

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

Marcos Aurélio Machado

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CRESCIMENTO POPULACIONAL
NA BALNEABILIDADE DA LAGOA DA CONCEIÇÃO,
FLORIANÓPOLIS-SC**

Florianópolis

2019

Marcos Aurélio Machado

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CRESCIMENTO POPULACIONAL NA
BALNEABILIDADE DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, 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 Engenheiro Sanitarista e Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Davide Franco

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Machado, Marcos Aurélio

Avaliação da influência do crescimento populacional na
balneabilidade da Lagoa da Conceição, Florianópolis-SC /
Marcos Aurélio Machado ; orientador, Davide Franco, 2019.
50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Lagoa da
Conceição. 3. Crescimento populacional. 4. E Coli. 5.
Balneabilidade. I. Franco, Davide. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental. III. Título.

Marcos Aurélio Machado

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CRESCIMENTO POPULACIONAL NA
BALNEABILIDADE DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, 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 de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Local: 03 de Dezembro de 2019.



Documento assinado digitalmente
Maria Elisa Magri
Data: 13/12/2019 16:38:29-0300
CPF: 044.011.369-50

Prof.^a Maria Elisa Magri, Dr.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Davide

Franco:0039

3200906

Assinado de forma
digital por Davide
Franco:00393200906
Dados: 2019.12.13
15:26:11 -03'00'

Prof.^a Davide Franco, Dr.
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Patrícia Kazue Uda Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Priscilla Kern. MSc.

Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado especialmente aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por terem me educado e dado as condições necessárias para que esse sonho fosse concretizado.

Ao meu amigo Dudu por tantos momentos compartilhados ao longo dessa vida.

Aos meus amigos da 13.1, sem vocês esses sete anos não teriam sido os mesmos, muito obrigado por todo momento de apertos e alegrias.

Aos tripulantes da embarcação LaHiMar que me proporcionaram um crescimento tão grande pessoal e academicamente. Em especial o Prof. Dr. Davide Franco juntamente com a Prof. Patrícia, por me acolherem com tanto carinho e repassarem um pouco do conhecimento de vocês, muito obrigado mestres. A Pri e ao Leo por sempre estarem disponíveis para ajudar, obrigado pelo apoio e cafés passados.

Ao meu chefe Guilherme, por todo apoio e compreensão nos momentos de dificuldade diante da realização desse trabalho.

Aos membros da banca pela atenção, disponibilidade e flexibilidade.

Aos meus amigos de intercâmbio, vocês também fazem parte dessa história.

E a todos que participaram de maneira direta ou indiretamente dessa caminhada, gratidão!

RESUMO

A Lagoa da Conceição constitui um dos sistemas lagunares mais importantes do Brasil e está localizada na Ilha de Santa Catarina. Este ambiente estuarino é de grande preocupação local devido os seus usos múltiplos, como pesca, turismo, navegação e recreação. Monitoramentos contínuos da Fundação do Meio Ambiente (FATMA) na laguna ao longo dos anos apontam uma variação dos aos índices de qualidade da água nos pontos de análise. Junto a isso, a população nos distritos que compõem a Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição (S. J. do Rio Vermelho, Barra da Lagoa e Lagoa da Conceição) vêm crescendo de maneira extremamente acelerada, aumentando ainda mais o aporte de efluente no corpo lagunar. O presente trabalho busca avaliar a influência do crescimento populacional na BHLC e as consequentes alterações na qualidade da água da Lagoa da Conceição com relação a sua balneabilidade. Um modelo logístico de crescimento foi implementado utilizando dados populacionais obtidos pelo IBGE e IPUF dos censos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010, efetuando o ajuste da curva com relação aos dados, obtendo-se o ponto de inflexão, capacidade de suporte e a taxa de crescimento para cada distrito. Através das imagens do satélite IKONOS, adquiridas pelo Laboratório de Hidráulica Marítima (LaHiMar), foram gerados mapas de uso e ocupação do solo para os anos de 2001 e 2010, evidenciando as manchas urbanas. Com isso, foi possível redistribuir a população dentro de cada sub-bacia da área de estudo e aplicar o modelo logístico referente ao distrito que estão inseridas. Isso permitiu identificar melhor a dinâmica populacional dentro da bacia e estimar o aporte de afluente nos pontos de análise da FATMA. Junto a isso, foram utilizados dados da Fundação do Meio ambiente compreendidos entre 2000 e 2018 para identificar padrões espaço-temporais das concentrações de *E. Coli* no corpo de água e relacioná-los com a evolução da população na bacia hidrográfica. Fica evidente a influência da ocupação antrópica sobre a balneabilidade da laguna, principalmente nas áreas de grandes concentrações populacionais, onde há um registro relevante de amostras impróprias.

