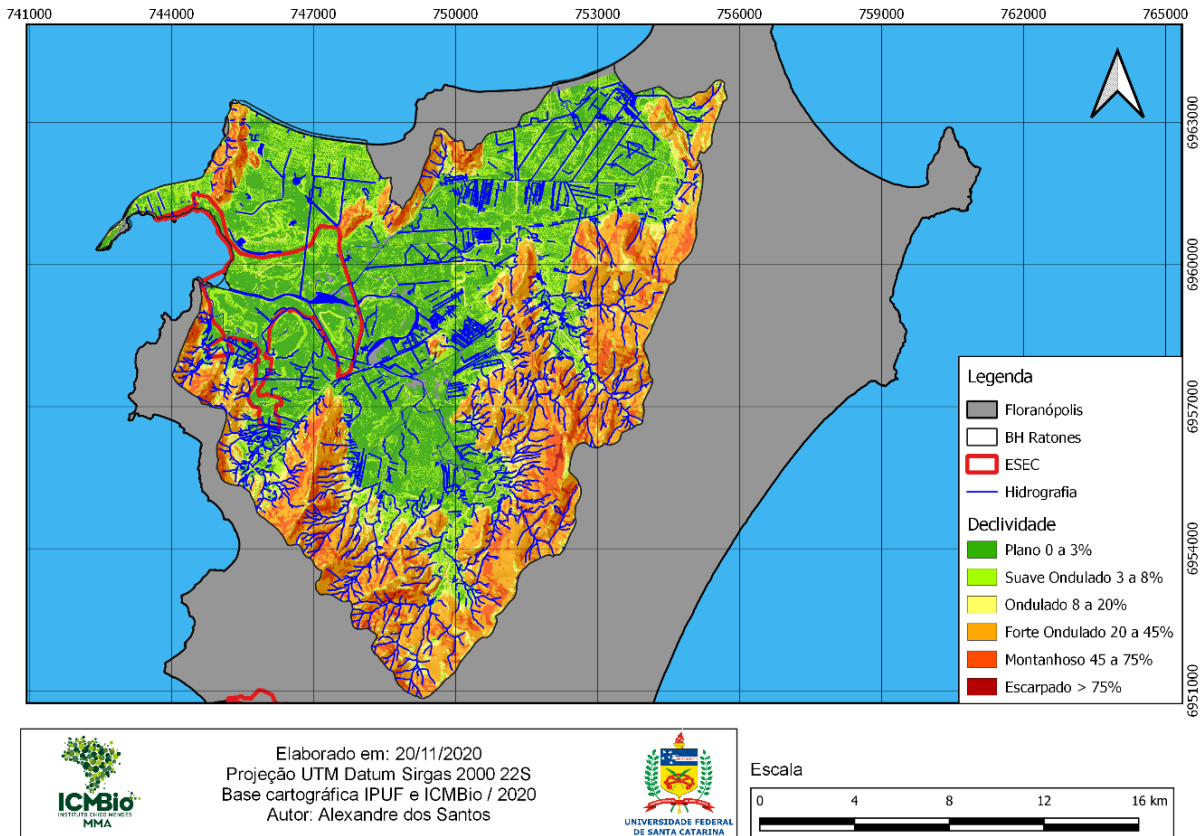
O relevo da bacia do Ratoles em quase sua totalidade é bastante plano, com altitude predominante variando de 2m a 20m, com altitude máxima de 439m, conforme pode ser observado na figura (6). O terreno apresenta pouca elevação, com predominância de elevações de 2m na região central da bacia. As maiores altitudes estão relacionadas as regiões de morros e APPs.

Figura 6: Mapa da hipsometria da BH do Ratoles



Na figura (7) é possível observar a declividade da bacia, segundo a classificação proposta pela Embrapa (2006).

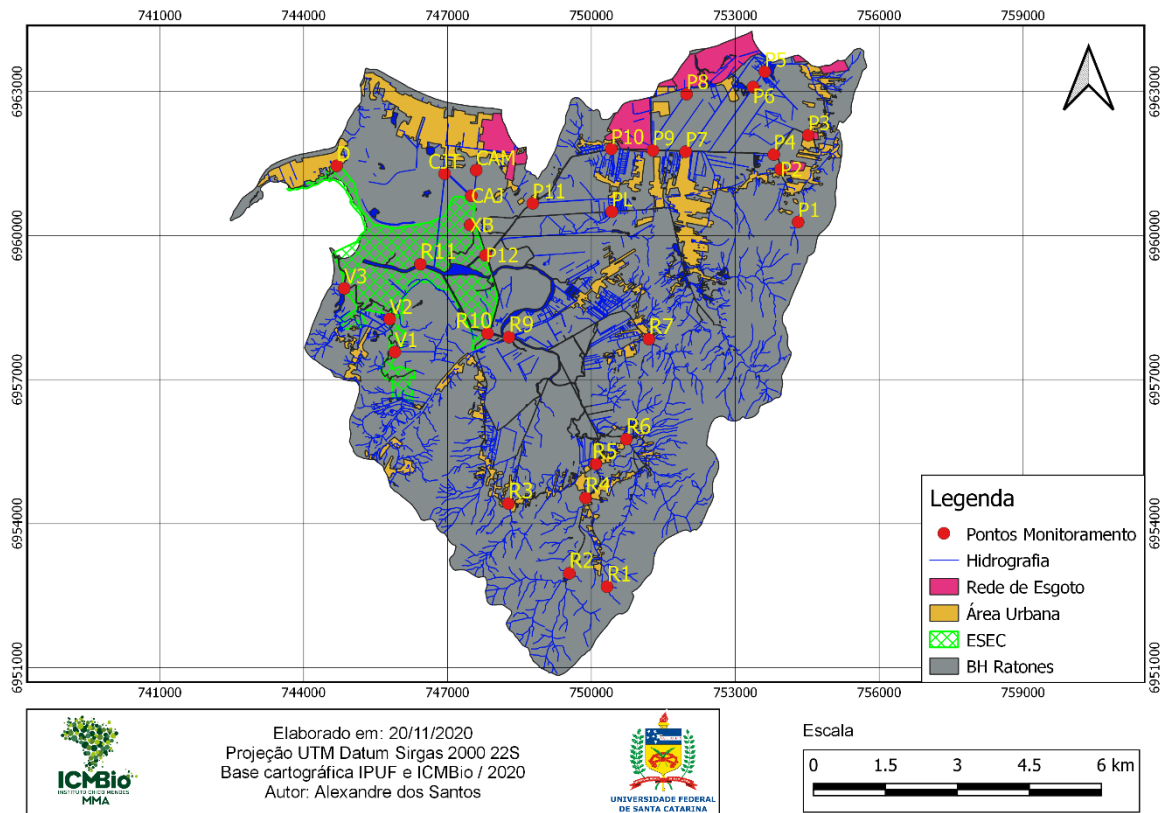
Figura 7: Mapa de declividade da BH do Ratonos.



Com o auxílio da figura 7 é possível verificar que a BH do Ratonos apresenta baixa declividade, principalmente nas regiões antropizadas e na ESEC. A declividade do relevo varia de majoritariamente entre Plano (0 a 3%) e Suva Ondulado (3% a 8%) nas regiões centrais da bacia até a sua foz. Nas regiões de morros e apps, a declividade do terreno varia de Forte Ondulado (20% a 45%) e Montanhoso (45% a 75%).

A figura (8) apresenta os pontos amostrais que serão avaliados no presente estudo, bem como a área urbana para o ano de 2016, a rede de coleta do esgoto sanitário.

Figura 8: BH do Ratores com a presença da área urbana, rede de esgoto, hidrografia e pontos amostrais

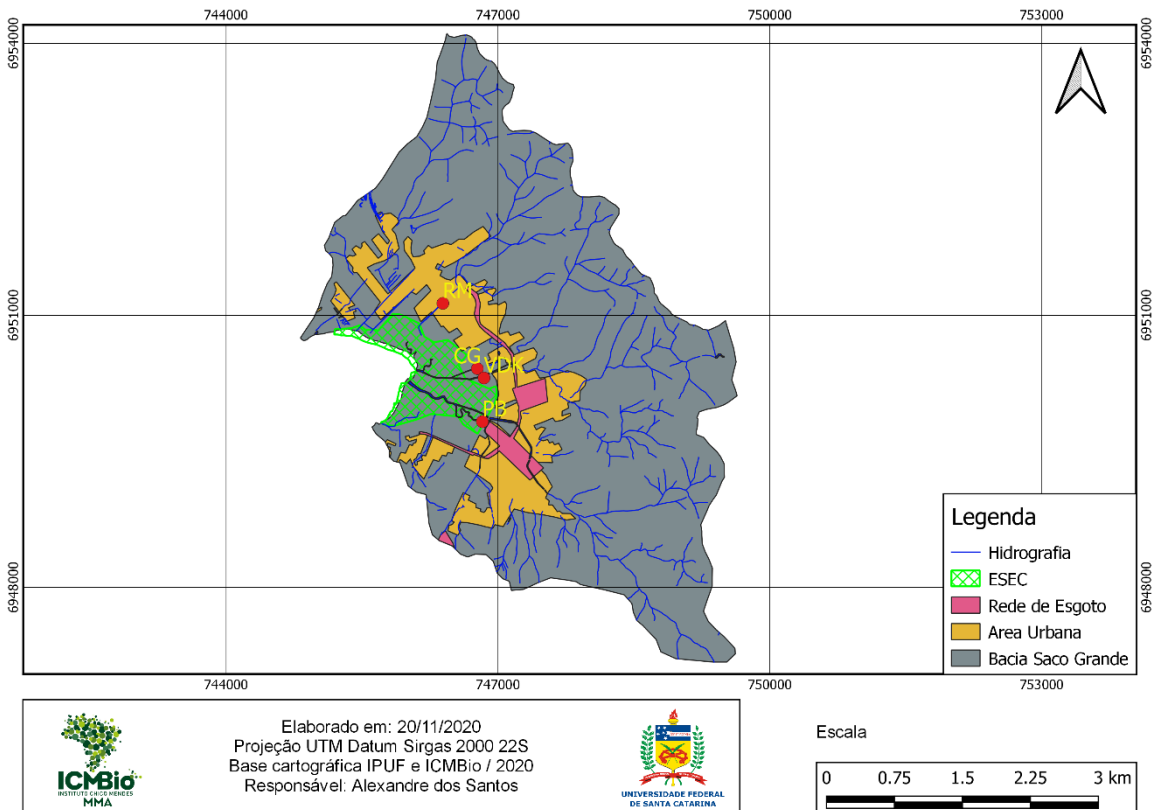


4.1.2 Bacia Hidrográfica do Saco Grande

A bacia hidrográfica do Saco Grande apresenta uma área de 17,14 km² e está localizada a Noroeste da Ilha, definida a partir da base cartográfica obtida pela ESEC Carijós.

Segundo Lopes (2020) esta bacia apresenta um percentual de 15,96% de urbanização. O crescimento populacional ocorre a uma taxa de 2,3% ao ano, e no período de veraneio, o aumento é de 32,3% (RODRIGUES, 2016). A figura 9 a seguir, mostra os a urbanização da bacia para o ano de 2016, a rede de esgotamento sanitário que está instalada e a área de abrangência para a bacia e a localização dos pontos de monitoramento.

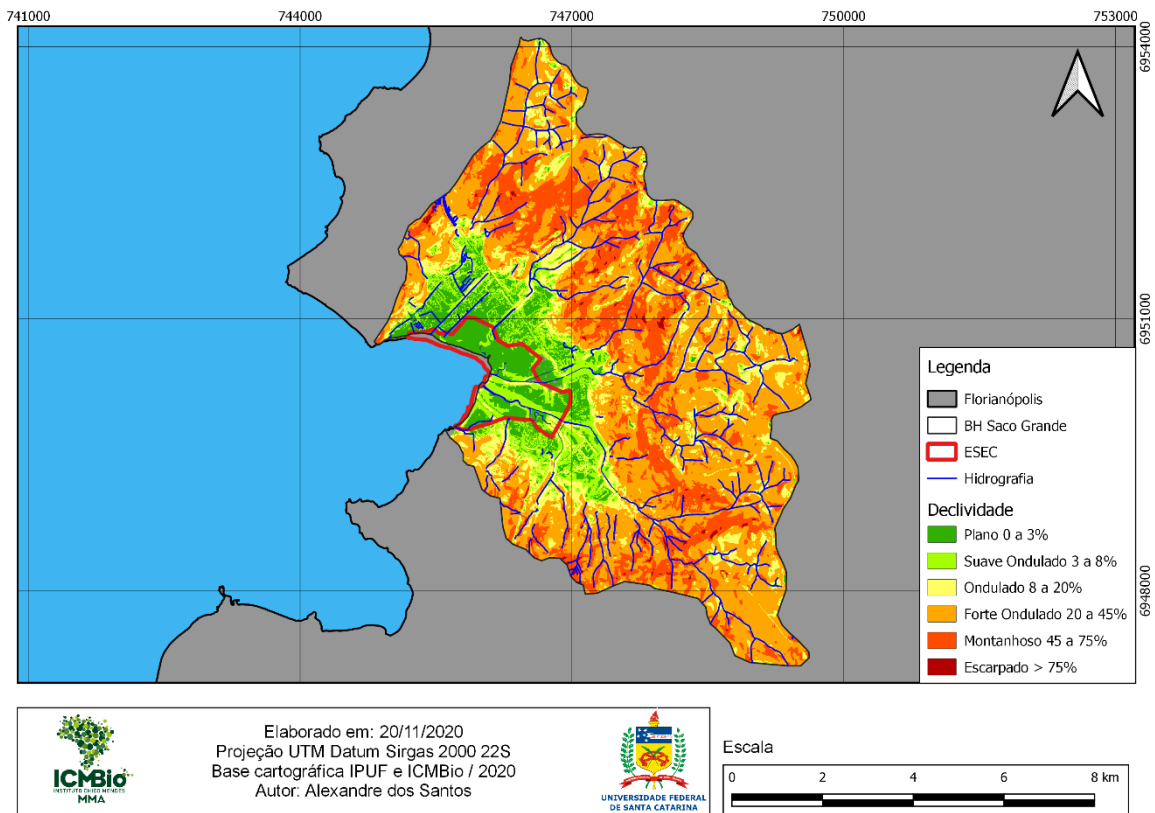
Figura 9: BH do Saco Grande com a presença da área urbana, rede de esgoto, hidrografia e pontos amostrais.



A vegetação predominante da bacia é de Floresta Ombrófila Densa, com presença de restinga e de manguezal. Na região do manguezal encontra-se a Estação Ecológica de Carijós.

A bacia é composta principalmente pelos rios Vadik e Pau do Barco, os quais são poucos extensos, porém, estão localizados em áreas com declive acentuado (RODRIGUES, 2016). A figura (10) apresenta a declividade da bacia e a figura (11) o relevo da bacia.

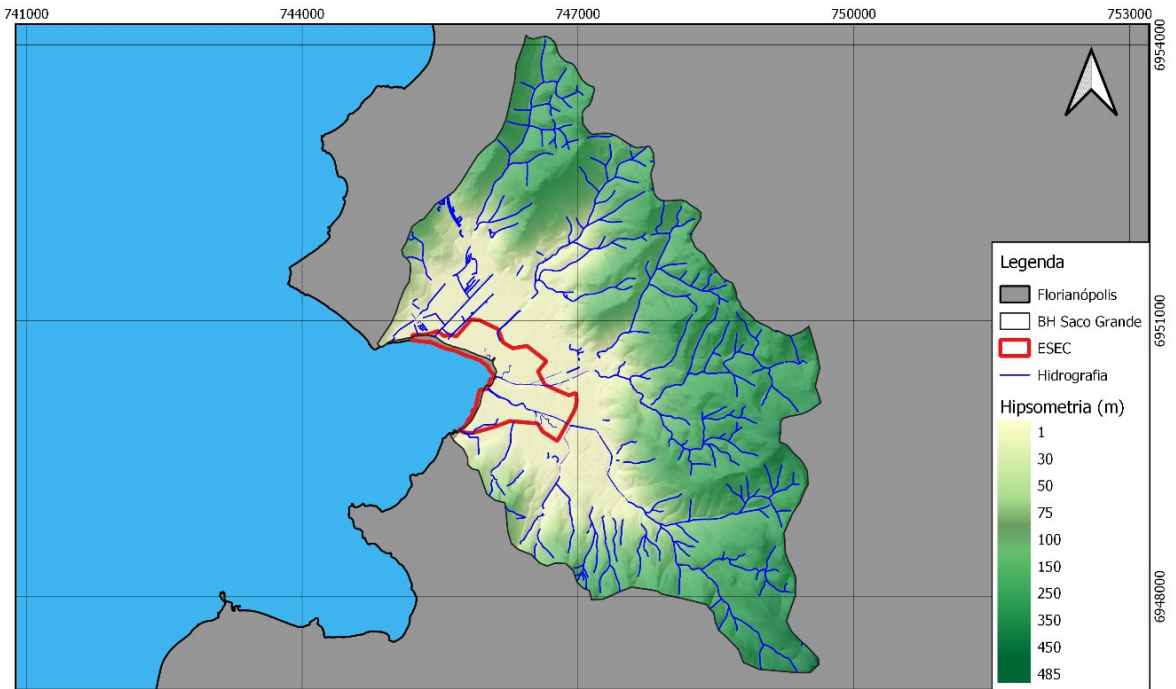
Figura 10: Mapa de declividade da BH do Saco Grande.



Ao contrário da BH do Ratoles, a BH do Saco Grande apresenta elevas declividades na maior parte da bacia, com predominância de relevos Forte Ondulado (20% a 45%) e Montanhoso (45% a 75%).

A figura 11 mostra a elevação da bacia do Saco Grande, percebe-se que a bacia apresenta dois comportamentos distintos, uma região com altas elevações (485m - 100m) nas regiões de nascente dos corpos hídricos, e uma região mais plana (1m – 30m) na região do manguezal.

Figura 11: Mapa hipsométrico da BH do Saco Grande.



Elaborado em: 20/11/2020
Projeção UTM Datum Sirgas 2000 22S
Base cartográfica IPUF e ICMBio / 2020
Autor: Alexandre dos Santos

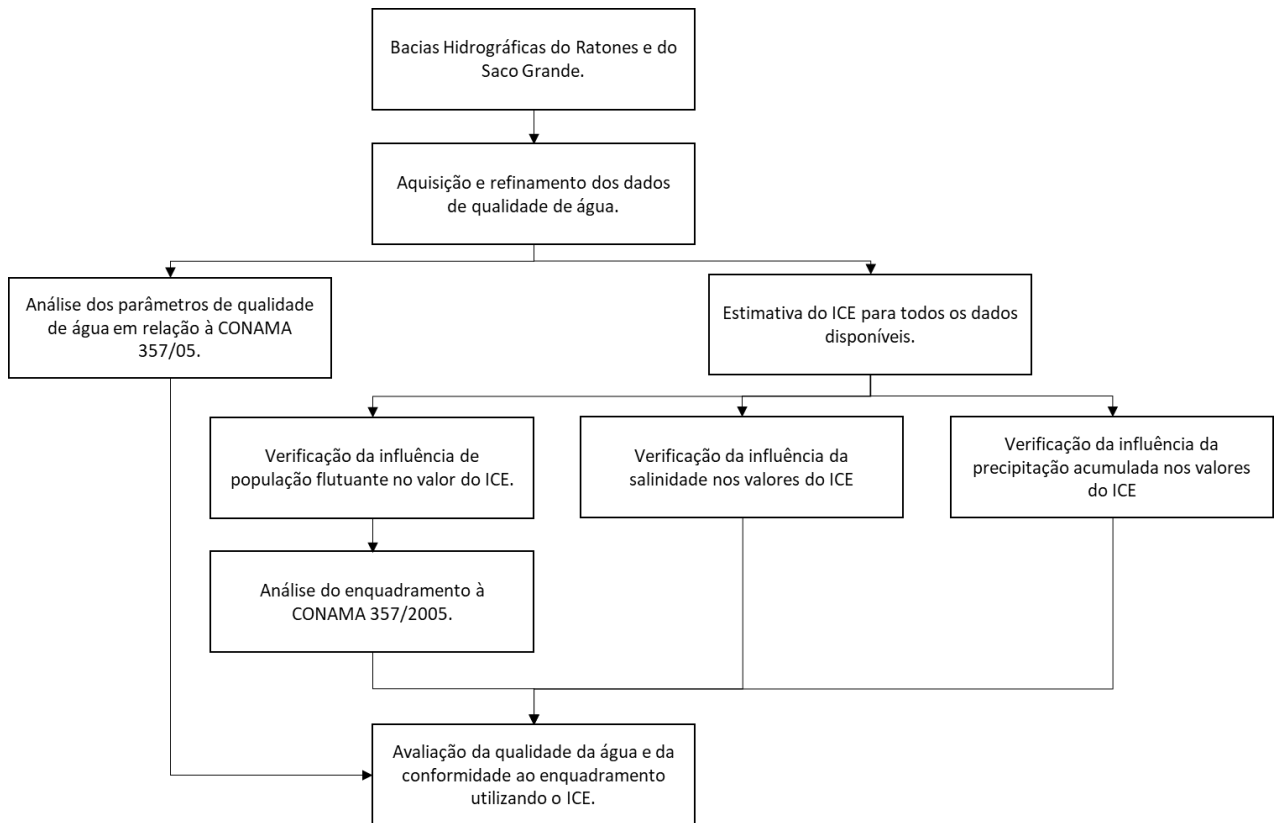


Escala



4.2 MÉTODOS

A seguir será apresentado o fluxograma metodológico utilizado no presente trabalho.



O fluxograma apresentado demonstra a síntese das etapas de avaliação realizadas neste estudo. Para as duas bacias hidrográficas os dados de qualidade de água foram adquiridos junto ao banco de dados do Laboratório de Qualidade das Águas da Estação Ecológica de Carijós (ESEC). Com os dados em mãos, foram definidos os parâmetros que melhor representavam a contaminação dos corpos hídricos via despejo de efluentes domésticos para a estimativa do ICE, visto que as classes de enquadramento estão relacionadas com os usos da água na bacia, além de garantir que todos os valores do ICE fossem obtidos sob as mesmas características.

Os parâmetros utilizados na estimativa do ICE foram: pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}), Fósforo Total (PT), Nitrito (NO₂), Nitrato (NO₃), Amônia (NH₄), Turbidez (Tu) e Coliformes Termotolerantes (CT).

Após a determinação dos dados que iriam compor o estudo, foi feita a análise dos valores dos parâmetros de qualidade, comparando-os com os valores limites estabelecidos para o enquadramento vigente pela resolução CONAMA 357/2005, com o objetivo de compreender

os dados de entrada para o ICE e realizar uma primeira análise da qualidade da água nas bacias do Ratonés e do Saco Grande.

O ICE foi estimado para todos os pontos dentro das duas bacias hidrográficas. Assim, foi realizada a verificação da influência da população flutuante nos valores do ICE para as duas bacias. Para a bacia do Ratonés, além da análise usando todos os pontos monitorados no interior da mesma, foi realizada a análise para 3 cursos d'água específicos: Canal das Algas, Papaquara e Ratonés.

A análise destes três corpos hídricos foi feita para verificação da hipótese de que alguns cursos de água pudessem apresentar comportamento do ICE diferente do comportamento considerando a bacia como um todo. Somado a isto, justifica-se a escolha em função de serem 2 dos 3 maiores cursos de água na bacia do rio Ratonés, além de estarem inseridos em áreas com níveis distintos de urbanização, e de apresentarem coletas de amostras de água e de análise de seus parâmetros em número suficiente para realização do teste estatístico t de Student.

Para a verificação da influência da população flutuante, foram definidos os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, como representativos da alta temporada, e os meses compreendidos no período de maio a outubro, como representativos da baixa temporada. Assim, os valores do ICE de baixa e alta temporada foram comparados entre si, utilizando o teste de significância t de Student, para um nível de significância de 5%. A hipótese nula considerada foi que as médias dos valores do ICE são iguais tanto para baixa temporada, quanto para alta temporada. A hipótese alternativa considerada foi que as médias são diferentes. O teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) foi aplicado para verificação da premissa de normalidade dos dados de cada conjunto amostral (ICE para baixa temporada e ICE para alta temporada). Desta maneira, caso a hipótese nula fosse confirmada, considerou-se que os valores médios de ICE para baixa e alta temporada eram iguais, e, portanto, que não há influência da população flutuante no comportamento do ICE para estas duas condições.

Após, utilizando os valores do ICE, foi feita uma análise do enquadramento dos corpos hídricos nas bacias do Ratonés e Saco Grande, em relação à Resolução CONAMA 357/2005. Foi feita uma análise temporal, para cada uma das bacias, com o período de dados disponíveis e utilizando todos os pontos monitorados, e, nesta análise, não se analisou a influência da localização dos pontos dentro da bacia no resultado do ICE. Também, foi realizada uma análise espacial, para verificar se a localização dos pontos de monitoramento (a montante ou a jusante de uma área urbana) tem influência no valor do ICE.

Como as duas bacias estão inseridas em uma região costeira e estuarina, com presença de manguezal, e influência oceânica, verificou-se o impacto da influência da salinidade nos resultados do ICE, realizando uma regressão linear com o objetivo de ver o comportamento do ICE frente aos valores de salinidade, através dos valores médios de salinidade e do ICE. Na escolha dos pontos desta análise foi considerado os pontos com o maior número de observações ao longo dos anos, utilizando dados disponíveis para os anos de 2008, 2009, 2011, 2013, 2014 e 2015. Os anos de 2016, 2017 e 2018 não apresentavam o monitoramento do nível de salinidade nos pontos disponíveis.

Ainda, na tentativa de se obter mais respostas frente aos valores do ICE, para a bacia do Ratonés, foi verificada a influência da precipitação nos valores do ICE, determinou-se a precipitação acumulada para os anos que foram realizadas campanhas de monitoramento dos corpos hídricos. Os dados utilizados para determinar a precipitação acumulada são provenientes da ANA (código da estação: 02748006) para o período de 2008 a 2014, a partir de 2014 os dados de precipitação utilizados são provenientes da estação meteorológica de monitoramento instalada na ESEC, no interior da BH do Ratonés. Como os dados para a BH do Saco Grande eram limitados ao ano de 2011, não foi realizada esta análise para a bacia.

Por fim, foi realizada uma análise integrada dos resultados, e discutiu-se a relação dos possíveis interferentes nos resultados do ICE, atingindo o objetivo geral deste estudo, que foi o de avaliar a qualidade da água e da conformidade ao enquadramento utilizando o ICE, para os corpos hídricos da bacia do Ratonés e do Saco Grande, em Florianópolis/SC.

4.3 BANCO DE DADOS

O banco de dados utilizado neste estudo é proveniente do Laboratório de Análises Ambientais (LAA) instalado no interior da Estação Ecológica de Carijós (ESEC). O laboratório foi criado em 2005 com o intuito de avaliar os efeitos da ocupação e do crescimento populacional, sobre a qualidade das águas no entorno da UC. Desde então, foram realizadas diferentes campanhas de monitoramento, com diferentes objetivos.

Os dados que compõe o banco de dados de qualidade de água da Estação Ecológica de Carijós são compostos por dados monitorados pela equipe do LAA e dados secundários proveniente de parcerias com pesquisadores acadêmicos. Os dados são constituídos da seguinte forma:

- i. Dados levantados pelo ICMBio e que geraram alguns trabalhos acadêmicos: VITORETTE, 2008; GOMES, 2010; BRENTANO et al., 2013; SILVA et al., 2013; RODRIGUES, 2016; RODRIGUES et al. *no prelo*.
- ii. Dados de trabalhos acadêmicos que contaram com a colaboração do ICMBio: SILVA, 2015; SILVA et al. 2016; FREITAS, 2020; CABRAL et al. 2020.
- iii. Dados extraídos de trabalhos acadêmicos que não contaram com a participação do ICMBio: PARRIZOTTO 2009 e FUZINATTO 2009.
- iv. Dados provenientes de processos administrativos ou judiciais: Monitoramento do Sapiens Park, da CASAN, da Habitasul.

O ANEXO A apresenta a distribuição temporal das coletas e os parâmetros disponíveis para o trabalho, fornecidos pelo LAA da ESEC. A tabela 1 apresenta uma visão geral dos dados filtrados e utilizados para a elaboração deste trabalho

Tabela 1: Dados efetivamente utilizados no estudo para BH do Ratores e BH do Saco Grande.

Bacia Hidrográfica Ratores					
Corpo Hídrico	Período	Nº Pontos	Nº de Campanhas	Nº de Parâmetros	Nº de Amostras
Rio Papaquara	2008-2009; 2011; 2013-2018	12	105	9	2.796
Rio Ratores	2008-2009; 2011; 2014-2015; 2018	10	46	9	853
Rio Veríssimo	2008; 2011	3	18	6	177
Canal das Algas	2011; 2013-2018	2	91	9	1.281
Canal Jurerê	2011	1	12	6	70
Canal Daniela	2011	1	12	6	71
Canal do Xavier	2011	1	12	6	66
Canal do Palha	2014	1	12	8	71
TOTAL	-	31	-	-	5.385
Bacia Hidrográfica do Saco Grande					
Rio Pau do Barco	2011	1	12	6	71
Rio Vadik	2011	1	12	6	71
Canal da Gleba	2011	1	12	6	71
Rio do Mel	2011	1	12	6	71
TOTAL	-	4	-	-	284

Como é possível observar através da tabela 1 e no ANEXO A não existia uma homogeneidade na distribuição temporal dos dados, e também dos parâmetros. Optou-se pela filtragem dos dados e dos parâmetros com o intuito de determinar o ICE para as mesmas características. Houve corpos hídricos com um número distinto de parâmetros, como é observável nas tabelas apresentadas. Os dados foram filtrados com o objetivo de traduzir um possível impacto proveniente da contaminação por efluentes domésticos, por conta de as bacias estarem inseridas em ambiente urbano, e devido a pouca variação de outros usos no interior das mesmas.

4.4 ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO (ICE)

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) será utilizado para verificar as condições de atendimento ao enquadramento dos principais corpos hídricos presentes nas bacias hidrográficas do Ratoles e do Saco Grande, propostos pela CONAMA 357/05.

A aplicação do ICE possibilitara uma visão ampliada da situação dos corpos hídricos, permitindo uma análise de um grupo de parâmetros que caracterizam a qualidade da água. Através do índice, a análise agregada do conjunto de parâmetros facilitara o entendimento da situação em toda a bacia hidrográfica, auxiliando os gestores em tomadas de decisões no perímetro da bacia.

A escolha pela utilização do ICE ocorreu devido a sua facilidade de aplicação e por permitir adaptações conforme os usos preponderantes na bacia, este índice é baseado na comparação dos valores obtidos em ensaios de monitoramento de qualidade da água, e, dos valores estipulados pela legislação vigente.

O ICE é uma combinação dos valores de três fatores (F1, F2 e F3), que representam a desconformidade, ou seja, o não atendimento aos padrões de qualidade propostos na legislação. Estes fatores representam, respectivamente, a *abrangência* (F1), a *frequência* (F2), e a *amplitude* (F3) da desconformidade no corpo hídrico.

A combinação de F1, F2 e F3 gera um vetor com comprimento variante entre zero (0) e cem (100), sendo que o valor mais próximo de zero é um indicativo da qualidade da água muito ruim, não atendendo quase ou nenhum limite da legislação, enquanto que, quanto mais próximo de 100, a água está em excelente estado de conservação, cumprindo as metas propostas na legislação.

4.4.1 Formulação Matemática do ICE

O cálculo do ICE prosto pelo CCME se dá através da determinação de seguintes fatores: *Abrangência* (F1), *Frequência* (F2) e *Amplitude* (F3).

Fator 1 – *Abrangência*: é a representação do número de variáveis de qualidade da água que violaram os limites desejáveis ao menos uma vez no período de observação. E é calculado através da Equação (1).

$$F1 = \left(\frac{\text{Número de variáveis fora do padrão}}{\text{Número total de variáveis}} \right) * 100 \quad (1)$$

Fator 2 – *Frequência*: representa a porcentagem de vezes que as variáveis de qualidade da água estiveram em desconformidade em relação ao número de observações. E é calculado através da Equação (2).

$$F2 = \left(\frac{\text{Número de medições fora do padrão}}{\text{Número total de medições}} \right) * 100 \quad (2)$$

Fator 3 – *Amplitude*: representa a quantidade pela qual o valor testado falhou, sendo a diferença entre o valor medido e o limite legal, e é calculado em três etapas:

O número de vezes no qual a concentração individual é maior/menor que o limite da classe. E é determinado pelas Equações (3) e (3.1).

$$\Delta V = \left(\frac{\text{Valor testado que falhou}}{\text{Valor Padrão}} \right) - 1 \quad (3)$$

Para os casos em que o valor do teste não deve ser menor que o padrão, a expressão que é a seguinte:

$$\Delta V = \left(\frac{\text{Valor Padrão}}{\text{Valor testado que falhou}} \right) - 1 \quad (3.1)$$

O número total de medições individuais que está em desacordo com o limite legal calculado somando as variações individuais em relação aos limites legais e dividindo pelo número total de medições. O cálculo é realizado pela Equação (4).

$$snv = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta V}{\text{Número total de testes}} \quad (4)$$

O valor de F3 é calculado através da soma normalizada das variações em relação aos limites legais, sendo que estas foram reduzidas a uma variável entre 0 e 100, através da Equação (5).

$$F3 = \left(\frac{snv}{0,01*snv+0,01} \right) \quad (5)$$

O valor do ICE é calculado normalizando os três fatores, pela Equação (6).

$$ICE = 100 - \left(\frac{\sqrt{F1^2+F2^2+F3^2}}{1,732} \right) \quad (6)$$

O valor de 1,732 é utilizado para normalizar os fatores F1, F2 e F3, pois cada fator pode chegar ao valor de 100. Logo, o alcance máximo do vetor ICE é:

$$\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2} = \sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = \sqrt{30000} = 173,2$$

A divisão deste valor por 1,732 faz com que o comprimento do vetor não ultrapasse o valor de 100, limitando o ICE ao valor de 100.

$$\left(\frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1,732} \right) = \left(\frac{\sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2}}{1,732} \right) = \frac{173,2}{1,732} = 100$$

4.4.2 Representação dos Resultados ICE

A representação dos resultados é apresentada em faixas de classificação como forma de interpretação dos resultados para o ICE. Neste trabalho, será utilizado a classificação proposta por Amaro (2009), a qual pode ser observada no quadro (8).

Quadro 8: Faixas de classificação do ICE proposto por AMARO (2009).

80 ≤ ICE ≤ 100 Conforme	A maioria ou todas as medições estão dentro dos padrões de qualidade da água.
45 ≤ ICE < 80 Afastado	As medições estão frequentemente em desacordo com os padrões de qualidade da água.
ICE < 45 Não Conforme	A maioria ou a totalidade das medições está violando os parâmetros limites da classe de enquadramento.

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA MONITORADOS EM RELAÇÃO A CONAMA 357/05.

A análise dos parâmetros foi realizada com base na Resolução CONAMA 357/05, a qual dispõem sobre a classificação e as diretrizes para o enquadramento dos corpos hídricos, bem como parâmetros e limites a serem atendidos por cada classe. Nesta análise, considera-se os limites estabelecidos para os corpos hídricos classificados na classe 2.

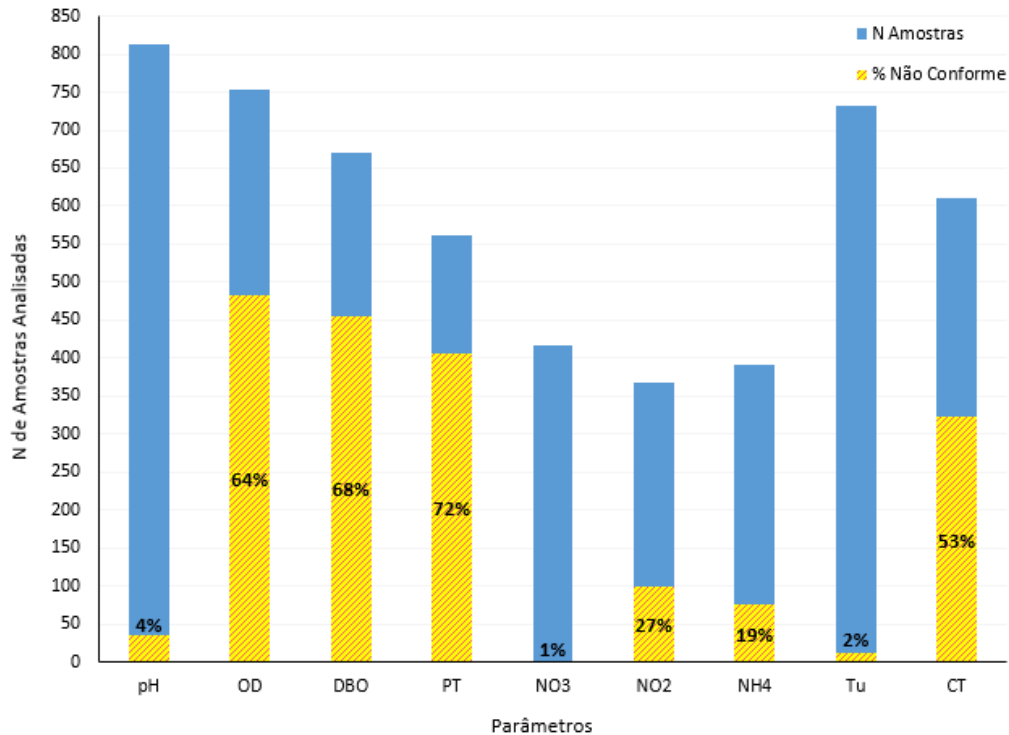
A tabela 2 fornece a síntese do número total dos parâmetros de qualidade da água monitorados, o número e o percentual de amostras que resultaram em não conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, para a bacia hidrográfica do Ratoles. Nesta bacia, considerou-se todos os pontos presentes em seu interior, sem distinção dos corpos hídricos que compõem a mesma. Foram avaliados um total de 5.315 amostras, sendo que 1.892 estiveram em desacordo com a legislação, demonstrando que mais de 1/3 (35,60%) das amostras estiveram em desconformidade com o enquadramento proposto para os rios da bacia.

Tabela 2: Relação do número total de parâmetros, do número de amostras não conformes, e do percentual de amostras não conforme para a BH do Ratores.

Parâmetros	Nº de Amostras	Nº de Amostras Não Conforme	% Amostras Não Conforme
pH	812	36	4,43
Oxigênio Dissolvido (OD)	754	483	64,04
DBO _{5,20}	670	456	68,06
Fósforo Total (PT)	562	407	72,42
Nitrato (NO ₃)	416	3	0,72
Nitrito (NO ₂)	368	99	26,90
Amônia (NH ₄)	391	75	19,18
Turbidez (Tu)	731	11	1,52
Coliformes Termotolerantes (CT)	611	322	52,70
TOTAL	5.315	1.892	35,60

A figura 12 auxilia a visualização desta análise:

Figura 12: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para a BH do Ratores.



Ao avaliar a figura 12 percebe-se que não existe uma homogeneidade no número de amostras em que cada parâmetro de qualidade da água foi analisado, variando do total de 812 amostras em que foi analisado o pH, até 368 amostras em que o Nitrito (NO_3) foi analisado. Para os rios da bacia do Ratone foi possível verificar que quatro dos nove parâmetros estiveram frequentemente em desacordo com a CONAMA357/2005, com mais de 50% do total de amostras em desconformidade. Estes parâmetros foram OD (64%), $\text{DBO}_{5,20}$ (68%), PT (72%) e CT (53%).

A tabela 3 fornece a síntese do número total dos parâmetros, o número de amostras não conforme e o percentual das amostras em desacordo, utilizados para a bacia hidrográfica do Saco Grande. Nesta bacia, é possível verificar uma homogeneidade no número de amostras, além da ausência de alguns parâmetros relacionados ao Nitrogênio (NO_3 , NO_2 e NH_4). Quando comparado com a bacia hidrográfica do Ratores, percebe-se também a falta de monitoramento para esta bacia, devido ao número de amostras disponíveis.

Tabela 3: Relação do número total de parâmetros, do número de amostras não conformes, e do percentual de amostras não conforme para a BH do Saco Grande.

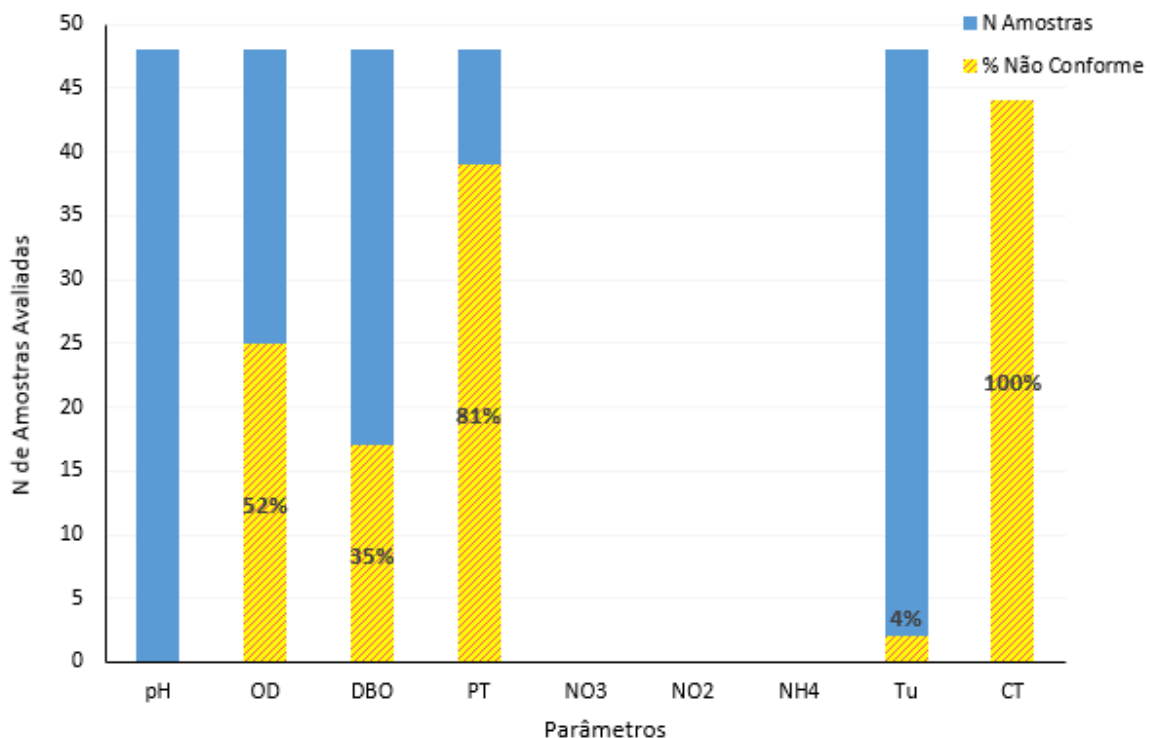
Parâmetros	Nº de Amostras	Nº de Amostras Não Conforme	% Amostras Não Conforme
------------	----------------	-----------------------------	-------------------------

pH	48	0	0
Oxigênio Dissolvido (OD)	48	25	52,08
DBO _{5,20}	48	17	35,42
Fósforo Total (PT)	48	39	81,25
Nitrato (NO ₃)	0	0	0
Nitrito (NO ₂)	0	0	0
Amônia (NH ₄)	0	0	0
Turbidez (Tu)	48	2	4,17
Coliformes Termotolerantes (CT)	44	44	100
TOTAL	248	127	44,72

Através da tabela 3 é possível ver o número total de amostras utilizadas para avaliar a bacia, foram analisadas um total de 248 amostras, sendo que 127 estiveram em desacordo com a legislação, representando 44,72% do total das amostras fora dos limites estabelecidos.

A figura 13 é a representação gráfica dos valores tabelados para a bacia hidrográfica do Saco Grande. Nesta bacia o maior número de amostras por parâmetro é de 48 (pH, OD, DBO, PT e Tu) e o menor número é de 44 (CT). A bacia apresenta metade dos parâmetros com mais de 50% dos valores em desconformidade, sendo eles OD (52%), PT (81%) e o CT (100%).

Figura 13: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para a BH do Saco Grande.



Para buscar um entendimento melhor do comportamento dos parâmetros, optou-se pela análise dos parâmetros para três corpos hídricos presentes na bacia hidrográfica do

Ratones, sendo eles o Canal das Algas, o rio Papaquara e o rio Ratones. A escolha por estes corpos hídricos se deu pelo grande volume de dados disponíveis.

A tabela 4 fornece os parâmetros utilizados para os três rios. O Canal das Algas, este canal apresenta um grande volume de dados, totalizando 1.281, desse total, 366 (29%) estiveram em desacordo com os limites impostos pela resolução. O rio Papaquara concentra mais da metade das amostras avaliadas para a bacia hidrográfica do Ratones, com um volume total de amostras de 2.796, e deste total, 41% (1.153) das amostras estão em desconformidade com a legislação. O rio Ratones, apesar de ser o rio principal da bacia, apresenta um número total de amostras é reduzido, quando comparado com o rio Papaquara, com apenas 853, e deste total, 209 (24,5%) está em desacordo com a legislação.

Tabela 4: Relação do número total de parâmetros, do número de amostras não conformes, e do percentual de amostras não conforme para o Canal das Algas, o rio Papaquara e o Rio Ratones.

Parâmetro	Canal das Algas			Rio Papaquara			Rio Ratones		
	Nº de Amostras	Amostras Não Conforme	% Não Conforme	Nº de Amostras	Amostras Não Conform e	% Não Conforme	Nº de Amostras	Amostras Não Conforme	% Não Conforme
pH	170	0	0	431	15	3,48	145	18	12,41
OD	170	107	62,90	384	308	80,21	138	14	10,14
DBO _{5,20}	168	128	76,20	310	199	64,19	134	98	73,13
PT	170	106	62,40	275	241	87,64	52	22	42,31
NO ₃	146	0	0	242	2	0,83	22	1	4,55
NO ₂	0	0	0	293	98	33,45	70	1	1,43
NH ₄	151	0	0	212	74	34,91	22	1	4,55
Tu	170	0	0	365	11	3,01	130	0	0
CT	136	25	18,40	284	206	72,54	140	54	38,57
TOTAL	1.281	366	28,60	2.796	1.153	41,27	853	209	24,50

As figuras 14, 15 e 16 são a representação gráfica da síntese dos parâmetros apresentados na tabela 4, através destas figuras é possível observar que três parâmetros estão frequentemente em desacordo para Canal das Algas, sendo eles, o OD (63%), a DBO_{5,20} (76%) e o PT (63%).

Figura 15: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para o Canal das Algas.

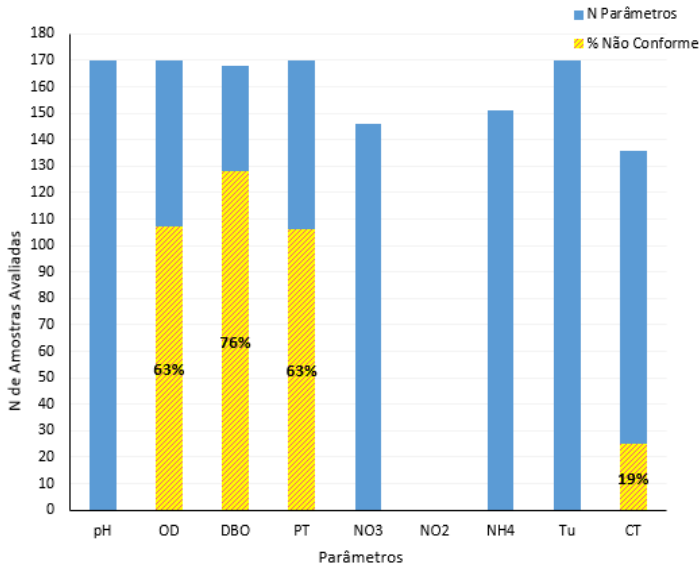


Figura 14: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para o rio Papaquara.

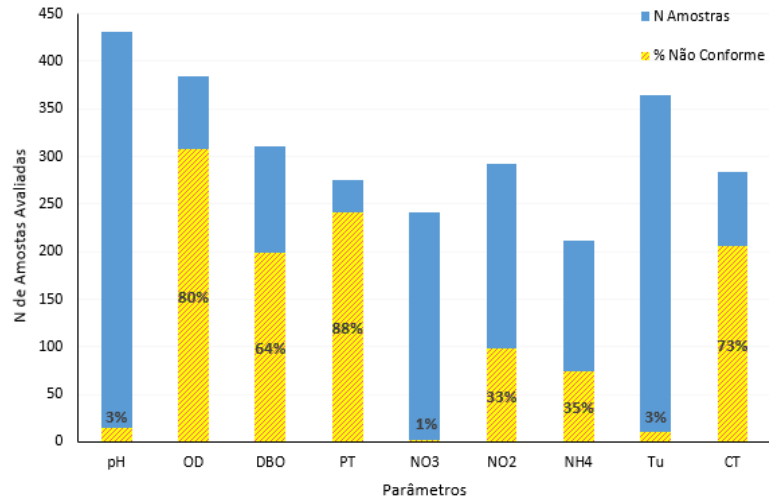
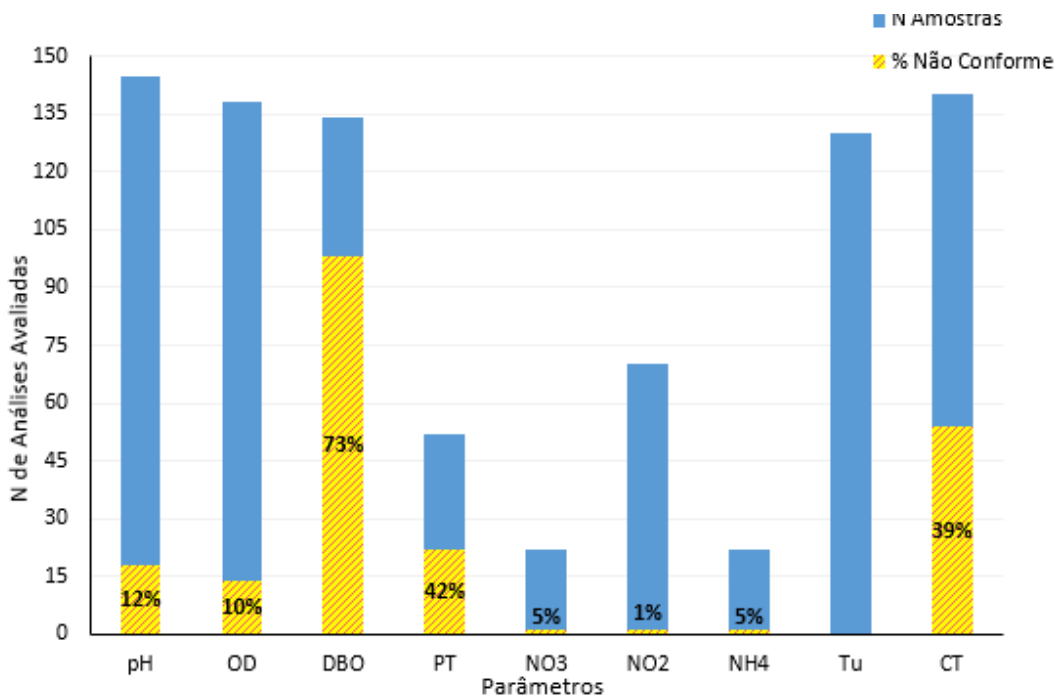


Figura 16: Representação gráfica do total de parâmetros, e do percentual dos parâmetros em desconformidade para o rio Ratonés.



Para o rio Papaquara é possível perceber que as campanhas de coleta não foram homogêneas para todos os parâmetros, havendo elavada discrepância entre o N total dos parâmetros analisados, com parâmetros com N de 431 (pH) até parâmetros com N de 212 (NH₄).

Com o apoio da figura 14 é possível inferir que quatro parâmetros estão em sua maioria em não conformidade, sendo estes, o OD (80%), a DBO_{5,20} (64%), o PT (88%) e o CT (73%). Além de outros dois parâmetros vinculados ao nitrogênio (NO₂ e NH₄) frequentemente em desacordo, com mais de 1/3 do total de amostras analisadas em desconformidade com os padrões para classe 2.

A figura 16 é uma representação da tabela 4 para o rio Ratonés, através dela é possível ver a distribuição das amostras por parâmetro, observa-se uma certa carência de dados relacionados aos nutrientes fósforo e nitrogênio. Neste corpo hídrico tem apenas um parâmetro com mais da metade das amostras em não conformidade, sendo este parâmetro a DBO_{5,20} (73%). Tem outros dois parâmetros que devem ser observados, o PT e o CT, com mais de 1/3 das amostras em desconformidade, sendo 42% e 39%, respectivamente, em não conformidade com os padrões estipulados pela CONAMA 357/05 para rios de classe 2.

5.2 VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA POPULAÇÃO FLUTUANTE NOS VALORES DE ICE.

A tabela 5 apresenta os resultados do teste de significância t de Student para amostras independentes para todos os pontos presentes no banco de dados.

Tabela 5: Resumo dos resultados obtidos para o teste t de Student para todos os valores do ICE para alta e baixa temporada.

Grupos AT vs BT	Média AT	Média BT	t-valor	df	p	N AT	N BT	Desv. Padrão AT	Desv. Padrão BT	F	Variância P
Todos os Locais	55	53	0,893	198	0,372	100	100	20	17	1,335	0,151

Através da tabela 5 observa-se que as variáveis de alta e baixa temporada não apresentam diferenças significativas ($p = 0,372$), e a média dos valores de ICE para alta e para baixa temporada foram, 55 e 53, respectivamente.

A tabela 6 apresenta o resultado do teste t para cada corpo hídrico, a aplicação do teste foi condicionada primeiramente pela premissa da normalidade, os três conjunto de dados foram normais, com o auxílio desta tabela é possível verificar o tamanho da amostra N utilizada na

comparação, das médias amostrais, além dos valores de significância (p) para o rio Papaquara, Ratores e o Canal das Algas.

Tabela 6: Resumo dos resultados obtidos para o teste t de Student para todos os valores do ICE para alta e baixa temporada para o rio Papaquara, rio Ratores e o Canal das Algas.

Grupos AT vs BT	Média AT	Média BT	t-valor	df	p	N AT	N BT	Desv. Padrão AT	Desv. Padrão BT	F	Variância P
Papaquara	52	49	0,746	100	0,457	51	51	22	18	1,623	0,089
Ratores	65	62	0,560	44	0,578	23	23	18	17	1,113	0,803
C. Algas	62	61	0,312	26	0,758	14	14	6	10	3,002	0,057

O rio Papaquara, dentre os três, é o rio que apresenta o maior volume de amostras (N = 51), apresenta pouca variação dos valores médios de alta e baixa temporada, com valor médio de ICE de 52 e 49, respectivamente. Para este corpo hídrico não existem diferenças significativa (p = 0,457) entre os períodos de alta e baixa temporada. O rio Ratores tem um N = 23, também apresenta pouca diferença no valor médio do ICE para alta (65) e baixa (62) temporada, este corpo hídrico não foi identificada uma diferença estatisticamente significativa (p = 0,578). O Canal das Algas apresenta o menor volume de amostras (N = 14), os valores médios do ICE foram de 62 e 61, para alta e baixa temporada, respectivamente, e como os outros dois corpos hídricos, não apresentou diferenças significativas para alta e baixa temporada, com o valor de p = 0,758.

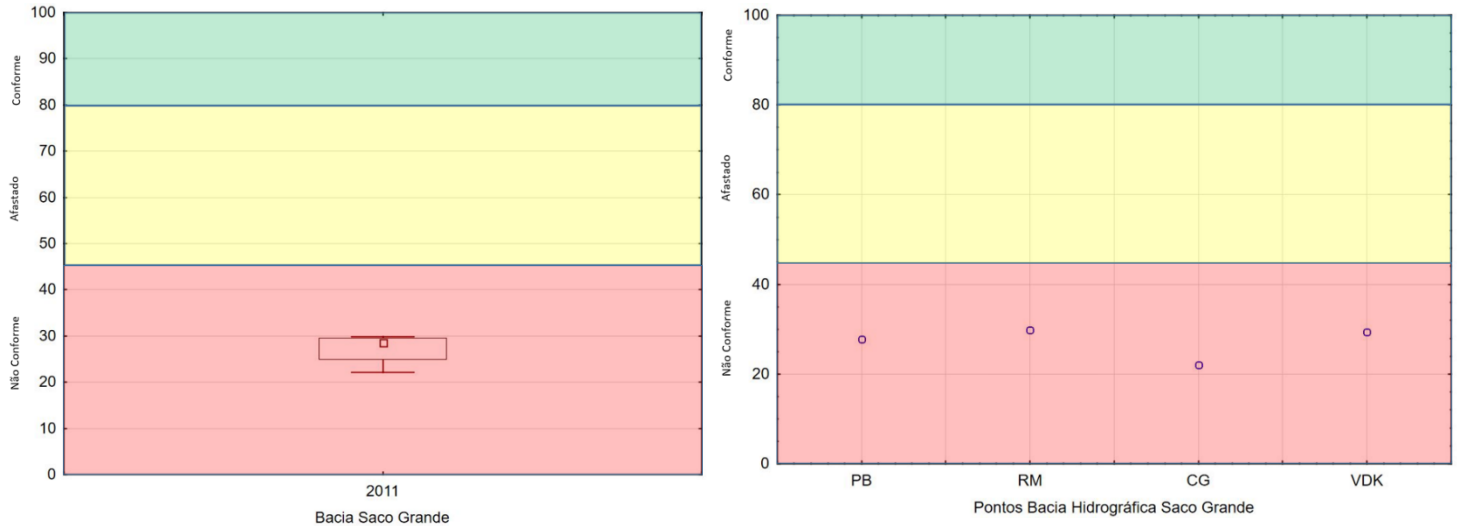
Os valores da avaliação para verificação da existência de diferenças significativas dos valores do ICE para os corpos hídricos que compõem a bacia hidrográfica do Ratores, corroboram com os valores da análise de significância para todos os pontos, e não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre alta e baixa temporada.

5.3 ANÁLISE DOS VALORES DO ICE

A partir da análise do item anterior, não foi possível identificar uma diferença significativa entre os resultados do ICE para a alta e baixa temporada, por consequência, a análise a seguir será realizada com base no resultado do cálculo para todo o período de dados disponíveis por pontos para cada ano, incluindo dados dos meses intermediários aos períodos de alta e baixa temporada.

As figuras 17 e 18 representam a distribuição dos valores do ICE para a bacia hidrográfica do Saco Grande para o ano de 2011, único ano que havia dados disponíveis para esta bacia, e a distribuição dos valores para os córregos que compõe a bacia, respectivamente.

Figura 18: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados da BH do Saco Grande. Figura 17: Distribuição dos valores do ICE para cada ponto avaliado, na BH do Saco Grande.



A partir das figuras 17 e 18 é possível inferir, de forma geral, que os córregos que compõem a bacia estão bem impactados e distantes da situação ideal para corpos hídricos enquadrados na classe 2. Os quatro corpos hídricos analisados estão classificados como *Não Conforme*, o valor do índice para estes córregos ficou entre 20 e 30, indicando que a maioria ou a totalidade das medições estão violando os limites estabelecidos pela classe de enquadramento vigente, e consequentemente, uma péssima qualidade da água.

A bacia hidrográfica do Ratoles é composta por diversos canais de drenagem, rios e córregos. Através das figuras 19 e 20 é possível verificar o comportamento e a distribuição dos valores do ICE de todos os pontos monitorados para cada ano, e a distribuição dos pontos para os principais corpos hídricos que compõem a bacia do Ratoles.

Figura 19: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ano na BH do Ratonés.

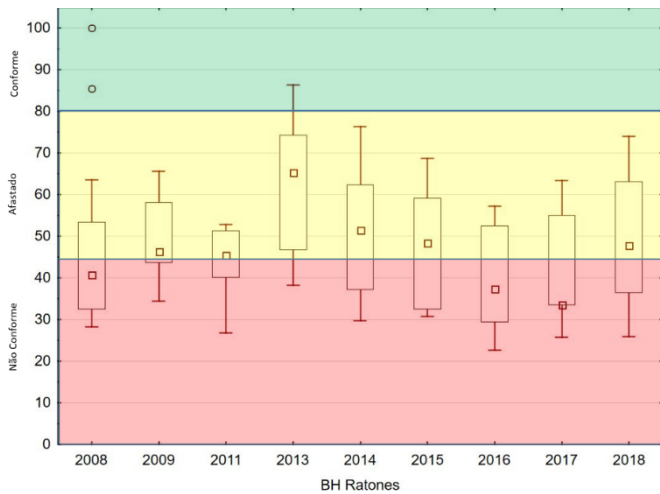
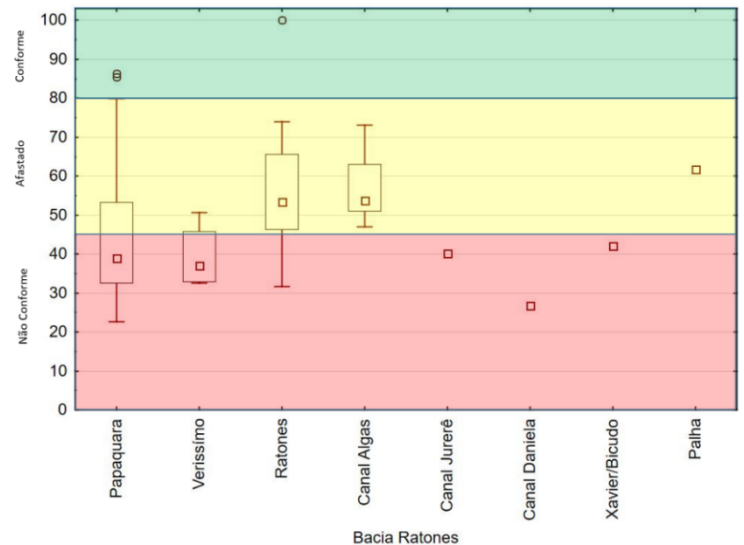


Figura 20: Distribuição dos valores do ICE para o conjunto de dados por corpo hídrico avaliado na BH do Ratonés.



Através da figura 19 é perceptível que as águas da bacia do Ratonés encontram-se impactadas de forma negativa, os valores medianos do ICE ao longo dos anos, estiveram em sua maioria em desconformidade com os padrões estabelecidos, estando classificados como *Não Conforme e Afastado*, com alguns pontos *Outliers* apresentando-se *Conformes* para o ano de 2008. Os valores dos medianos do ICE ficaram entre 34 (2017) e 68 (2013), mas em sua maioria, ficaram estabelecidos entre 40 e 55, indicando uma péssima qualidade da água na bacia na última década.

Como é possível observar na figura 20, para a análise da bacia hidrográfica do Ratonés foram utilizados 8 corpos hídricos, dentre esses corpos hídricos, tem-se os 3 rios principais (Papaquara, Ratonés e Veríssimo) que formam a bacia, e os canais afluentes dos rios principais, sendo que alguns são naturais e outros artificiais.

Nesta análise, o período de dados considerado foi do ano de 2008 a 2018, com exceção dos anos de 2010 e 2012, os quais não houve campanhas de coleta e monitoramento dos parâmetros indicadores de qualidade da água.

Através da figura 20 é possível identificar que as campanhas de monitoramento foram mais concentradas nos rios principais. Os afluentes tiveram apenas uma campanha de monitoramento, com exceção do Canal das Algas, o qual apresenta um conjunto de dados maior.

A situação dos afluentes no que se refere ao enquadramento, não está muito favorável a uma qualidade sadia do ambiente, três (Canal de Jurerê, Canal da Daniela, Canal do Xavier) dos

cinco pontos estão classificados como *Não Conforme*, e um ponto (Canal da Palha) é classificado como *Afastado*, indicando que esses locais estão em sua maioria violando os padrões estabelecidos para os parâmetros que indicam a qualidade das águas, segundo a CONAMA 357/05, para rios de classe 2.

O Canal das Algas é outro afluente e deságua no rio Papaquara, neste afluente, tem-se um conjunto maior de dados, e sua variação é pequena, e dentro de uma mesma faixa de classificação do ICE, ficando classificada como *Afastado*, demonstrando que os parâmetros de qualidade da água estão frequentemente em desacordo com os padrões estabelecidos para rios de classe 2.

Os três rios principais que compõem a BH do Ratores, também apresentam situações preocupantes no que se refere a qualidade da água e enquadramento. O rio Ratores e o rio Papaquara são os que apresentam maior variação dos valores do ICE, o rio Papaquara apresenta a maior flutuação entre os dois, e a pior classificação, de acordo com o valor da mediana.

O rio Papaquara está classificado como *Não Conforme*, com pontos *Outliers* estando em *Conformidade*, mas de forma geral, os valores estão em sua maioria violando os padrões de qualidade da água.

O rio Ratores apresenta uma menor flutuação em relação ao rio Papaquara, e está classificado como *Afastado*, indicando que os valores estão levemente melhores que os do Papaquara, mas não quer dizer que estão cumprindo a legislação vigente. O rio Ratores também apresenta pontos *Outliers* classificados como em *Conformidade*. Observa-se que o *box* em torno da mediana demonstra que os valores estão frequentemente em desacordo com os padrões estabelecidos para rios de classe 2.

O rio Veríssimo, outro rio principal da BH do Ratores, é o corpo hídrico que apresenta a menor variação de valores do ICE, em sua maioria, estando classificado como *Não Conforme*, como o indicado pelo Box-Plot. Talvez essa menor variação esteja associada ao período de análise com apenas 2 anos de dados (2008 e 2011), enquanto o Ratores e o Papaquara, apresentem 6 e 9 anos ((2008, 2009, 2011, 2014, 2015 e 2018) e (2008, 2009, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018)), respectivamente. A classificação como *Não Conforme* indica que os parâmetros de qualidade da água estão em sua maioria violando os padrões estabelecidos na legislação.

Para avaliar a situação mais detalhada de cada corpo hídrico que compõe a bacia, é necessário observar o comportamento dos dados para cada rio, ao longo dos anos e por ponto,

para que seja possível inferir sobre a situação em que se encontram de forma mais segura e não superficial.

As figuras 21 e 22 representam a distribuição do ICE como uma série histórica e um compilado dos valores para os pontos avaliados ao longo dos anos para o rio Papaquara.

A figura 21 demonstra que o problema de qualidade de água neste corpo hídrico não é pontual, e já vem ocorrendo impactos negativos ao longo da última década, degradando a qualidade do ambiente.

Historicamente, o rio Papaquara apresenta uma condição crítica em relação à qualidade da água, apresentando o valor mediano das amostras em 8 anos de 9 anos na pior classificação de conformidade em relação ao enquadramento, além de apresentar pouca variação nas outras faixas de classificação do índice. Para os anos de 2008, 2009 e 2011 o índice foi classificado como *Não Conforme*, apresentando uma melhora significativa para o ano de 2013, com valores variando até a faixa de conformidade, mas com valor mediano fixado como *Afastado*. A partir de 2013, os valores foram decaindo ao longo dos anos.

Figura 21: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ano para o rio Papaquara.

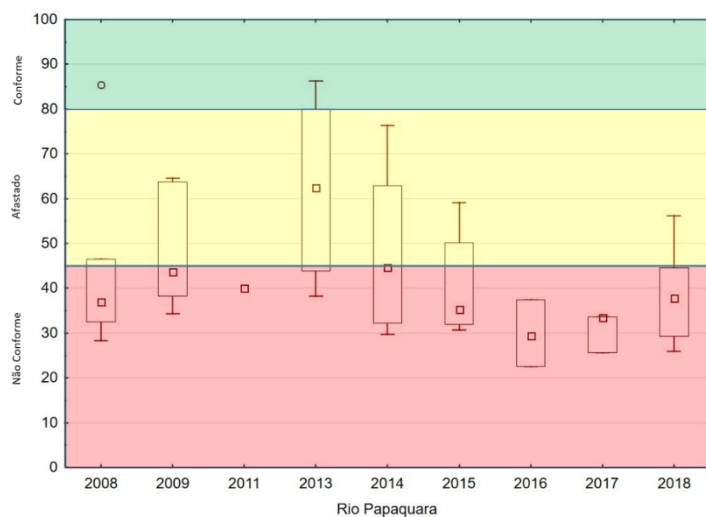
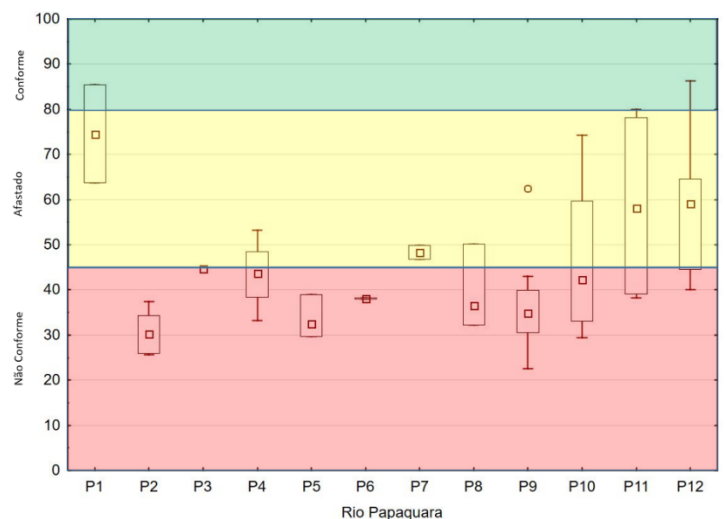


Figura 22: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ponto no rio Papaquara.



Para tentar identificar os pontos críticos dentro do corpo hídrico, se faz necessário realizar uma análise dos valores do ICE por ponto, pois assim, é possível verificar a variação do ICE em um mesmo ponto e identificar os possíveis alteradores da qualidade.

Ao avaliar a figura 22, tem-se que P1 apresentou pouca variação no valor do índice ao longo dos anos, e foi o ponto com o melhor valor médio dentre os 12 pontos avaliados neste corpo

hídrico, estando classificado na faixa de *Afastado*, mas com alguns valores recorrentes na faixa da conformidade. Os pontos de P2 a P10 foram os piores pontos dentro deste corpo hídrico, com pouca variação (talvez poucas campanhas), com exceção do P10, e a maior parte dos valores compreendidos na faixa de *Não Conformidade*, indicando que os valores em sua maioria estão fora dos padrões estabelecidos pela legislação. Os pontos P11 e P12 apresentaram a maior variação dos valores, com uma melhora significativa em relação aos pontos que estão a montante destes, e estão com valores médios classificados em *Afastado*.

De uma forma geral, o rio Papaquara apresenta bons valores no ponto próximo a nascente (P1), valores péssimos na região antropizada (P2 a P10), e uma melhora significativa dos valores mais a jusante, já com possível influência da UC (P11 e P12).

A seguir, a análise será realizada para o rio Ratonés, as figuras 23 e 24 representam os valores da série histórica do ICE para o rio, e a distribuição do ICE para os pontos de monitoramento.

Figura 24: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ano para o rio Ratonés.

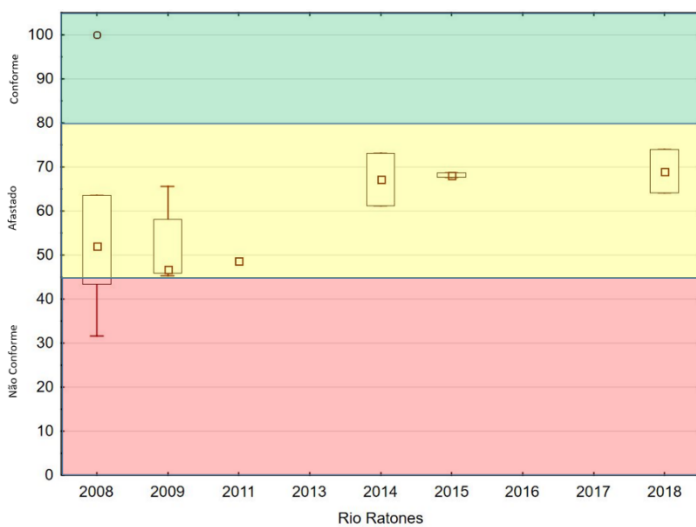
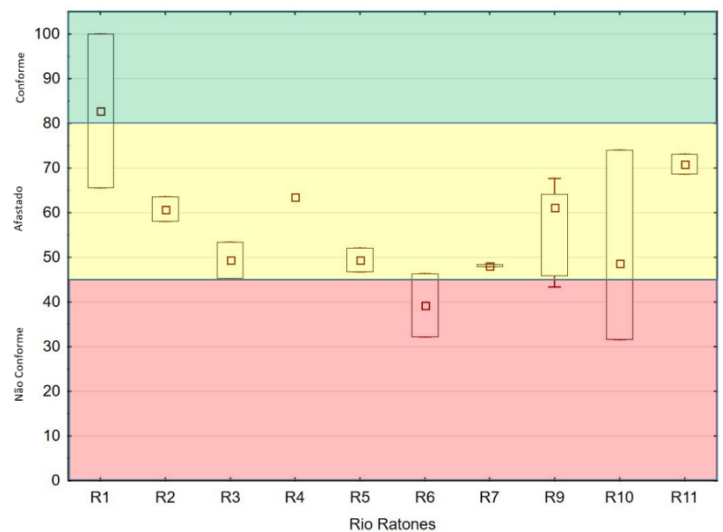


Figura 23: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ponto para o rio Ratonés.



Através da figura 24 é possível inferir que o rio Ratonés apresentou pouca variação de valores do ICE na série histórica, sendo 2008 o ano com a maior flutuação de valores. Os valores do ICE para este corpo hídrico no decorrer dos anos manteve-se na mesma faixa de classificação. A partir de 2014, os valores apresentaram uma melhora, mas nada muito significativo a ponto de alterar a classificação. De forma geral, o rio Ratonés está classificado

na faixa de *Afastado*, caracterizando o corpo hídrico como frequentemente fora dos padrões estabelecidos.

Com o apoio da figura 23 é possível avaliar os pontos de monitoramento neste corpo hídrico, percebe-se que houve pouca flutuação de valores, com três pontos (R1, R9 e R10) variando de forma mais significativa. O ponto R1 é o que apresenta a melhor condição, variando hora em *Afastado*, hora em *Conforme*, e com base no valor da mediana, foi classificado como *Conforme*. Os pontos de R2 a R7 apresentam pouca variação e estão compreendidos na faixa de *Afastado*, com exceção do ponto R6, que está em *Não Conformidade*. Os pontos R9 e R10 apresentam flutuações nos valores, mas em geral permanecem na faixa de *Afastado*, e o ponto R11 tem pouca variação e está classificado como *Afastado*.

Os pontos do rio Ratonos, bem como o corpo hídrico de forma geral, apresenta uma condição frequente de não cumprimento dos padrões de qualidade de água estabelecidos pela CONAMA 357/05 para corpos hídricos de Classe 2.

Por fim, foi avaliada a situação do Canal das Algas, a escolha deste afluente foi devido a série de dados disponíveis para a análise. As figuras 25 e 26 representam a série histórica da distribuição dos dados, e a distribuição dos valores nos pontos de coleta.

Figura 26: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ano para o Canal das Algas.

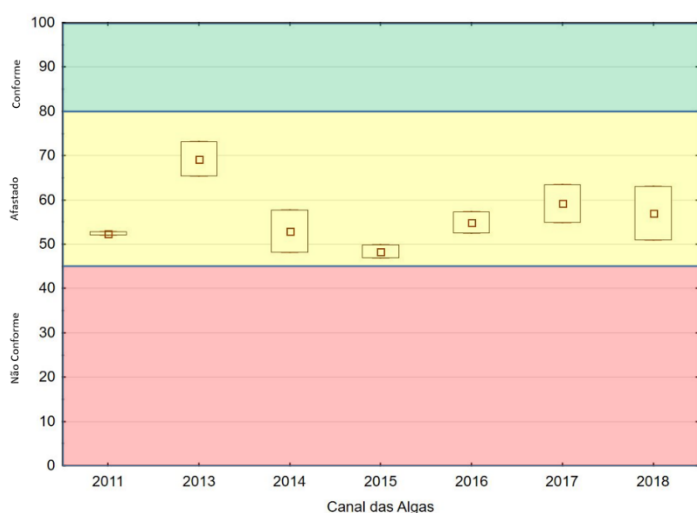
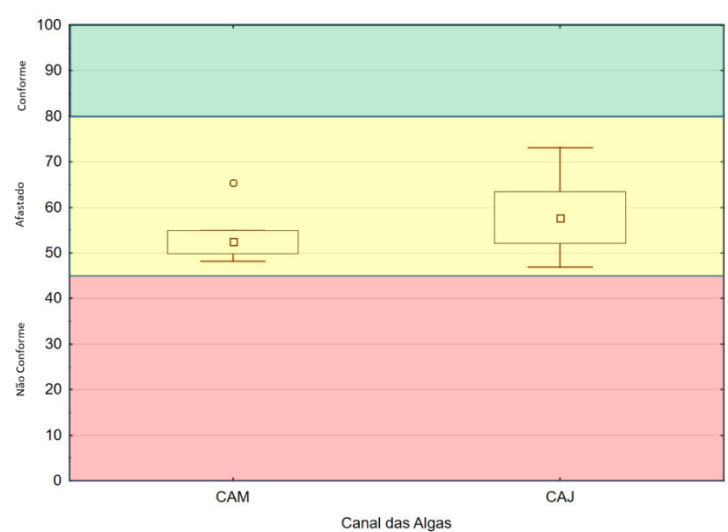


Figura 25: Box-Plot com os resultados para todo conjunto de dados por ponto para o Canal das Algas.



Na primeira figura é possível observar que, de 2013 a 2015 ocorreu um decréscimo no valor do ICE no canal das algas. De forma geral, os valores de ICE não apresentaram grandes

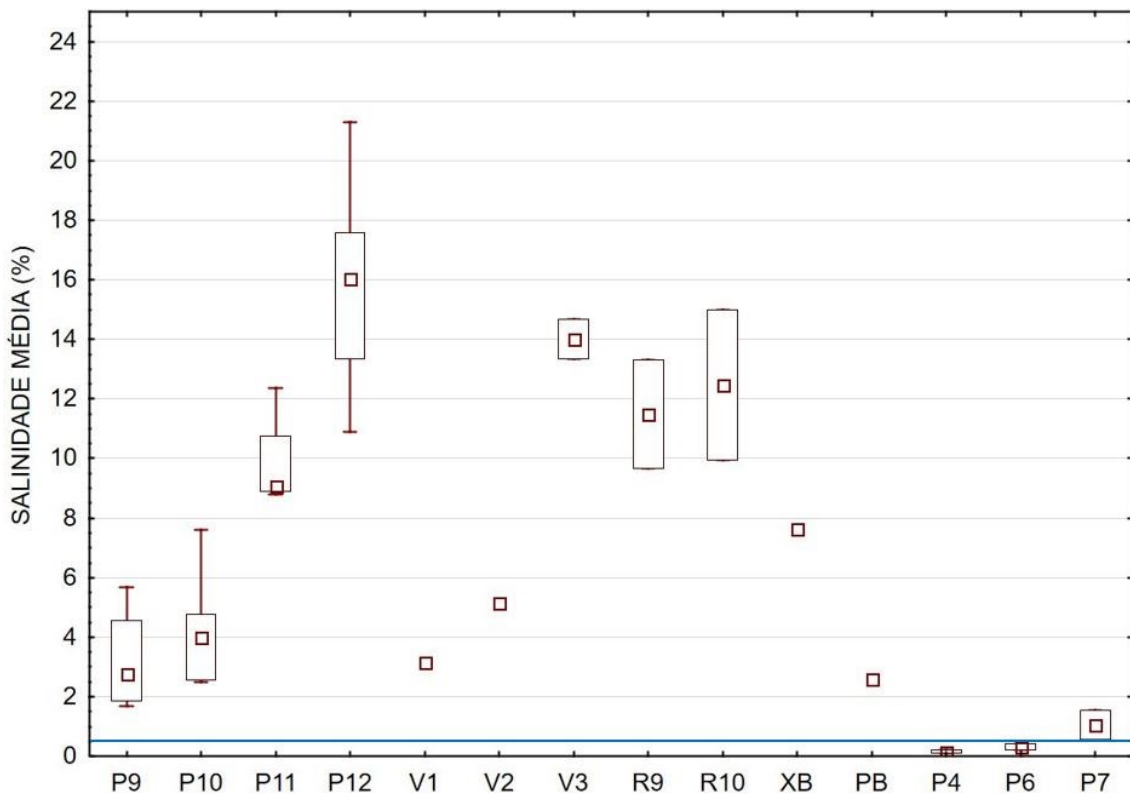
variações, estabelecidos sempre na mesma faixa de classificação do ICE, sendo classificados como *Afastados*, ou seja, os parâmetros estão frequentemente em desacordo com os valores estabelecidos pela legislação.

Na segunda figura, tem-se os pontos amostrais para esse canal, sendo os pontos CAM e CAJ. P ponto CAM está situado mais a montante e recebe a contribuição mais direta dos canais de drenagem urbana, e apresenta a menor variação dos valores, bem como, o menor valor médio do ICE, quando comparado ao ponto CAJ. O ponto CAJ está situado próximo ao desague do canal no rio Papaquara, e apresenta uma leve melhora em relação ao ponto CAM, e uma maior variação dos valores absolutos do ICE. No entanto, ambos os pontos estão classificados em *Afastado*.

5.4 VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA SALINIDADE NOS VALORES DO ICE.

Na tentativa de compreender os possíveis alteradores da qualidade de água dos corpos hídricos, faz-se necessário uma análise mais aprofundada de outros parâmetros, por exemplo, da possível influência da salinidade devido à variação da maré. A figura 27 apresenta um resumo da salinidade nos pontos de estudo (os quais houve esse monitoramento).

Figura 27: Distribuição dos valores médios de salinidade por ponto analisado.

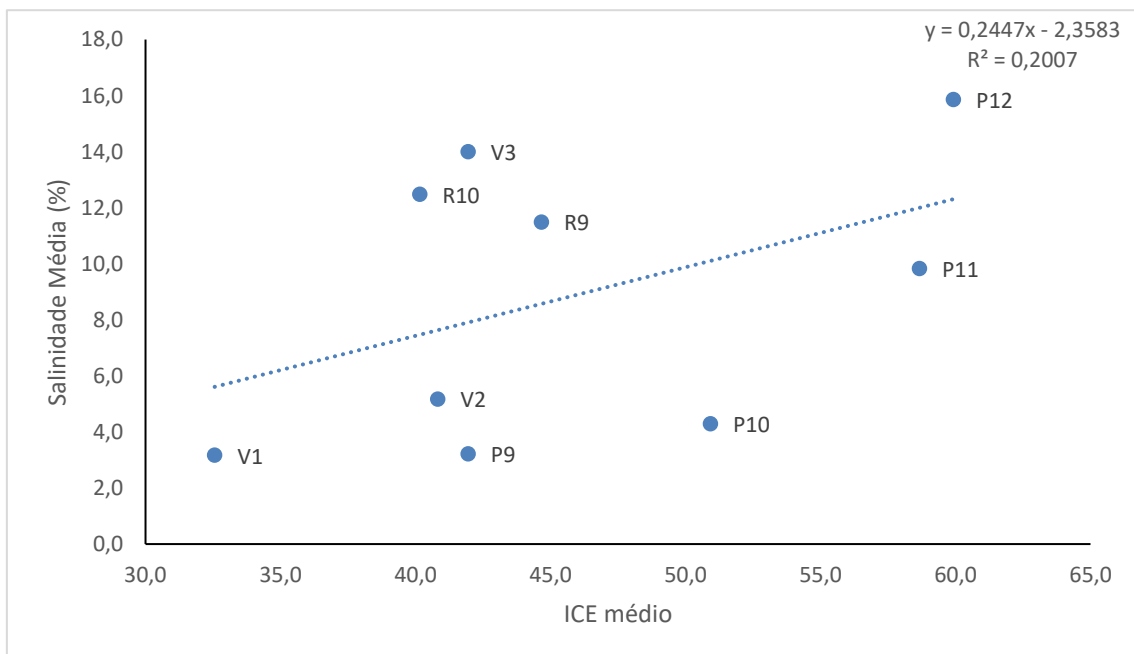


Através da figura 27, é possível identificar que existem pontos que apresentam grande influência da salinidade, a linha em azul mostra a faixa de transição entre água doce e água salobra, nenhum dos pontos apresentou teor de salinidade para ser classificado como águas salinas.

No rio Papaquara os pontos P7, P9, P10, P11 e P12 apresentaram salinidade média na faixa de classificação de águas salobras, com os valores crescente de montante para jusante, indicando uma influência do mar nos corpos hídricos da bacia. Esse comportamento também é observado no rio Veríssimo e no Ratoles, para os pontos mais a jusantes da bacia.

A figura 28 apresenta a regressão para a bacia hidrográfica do Ratoles. Na elaboração da figura, considerou-se a média dos valores de salinidade e a média dos valores do ICE para cada ponto, e através da figura é possível ver a distribuição dos valores, a linha de tendência, bem como, a equação da reta.

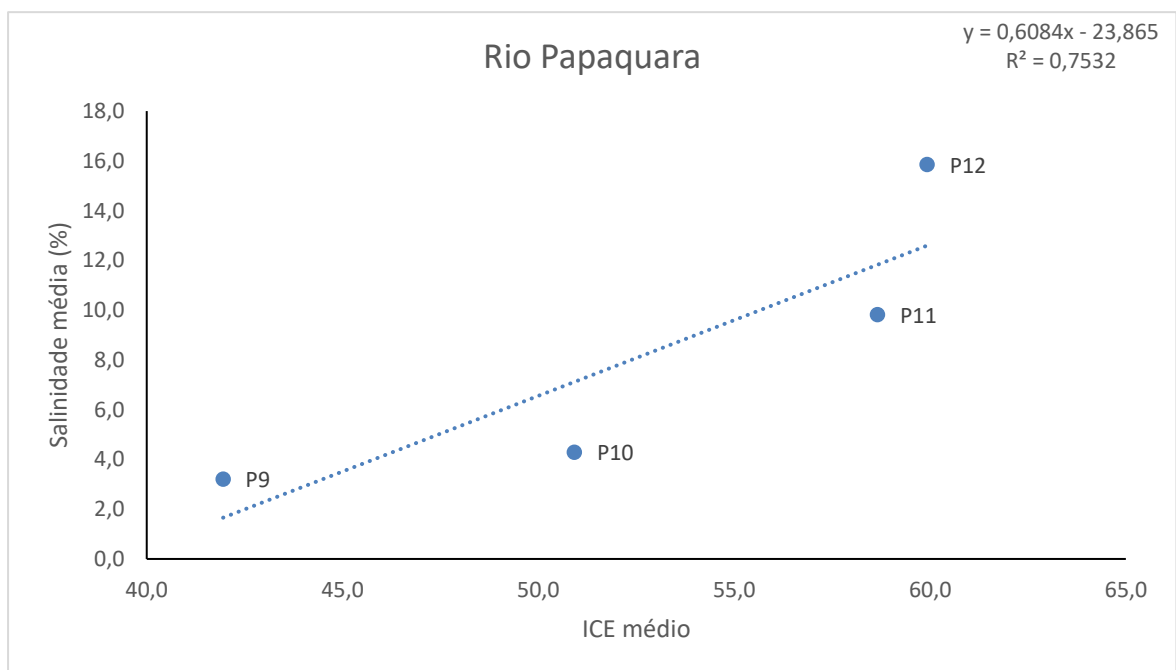
Figura 28: Resultado da regressão linear realizada entre Salinidade média (%) e ICE médio para o conjunto de pontos na BH do Ratoles



Ao avaliar a figura, não é possível afirmar que existe uma relação dos valores de salinidade com os valores do ICE para todos os pontos, a equação da reta apresentou um $R^2 = 0,20$ apenas, com os valores distribuídos aleatoriamente.

Na tentativa de buscar outra visão, realizou-se a regressão linear para o rio Papaquara, o rio com maior número de pontos influenciados pela salinidade na bacia hidrográfica do Ratonés. A figura 29 apresenta a distribuição dos valores para o rio Papaquara, foram utilizados quatro pontos (P9, P10, P11 e P12) de monitoramento para identificar as possíveis relações do ICE com a salinidade.

Figura 29: Resultado da regressão linear realizada entre Salinidade média (%) e ICE médio para o conjunto de pontos do rio Papaquara.



A partir da figura 29, é possível inferir que para o rio Papaquara, existe uma relação positiva entre o ICE e a Salinidade, pois, quanto maior o valor da salinidade, maior foi o valor do ICE. A equação da reta apresenta um $R^2 = 0,75$. Apesar deste valor, esse resultado não mostra confiabilidade, devido ao número reduzido de pontos utilizados para a construção da reta. Mas, expressa que pode haver influência da salinidade no valor do ICE, e que necessita de futuras coletas de amostras de água e análises do ICE para confirmar esta relação.

5.5 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NOS VALORES DO ICE.

Segundo o INMET o valor da média histórica para normais climatológicas da região para precipitação acumulada é 1544 mm/ano, para o período de 1981-2010.

A tabela 7 apresenta a precipitação acumulada para cada ano, e a mediana dos valores do ICE para a bacia hidrográfica do Ratonés. A partir da tabela 7 é possível identificar que em 2008, 2011 e 2015 houve eventos de precipitação que estiveram bem acima da média histórica para a região. Em 2009 a precipitação acumulada foi bem abaixo da média. Para os outros anos os valores estiveram bem próximo da média.

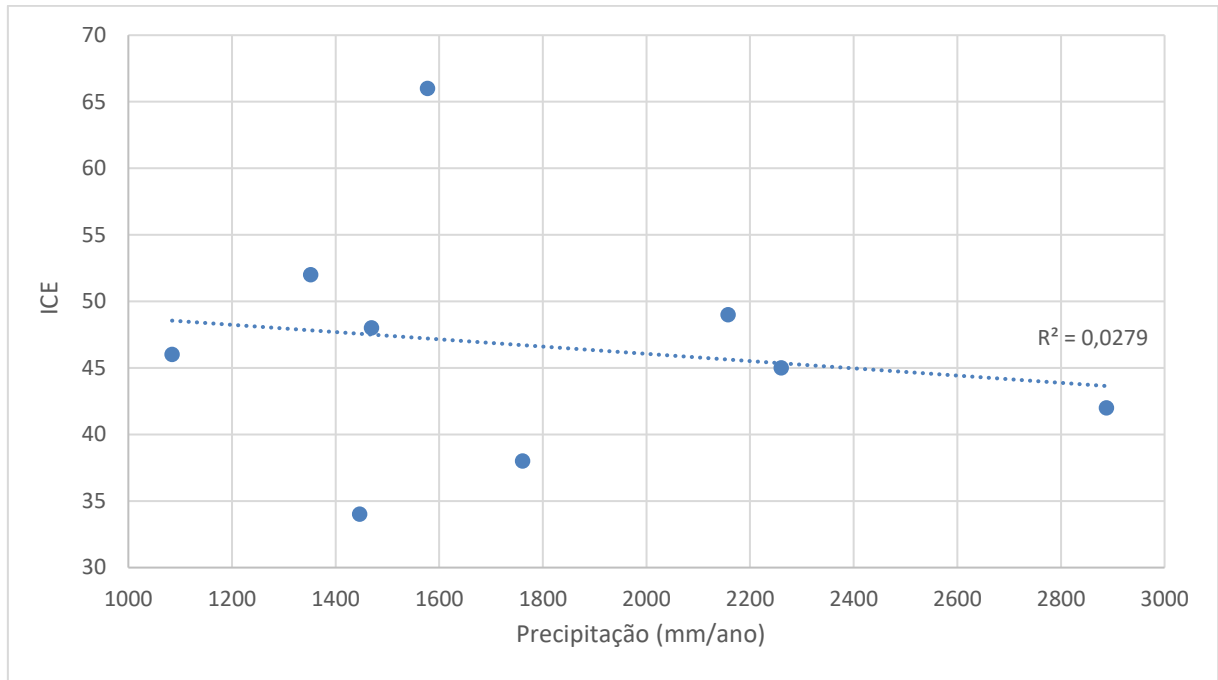
Ao avaliar os valores tabelados, não é possível afirmar que os valores do ICE sofrem influência dos eventos de precipitação em escala anual. Um exemplo disso é o ano de 2008, o ano com o maior volume de precipitação acumulada (2.889 mm/ano), com valor mediano de 42 para o ICE, enquanto que, em 2009, o ano com o menor volume de precipitação acumulada (1.084 mm/ano), a mediana do ICE foi de 46.

Tabela 7: Relação da precipitação acumulada anual (mm/ano) e mediana dos valores de ICE para a BH do Ratonés.

Ano	Precipitação Acumulada (mm/ano)	Mediana Valores ICE
2008	2.889	42
2009	1.084	46
2011	2.260	45
2013	1.577	66
2014	1.352	52
2015	2.158	49
2016	1.761	38
2017	1.447	34
2018	1.470	48

A figura 30 representa a relação dos valores de precipitação acumulada e os valores médios para o ICE. Com desta figura, é possível verificar que não foi encontrada uma relação positiva ou negativa entre o ICE e o volume de chuvas para os anos avaliados da bacia do Ratonés.

Figura 30: Resulta da regressão linear entre mediana do ICE e Precipitação anual acumulada (mm/ano) para a BH do Ratonés.



6 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados no item anterior irão auxiliar na discussão e avaliação dos corpos hídricos deste estudo. Inicialmente, tentou-se encontrar uma relação na qualidade da água dos corpos hídricos com a flutuação populacional temporal (período de alta e baixa temporada).

Segundo Rodrigues (2016) durante o período de veraneio (alta temporada) a população da bacia hidrográfica do Ratonés tem um incremento de 191%, enquanto que na bacia hidrográfica do Saco Grande o aumento é de apenas 32,3%.

Estatisticamente não se obteve uma diferença significativa na qualidade das águas devido ao incremento populacional por conta do turismo nas bacias hidrográficas. Rodrigues (2016) também não encontrou uma relação da qualidade da água com a flutuação da população intra e inter anuais, e sim devido as variáveis físicas e de impermeabilização das bacias do Ratonés e Saco Grande.

Apesar dos resultados aqui obtidos, Cabral *et al.* (2020) relataram que os piores cenários dos corpos hídricos foram encontrados no verão e no outono, associados a entradas de esgoto e impulsionadas pelas chuvas e turismo de massa na bacia do Ratonés.

A análise dos resultados demonstrou a discrepância do monitoramento de ambas as bacias hidrográficas, a bacia do Saco Grande apresenta apenas um ano (2011) de monitoramento, o que dificulta a análise da situação atual, pois quanto mais atual são os dados, mais confiável é a avaliação, e melhor será a tradução da realidade. Enquanto que, a bacia hidrográfica do

Ratones apresenta uma série de dados mais completa englobando os anos de 2008 a 2018, com exceção dos anos de 2010 e 2012, os quais não houve monitoramento.

A bacia hidrográfica do Saco Grande é composta por diversos canais, mas existem três que são considerados os principais corpos hídricos formadores da bacia, sendo estes, o rio do Mel, o rio Pau do Barco e o rio Vadik. Já a bacia do Ratones é composta por três rios principais (Ratones, Papaquara e Veríssimo). Estes rios desaguam na Baía Norte, mas antes disso, eles atravessam o manguezal que está compreendido na Estação Ecológica de Carijós (ESEC), um importante refúgio da biodiversidade marinha e costeira na Ilha de Santa Catarina.

A morfologia da bacia do Saco Grande é bastante íngreme, os corpos hídricos são pouco extensos e apresentam baixas vazões, os exutórios estão localizados na Baía Norte e encontram-se em uma região de manguezal, a qual é estabelecida como Unidade de Conservação. A bacia do Ratones é uma bacia grande (92 km²) e extensa, com baixas declividades e com bastante modificação nos canais de drenagem. A dinâmica das águas nas bacias é influenciada pelo mar, seja pela entrada de água salina ou pelo efeito de maré sem que haja alteração da salinidade do sistema (RODRIGUES, 2016).

Segundo Lopes (2020) em 2013 a bacia hidrográfica do Saco Grande apresentava 16% de sua área como sendo área urbana, com alto adensamento populacional (5.560 pessoas.km⁻²), representando uma densidade populacional de 230% maior em relação a bacia do Ratones (RODRIGUES, 2016). Na bacia do Ratones, Lopes (2020) constatou um percentual de urbanização de 12,25%, para o ano de 2013, com uma taxa de crescimento da população fixa de 6,3% ao ano, cerca de 3x superior ao crescimento da bacia do Saco Grande e do município de Florianópolis (RODRIGUES, 2016), ao contrário da bacia do Saco Grande, esta bacia apresenta uma baixa densidade populacional.

Schueler et al. (2009) classificaram (fig. 1) o impacto da urbanização nos corpos hídricos presentes em bacias hidrográficas de acordo com o percentual de urbanização, segundo a classificação dos autores, os corpos hídricos de ambas as bacias estariam classificados como impactados, ou seja, tendem a apresentar sinais claros de degradação, com a qualidade da água variando de boa à ruim.

Na análise dos resultados relativos à conformidade dos parâmetros em relação a CONAMA 357/05 para rios de água doce, classificados na Classe 2, observou-se que cerca de 45% dos parâmetros monitorados na bacia do Saco Grande encontravam-se em desacordo com a legislação. Ao avaliar os parâmetros da bacia hidrográfica do Ratones observa-se um grande

volume de dados de qualidade da água (5.315), desse total, mais de 1/3 (1.829) estiveram em desacordo.

Os principais parâmetros que estiveram em desacordo para a bacia do Saco Grande estão relacionados com o lançamento de efluentes domésticos brutos (OD (52%), DBO_{5,20} (35%), PT (81%) e o CT (100%)), vale citar que não houve monitoramento de parâmetros relacionados ao Nitrogênio no período avaliado, esses parâmetros que estiveram frequentemente fora dos padrões estabelecidos indicam um incremento de matéria orgânica e nutrientes nos corpos hídricos da bacia, provavelmente pelo lançamento de efluentes domésticos irregulares (VON SPERLING, 2014).

A situação da bacia do Ratoles é parecida com a do Saco Grande, a figura 12 apresentou a relação do total de parâmetros e o percentual dos parâmetros que estiveram em desacordo, com o auxílio desta figura, é possível identificar que os principais parâmetros em desacordo estão relacionados com o despejo de efluentes domésticos (OD (64%), DBO_{5,20} (68%), PT (72%), NO₂ (27%), NH₄ (19%) e CT (53%)), representando um aporte alto na concentração de matéria orgânica nos corpos hídricos da bacia.

O principal efeito ecológico da poluição orgânica em corpos hídricos é a redução da concentração de OD disponível, as bactérias utilizam o oxigênio presente no meio para processos respiratórios durante a estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2018). Esse efeito foi observado na bacia do Ratoles e do Saco Grande, onde 64% e 52% das amostras de OD estiveram abaixo do limite mínimo (5 mg/L de O₂), respectivamente, e com a relação dos outros parâmetros (ex: DBO_{5,20} (68%) e PT (72%)), é possível afirmar que foi devido à contaminação por cargas orgânicas.

Segundo o Diagnóstico do Esgotamento Sanitário de Florianópolis, realizado em 2019, a bacia do Saco Grande conta com uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), essa ETE foi projetada para tratar uma vazão média diária de 10,20 L/s, o sistema é composto por: Tratamento Preliminar, Tratamento Secundário e Desinfecção. Este sistema foi implementado no ano de 2006 na bacia e atende uma população de apenas 2.846 habitantes com aproximadamente 560 ligações prediais, e para o dezembro de 2019 a ETE tratou uma vazão média diária de apenas 3,89 L/s (PMISB, 2021), indicando uma baixa cobertura da rede coletora para a bacia.

A exemplo da bacia do Saco Grande, a bacia do Ratoles apresenta baixo percentual de atendimento de sistemas de esgotamento sanitário. O rio Papaquara, um dos rios principais da bacia, recebe o lançamento de efluentes tratados provenientes da ETE de Canasvieiras, esses

efluentes percorrem um canal artificial de drenagem por aproximadamente 1.600 m até desaguar no rio Papaquara (RODRIGUES, 2016).

Apesar de existir sistemas de esgotamento nas bacias, são limitados e insuficientes, vide os dados apresentados do diagnóstico do esgotamento em Florianópolis, somado com as baixas vazões dos corpos hídricos, resulta em concentrações de nutrientes elevadas, contaminação bacteriana e diminuição nas concentrações de oxigênio, gerando impactos negativos para o ambiente (RODRIGUES, 2016).

A relação dos parâmetros em desacordo encontrada para os rios que compõem a bacia do Saco Grande reflete nos resultados obtidos para o cálculo do ICE. Os valores de ICE calculados para verificação do atendimento ao enquadramento para os corpos hídricos da bacia confirmaram o impacto das ações antropogênicas, vide os principais parâmetros em desacordo. O ICE variou de 20 a 30, sendo classificado na pior classe de atendimento a conformidade, como *Não Conforme*, indicando que a maioria ou a totalidade das medições estão violando os limites estabelecidos pela classe de enquadramento vigente.

Os resultados dos parâmetros foram refletidos no cálculo do ICE, assim como foi para a BH do Saco Grande, e é possível observar através dos resultados apresentados nas figuras 19 e 20. É perceptível que a situação dos corpos hídricos é preocupante, os valores medianos do ICE para a última década tem confirmado isso, em sua maioria foram classificados como *Afastados*, e alguns anos como *Não Conforme*, com apenas um ano variando até a valores aceitáveis. Quando o olhar é voltado para os corpos hídricos na bacia é possível identificar que os dados estão distribuídos principalmente entre os rios principais. O resultado dos corpos hídricos reflete a avaliação realizada para a bacia ao longo dos anos, com os corpos d'água classificados como *Afastado e Não Conforme*.

Segundo a CONAMA 357/05 corpos hídricos com salinidade superiores a 0,5% devem ser considerados como salobras, e devem ser enquadrados de acordo com a salinidade. Neste trabalho, buscou-se identificar a influência da salinidade nos pontos monitorados, os principais locais com essa influência foram na BH do Ratonés, principalmente nos locais próximo à foz dos rios e na região de manguezal, com locais apresentando salinidade média variando de 2,7 % até 16% para o rio Papaquara, e 11,7% a 12,5% para o rio Ratonés.

Para a bacia do Ratonés não foi encontrada uma relação linear ($R^2 = 0,201$) e positiva entre a salinidade e o ICE, com valores dispersos entre os pontos. Já para o rio Papaquara, inserido na bacia do Ratonés, foi possível observar uma relação ($R^2 = 0,753$), pois quanto maior foi o valor da salinidade, maior foi o valor calculado para o ICE. Entretanto, devem ser realizada

outros tipos de relações para buscar entender essa relação, devido ao número reduzido de pontos (4) avaliados.

Na tentativa de encontrar outras relações, buscou-se observar a relação da mediana dos valores do ICE com a precipitação acumulada anual para a bacia hidrográfica do Ratonés. Através da análise dos dados não foi possível encontrar tal relação. Para determinar a influência da precipitação na bacia se faz necessário outras análises e verificações, por exemplo, relacionado aos parâmetros.

Na busca de uma compreensão melhor da dinâmica das águas no interior da BH do Ratonés, devido as diferentes influências exercidas sobre corpos hídricos que compõe a bacia, será realizada uma discussão relativa a alguns cursos d'água, sendo eles o rio Papaquara, o rio Ratonés e o canal de drenagem denominado como Canal das Algas.

Rodrigues (2016) indicou que a bacia do rio Papaquara tem 32,3 km², com um nível de 18,8% de área urbana, apresentado 38% de rede coletora de esgoto. O rio Papaquara apresentou o maior volume de dados (2.796) da bacia, representando mais da metade dos dados disponíveis para a bacia do Ratonés, e deste total, 41% estiveram em desacordo com a legislação. Os principais parâmetros em desacordo foram relativos à contaminação por matéria orgânica e despejos domésticos (OD (80%), a DBO_{5,20} (64%), o PT (88%), NO₂ (33%), NH₄ (35%) e o CT (73%)), evidenciando a insuficiência da rede coletora, bem como, do impacto da área urbana nos corpos hídricos.

Os valores determinados para o ICE reforçam o cenário dos parâmetros, indicando que historicamente a condição da qualidade da água vem sofrendo impactos negativos, este corpo hídrico apresentou 12 pontos de monitoramento, com níveis distintos da influência urbana, o valor mediano do índice esteve enquadrado como *Não Conforme*, em 8 de 9 anos avaliados, sendo o ano de 2013 o único com valor mediano classificado na faixa intermediária de qualidade (*Afastado*). É possível afirmar que os pontos localizados entre P2 e P9 (região central da sub-bacia do papaquara) estão classificados como *Não Conforme*, e são os pontos que recebem a maior contribuição antropogênica da sub-bacia, o ponto P1 (localizado em uma região a montante da contribuição antropogênica) é o ponto com os melhores valores de ICE de forma geral. Os pontos P10, P11, P12 são os pontos que apresentam maior variabilidade, flutuando de valores *Não Conforme* e *Conforme*, mas apresentam valores medianos classificados como *Afastado*.

É válido salientar que o rio Papaquara recebe o lançamento de efluentes tratados provenientes da ETE de Canasvieiras, localizado entre os pontos P5 e P7, os quais apresentaram

valores medianos de ICE variando de 32 a 48, indicando que a maioria dos parâmetros estão violando os padrões de enquadramento estipulados pela legislação vigente.

Rodrigues (2016) quantificou a concentração dos parâmetros no lançamento de efluentes tratados da ETE no rio Papaquara, e segundo ele, por mais que os parâmetros estejam de acordo com a legislação, o volume lançado resulta em uma elevada carga de nutrientes e matéria orgânica, superando a capacidade de autodepuração do corpo hídrico, e indo de encontro com o que foi determinado através das análises dos parâmetros e do ICE. Ainda segundo o autor, ao longo do ano de 2015 a ETE superou em 55% as vazões de projeto, indicando que na época a estação já estava subdimensionada, sendo um problema crônico para as águas do rio Papaquara.

A bacia do rio Ratonos apresenta uma área de 35,2 km², com 8,4% de área urbana, e não apresenta rede coletora de esgoto (RODRIGUES, 2016). Pagliosa (2004) constatou a influência negativa da dinâmica urbana para o rio Ratonos, seu curso natural foi desviado para que fosse possível drenar áreas alagáveis, com um grande canal retificado tornando-se via de fluxo das águas, além de encontrar teores elevados de silicato. Segundo Fidelis (1998) essas intervenções nos cursos naturais reduziram a profundidade média e a extensão dos rios.

Apesar de ser o rio principal da bacia, apresenta um número reduzido de amostras, quando comparado ao seu afluente, o rio Papaquara. Para este corpo hídrico foram monitorados 10 pontos, e registradas apenas 853 amostras, e desse total, 209 estiveram em desacordo. A relação dos principais parâmetros em desacordo segue a tendência da bacia (a DBO_{5,20} (73%), o PT (42%), e CT (39%)), indicando uma contaminação por matéria orgânica e nutrientes, provavelmente, um indicio da falta de cobertura da rede coletora de esgotamento sanitário.

Na avaliação da distribuição de dados para o rio Ratonos ao longo dos anos, é possível verificar a falta de continuidade no monitoramento do corpo hídrico, havendo buracos na série de dados (ex: entre 2015 e 2018, houve monitoramento apenas em 2015 e 2018). Ao longo dos anos, os dados estiveram majoritariamente concentrado na faixa de classificação de *Afastado*, com valores medianos variando de 46 a 69. Ao verificar a distribuição do ICE nos pontos, verificou-se que a melhor condição foi encontrada para R1, região de nascente e pouco antropizada, os piores valores (R5, R6 e R7) foram encontrados na região com maior influência da área urbana.

Avaliando a resposta do índice, em conjunto com a situação dos parâmetros e a falta de rede coletora para o rio Ratonos, é possível inferir que a principal fonte de poluição é proveniente do lançamento de efluentes *in natura*. Essa análise corrobora com a análise realizada

anteriormente pelos seguintes autores: Pagliosa (2004), Fuzinato (2009), Parizotto (2009) e Rodrigues (2016) para o rio Ratonos.

O Canal das Algas, apresenta um total de 1.281 amostras, com 29% em não conformidade, e observou-se que três parâmetros estão frequentemente em desacordo, sendo eles, o OD (63%), a DBO_{5,20} (76%) e o PT (63%). Como visto anteriormente, estes parâmetros estão relacionados com a contaminação via efluentes domésticos, os quais aumentam a carga de matéria orgânica e nutrientes, reduzindo assim, o oxigênio dissolvido na água através do processo de respiração dos microorganismos.

Este canal apresenta apenas 2 pontos de monitoramento, e tem uma série de dados coletados desde 2011, com exceção de 2012. Os valores obtidos para o ICE ao longo dos anos demonstram que este corpo hídrico apresenta pouca flutuação na qualidade da água, variando de 48 a 70, sendo que todos os anos foram classificados como *Afastados*. Os dois pontos monitorados também não apresentaram grandes flutuações dos valores obtidos, refletindo a análise realizada para a série de dados ao longo dos anos, e estando sempre na faixa de classificação de *Afastado*.

Conclui-se que a análise dos corpos hídricos separadamente segue o mesmo padrão encontrado para a bacia hidrográfica do Ratonos como um todo, os principais parâmetros em desacordo se repetem e indicam uma contaminação crônica por fontes pontuais e difusas por matéria orgânica e nutrientes, e provavelmente estão associadas aos baixos níveis de saneamento, a ocupação urbana e o adensamento populacional sem planejamentos prévios.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo buscou realizar uma avaliação da condição de cumprimento do enquadramento estabelecido para os corpos hídricos presente nas bacias hidrográficas do Ratonos e do Saco Grande, através da aplicação do ICE, e da avaliação da qualidade das águas em consonância com a resolução CONAMA 357/2005. A aplicação do método ICE apresentou-se promissora, e os resultados reafirmaram o que já havia sido determinado por outros autores que estudaram a área anteriormente: as condições das duas bacias são críticas no tocante da qualidade de água, e conseqüentemente, ao enquadramento, visto que o índice utiliza os padrões impostos através da referida resolução.

A metodologia do ICE é de fácil aplicação e possibilita a avaliação por diversas perspectivas, de acordo com o interesse do usuário, pois a única premissa do método é que se tenha 4 parâmetros disponíveis e eles estejam referenciados em alguma normativa para que seja

possível aplica-lo. Os resultados obtidos neste estudo foram adequados e corroboram com outros autores.

As águas das duas bacias estão majoritariamente enquadradas como *Não Conforme e Afastado*, ou seja, os parâmetros de qualidade da água estão em sua maioria ou frequentemente fora dos padrões estabelecidos na legislação, e isso foi confirmado com a análise dos parâmetros.

Os principais parâmetros em desacordo em ambas as bacias indicam uma frequente contaminação dos corpos hídricos por matéria orgânica e nutrientes, e com base nos usos das bacias, é correto afirmar que a fonte de contaminação é proveniente da entrada de efluentes domésticos *in natura*, e no caso do rio Papaquara, efluentes provenientes da ETE de Canasvieras, a qual está subdimensionada.

Vale salientar que o enquadramento vigente para as duas bacias é classe 2 para rios de água doce. Entretanto, por ser uma região costeira, com influência direta do oceano, a entrada de salinidade é evidente e influencia a dinâmica das águas nas bacias, e em alguns pontos sendo até considerados como água salobras, segundo a resolução CONAMA 357/05, o que alteraria o enquadramento da mesma, e conseqüentemente os parâmetros de qualidade da água.

Outro ponto interessante a ser considerado, é o contexto que as bacias estão inseridas, pois ambas apresentam em sua foz uma região de manguezal protegidas pela Estação Ecológica de Carijós, uma variação dos tipos de Unidades de Conservação (UC) Federal, sendo bem restritiva em relação aos usos no interior da unidade, devido ao grau de importância ecológica que a região tem no ecossistema local. E como os rios que compõe as bacias drenam suas águas para a UC, estas regiões não estão totalmente livres da dinâmica urbana no seu entorno. E este fato foi evidenciado neste estudo, em que a dinâmica da ocupação urbana tem impactado diretamente a qualidade das águas da UC, sendo que esta UC representa a maior reserva de manguezal no seu limite de distribuição geográfica na costa Atlântica da América do Sul. Como a UC não engloba toda a bacia hidrográfica que está inserida, os impactos na UC são mais difíceis de serem controlados. Por exemplo, a maior parte dos rios e canais presente na bacia não estão dentro do limite da UC, limitando as ações dos gestores da unidade.

Ainda, a Resolução CONAMA 357/05 classifica as águas que são destinadas “à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral” como sendo águas de Classe Especial, as quais, não existem padrões de qualidade de água para os parâmetros. Visto que ambas as bacias abrangem a UC, fica evidente que é necessário repensar o enquadramento dos

corpos hídricos das mesmas, e os gestores devem adequar seus planejamentos e suas ações à realidade que estão inseridos, a fim de garantir à destinação prevista na resolução CONAMA 357/2005. O enquadramento atual para a Classe 2, é pouco restritivo, e, mesmo assim, a situação dos corpos hídricos é bem preocupante, sendo um problema crônico, que vem ocorrendo ao longo dos últimos anos. Portanto, é difícil imaginar um cenário positivo, se a situação continuar dessa forma.

Por fim, a Bacia Hidrográfica deve ser pensada como uma unidade de gestão territorial, e não simplesmente como uma titulação, as ações devem ser pensadas para adequar-se aos usos mais exigentes que as bacias demandam.

Para estudos futuros, sugere-se, a ampliação do monitoramento das bacias, com a formulação de um plano de monitoramento incluindo os principais corpos hídricos formadores das mesmas, com no mínimo três pontos de monitoramento por rio (um próximo a nascente, outro no meio da bacia, e um mais próximo a foz) para a verificação efetiva da influência urbana na dinâmica das águas, e os pontos onde devem ocorrer intervenções e fiscalizações. A sugestão de parâmetros são: salinidade, pH, OD, DBO_{5,20}, Fósforo, Nitrogênio, Turbidez, Coliformes Termotolerantes, a inclusão de parâmetros relativos a metais e outros componentes inorgânicos, para tentar identificar outras fontes de poluição, que não estejam associadas aos efluentes domésticos. Outro ponto interessante para se pensar, é o registro do horário de coleta das amostras, anotações sobre o clima no momento da amostragem, permitindo assim, a análise da influência da precipitação que precedeu a coleta (em escala horária). Como este índice é flexível com a entrada de parâmetros e dos limites padronizados na legislação, as análises podem ser divididas entre água doce e águas salobras para a porção que estiver com salinidade acima do limite proposto para água doce, e posteriormente verificada junto aos padrões para o enquadramento que ao qual se encaixa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. A.. **Estudo Comparativo entre os Métodos IQANSF e IQACCME na Análise da Qualidade da Água do Rio Cuiabá**. 2007. 94p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, MT, 2007. Disponível em:

<<http://www.pgfa.ufmt.br/index.php/br/utilidades/dissertacoes/95-alaide-alves-de-almeida/file>

> Acesso: 30 set. 2020.

AMARO, C. A.. **Proposta de um Índice para Avaliação de Conformidade da Qualidade dos Corpos Hídricos ao Enquadramento**. 2009. 224 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-11082009-121147/pt-br.php>

> Acesso: 30 set. 2020.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012**. 2012. 264p. Agência Nacional de Águas, Brasília, 2012.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. 2013. 432p. Agência Nacional de Águas, Brasília, 2013.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual**. 2018. 72p. Agência Nacional de Águas, Brasília, 2018.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Enquadramento dos corpos d'água em classes**. 2020. 57p. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília, 2020.

ANA - Agência Nacional das Águas: **Portal de qualidade das águas online** <<https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/planejamento-dos-recursos-hidricos/planejamento-dos-recursos-hidricos-do-pais>> Acesso em: 27/05/2020.

ASHBY, M. F.. **Engenharia Ambiental: Conceitos, tecnologia e gestão**. CALIJURI, M. do C. & CUNHA, DGF (coordenadores). Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BARBOSA, C.C.F.; NOVO, E. M.; MARTINS, V. S.. **Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: princípios e aplicações**. 1º edição. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. 161p. 2019.

BRENTANO, D. M.; RODIGUES, C. J. ; FONSECA, A. L. D.. **A qualidade hídrica em unidade de conservação de proteção integral: o que é prioritário proteger?.** In: XIV Congresso Brasileiro de Limnologia, 2013, Bonito/MS. XIV CBL - Águas Brasileiras: Conservação Gestão e Sustentabilidade. Bonito/MS, 2013.

BORTOLIN *et al.*,. **Avaliação do Índice de Conformidade ao Enquadramento em um trecho da Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos**. 2013. 8p. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, RS. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005. Disponível em: <
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 06 outubro, 2020.

BRASIL. Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a política nacional de recursos hídricos e cria o sistema de gestão de recursos hídricos**. Brasília, 1997. Disponível em <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19433.htm> Acesso em: 06 outubro, 2020.

CABRAL, A., BONETTI, C. H. C., GARBOSSA, L. H. P., PERREIRA-FILHO, J., Besen, K., & Fonseca, A. L. **Water masses seasonality and meteorological patterns drive the biogeochemical processes of a subtropical and urbanized watershed-bay-shelf continuum**. Science of The Total Environment. 2020. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141553

CARVALHO, A. P.. **Utilização do Índice de Qualidade da água (iqa–ccme) para verificação de conformidade ao enquadramento no Ribeirão São João em Porto Nacional – TO**. 2017. 88p. Dissertação (Mestrado Profissional – Recursos Hídricos). Curso de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Ambiental, Câmpus Universitário de Palmas, Universidade Federal do Tocantins. Palmas. TO, 2017.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das Águas Salinas e Salobras no Estado de São Paulo 2013**. 2º Parte do relatório de águas superficiais. Série Relatórios. [recurso eletrônico] / CETESB. São Paulo, 2014. Disponível em: <
<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/relatorio-aguas-superficiais-2013-parte2.pdf>>

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F.. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2013. 350p. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2013.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment (2017). **Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index User's Manual 2017 update**. In: Canadian environmental quality guidelines, 2017, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

FIDÉLIS FILHO, N. L. **Uma abordagem sobre as profundas modificações na morfometria fluvial da bacia hidrográfica do rio Ratonés – Florianópolis, SC, num período de quarenta anos e suas consequências**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Florianópolis/SC, 1998.

FREITAS, A. M. V. **Efeito de eventos meteo-oceanográficos na qualidade da água e no transporte de materiais em um pequeno estuário subtropical**. Florianópolis/SC, 2020.

51 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais) - Universidade Federal de Santa Catarina.

FUZINATTO, C. F.. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água.** 2009. 245p. Dissertação (Mestrado – Toxicologia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. SC, 2009.

GOMES, G. A. **Qualidade da água e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Papaquara, Florianópolis.** 2010. 23p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina.

HIGASHI, R. A. R. **Metodologia de Uso e Ocupação dos Solos de Cidades Costeiras Brasileiras Através de SIG com Base no Comportamento Geotécnico e Ambiental.** 2006, 486p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Infraestrutura e Gerência Viária). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

IBGE - Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil / IBGE, Diretoria de Geociências. - Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 176p. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv55263.pdf> >

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Processo Administrativo n. 02127.000487/2010-18.** Interessado: Habitasul Jurerê Internacional. Assunto: Autorização de dragagem canal Av. das Algas. 2010

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013: resumo executivo / Instituto Mineiro de Gestão das Águas.** Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2014. 68p. Disponível em: < http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/qualidade_aguas/2014/resumo-executivo-2013.pdf > Acesso: 30 set. 2020.

JI, Z. **Hydrodynamics and water quality: modeling rivers, lakes, and estuaries.** John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 2008.

LOPES, M. **A evolução urbana da Ilha de Santa Catarina e sua influência na hidroquímica e pressão de CO₂ de riachos subtropicais.** Orientador, Mauricio Petrucio, coorientador, Nei Leite, 2020. 91 p. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Ecologia, Florianópolis, 2020.

MEMC - **Manual de ecossistemas: marinho e costeiros para educadores /**

organização Cynthia Gerling et al. – Santos, SP: Editora Comunicar, 2016. Vários autores. Disponível em: <
<https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/ManualEcosystemasMarinhoseCosteiros3.pdf>>

NICOLODI, J. L.; ZAMBONI, A.; BARROSO, G. F. **Gestão integrada de bacias hidrográficas e zonas costeiras no Brasil: implicações para a Região Hidrográfica Amazônica**. Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management, 2009, 9.2: 9-32.

EPAGRI -Empresa de Pesquisa Agropecuária - **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Pandolfo et al. 2002. CD-Rom.

PAGLIOSA, R. P. **Variação espacial nas características da água, dos sedimentos e da macrofauna bentônica em áreas urbanizadas e em unidades de conservação na Baía da Ilha de Santa Catarina**. São Carlos: UFSCar, 2004. 100p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 2004.

PARIZOTTO, M. D. A. B. **Qualidade Da água sob enfoque do balanço de nutrientes e distribuição espacial de foraminíferos bentônicos em estuários das baías norte e sul de Santa Catarina (SC-Brasil)**. Orientadora: Dra Carla Van der Haagen Custodio Bonetti. Tese (Doutorado). Área de concentração: Utilização e Conservação dos Recursos Naturais. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

PMF – **ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE FLORIANÓPOLIS** - Secretaria Municipal de Infraestrutura – Superintendência de Habitação e Saneamento – Diretoria de Saneamento. 2019.

PMF – **PLANO MUNICIPAL INTEGRADO DE SANEAMENTO BÁSICO (PMISB)** – Versão Preliminar – Secretaria Municipal de Infraestrutura – Superintendência de Habitação e Saneamento – Diretoria de Saneamento. 2021.

PORTO, M. F.; PORTO, R. L. L.. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos avançados, 2008, 22.63: 43-60.

RODRIGUES, C. J. **Águas de Carijós : Passado, Presente, Futuro e seus Impactos**. Orientadora: Alessandra Larissa D'Oliveira Fonseca ; coorientador, Davide Franco. - Florianópolis, SC, 2016. 153 p. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais.

RODRIGUES, C. J.; FRANCO, D.; FONSECA, A. L. O.; LEITE, N. K.; GARBOSSA, L. H. P.; SILVA, A. R. **Change in the dynamics of salinity and water quality of an island estuary by the discharge of effluents.** RBRH, *no prelo*.

SCHERER, M., SANCHES, M., NEGREIROS, H.D.. **Gestão das Zonas Costeiras e as Políticas Públicas no Brasil: um diagnóstico**, Barragán Muñoz, J.M. (coordenador). Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de Cambio. Red IBERMAR (CYTED), Cádiz, 291-331. 2010

SCHUELER, T. R.; FRALEY-MCNEAL, L.; CAPPIELLA, K. **Is impervious cover still important? Review of recent research.** Journal of Hydrologic Engineering, 2009, 14.4: 309-315.

SILVA, A. R.; KNISS, D. C.; RIGOTTI, J. A.; FONSECA, A. L. D.. **Aplicação do modelo TRIX para avaliação da qualidade da água dos rios que drenam para Estação Ecológica de Carijós, Florianópolis, SC, Brasil.** In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

SILVA, A. R. **Avaliação da qualidade ambiental e do processo de eutrofização na bacia hidrográfica do Papaquara, Ilha de Santa Catarina, SC.** Florianópolis/SC, 2015. 123 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, A. R.; FONSECA, A. L. D.; RODRIGUES, C. J.; BELTRAME, A. V. **Application of ecological indicators in coastal watershed under high pressure during summer period.** RBRH, v. 21, n. 3, p. 537-548, 2016.

SILVA, M. T. L. **Adaptação e aplicação do índice de conformidade ao enquadramento (ICE) de curso d'água.** 2017. 98p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Recursos Hídricos). Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. MG, 2017.

SILVA, A. R.. **Avaliação do Processo de Eutrofização das Águas Superficiais, do Cenário Nacional ao Local: Estudo de Caso nas Bacias Hidrográficas Costeiras dos Rios Ratonés, Itacorubi e Tavares (Ilha de Santa Catarina, Brasil).** 2019. 309p. Tese (doutorado em Geografia). Centro de Filosofia e Ciência Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos: **Atlas de Esgoto: Despoluição de Bacias Hidrográficas (2013).** Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>. Acesso em: 23/01/2021.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Carlo E. M. Tucci, Juan Carlos Bertoni (organizadores). Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 2003.

VITORETTE, T. B. V. D. **Avaliação da Qualidade da Água do entorno da ESEC Carijós: Rio Papaquara, Município de Florianópolis/SC**. 2008. Iniciação Científica. (Graduando em Curso Técnico de Meio Ambiente) - Instituto Federal de Santa Catarina, Ministério do Meio Ambiente.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2º ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 592p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4º ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012. 2º reimpressão, 2018. 472p.

Ponto	2011												
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
P1													
P2													
P3													
P4													
P5													
P6													
P7													
P8													
P9													
P10													
P11													
P12		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo							pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo				
R1													
R2													
R3													
R4													
R5													
R6													
R7													
R8													
R9													
R10		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo							pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo		
R11													
V1													
V2													
V3		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo							pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo		
CAM						pH, OD, DBO, PT, NO3, NH4, Tu, Col. Termo							
CAJ		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo						pH, OD, DBO, PT, NO3, NH4, Tu, Col. Termo					
CJM		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo							pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo				
D		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo							pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo				
XV		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo							pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo				
Palha													
PB		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo									pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo		
RM		pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo							pH, OD, DBO, PT, Tu, Col. Termo				
CG		pH, OD, DBO, PT, Col. Termo							pH, OD, DBO, PT, Col. Termo		pH, OD, DBO, PT, Col. Termo		
Vadik		pH, OD, DBO, PT, Col. Termo							pH, OD, DBO, PT, Col. Termo		pH, OD, DBO, PT, Col. Termo		