Palavras-chave: Lagoa da Conceição. *E Coli*. Balneabilidade. Modelo de Crescimento Logístico. Distribuição populacional

ABSTRACT

Lagoa da Conceição, one of the most important lagoons in Brazil, is located in Santa Catarina Island. This environment is a major local concern due to its multiple uses, such as fishing, tourism, boating and recreation. The lagoon monitoring data from Fundação de Meio Ambiente (FATMA) shows a water quality variation index in the analysis place. In addition, the districts population inside the Lagoa da Conceição Hydrographic Basin (S.J. do Rio Vermelho, Barra da Lagoa and Lagoa da Conceição) keep rising rapidly, and as a consequence, increasing the anthropic discharge in the lagoon. This study aims evaluate the influence of population growth in the Lagoa da Conceição Hydrographic Basin (BHLC) and the water quality changes in the lagoon. A logistic growth model was implemented using IBGE and IPUF population data of 1970, 1980, 1991, 2000 and 2010 census, adjusting the model curve with the data and obtaining the inflection point, carry capacity and growth rate for each district. The IKONOS satellite images of 2001 and 2010, acquired by the Maritime Hydraulics Laboratory (LaHiMar), were used to create a land cover map for the current study basin for the respective years, emphasizing the urban area. Thus, it was possible to redistribute the population in each sub-basin of the study area and to apply the district logistic model that they were inserted. This distribution processes helped to identify the population distribution inside the basin and estimate a anthropic discharge in the FATMA's local analysis. In addition, data from the Fundação de Meio Ambiente from 2000 to 2018 were used to identify the temporal and special pattern of *E. Coli* concentration in the water and to relate to the evolution of the watershed population. The influence of anthropic occupation on Lagoa da Conceição bathing water quality is evident, especially in areas of large populations, where there is a relevant record of improper samples.

Keywords: Lagoa da Conceição. *E. Coli*. Balneability. Logistic Growth Model. Population distribution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração modelo de transição demográfica.....	23
Figura 2 – Localização da área de estudo.....	25
Figura 3 – Delimitação das 36 sub-bacias.....	26
Figura 4 – Distritos pertencentes a Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.....	27
Figura 5 - Fluxograma de trabalho.....	28
Figura 6 – Localização dos pontos de monitoramento de balneabilidade da FATMA.	30
Figura 7 – Curvas de projeção populacional da bacia hidrográfica e seus distritos individualmente e somados.....	32
Figura 8 – Projeção populacional BHLC x Distritos.....	33
Figura 9 – Manchas Urbanas para os anos de 2000 e 2010.....	34
Figura 10 – Comparação da distribuição populacional por sub-bacia x Distrito.....	36
Figura 11 – Agrupamento dos pontos de análise da FATMA.....	37
Figura 12 – Campo de intensidade da velocidade média.....	38
Figura 13 – Circulação média na laguna central.....	39
Figura 14 – Circulação média na laguna sul.....	39
Figura 15 – Boxplot de cada ponto de monitoramento da FATMA.....	40
Figura 16 – Série temporal de ocorrência de amostras impróprias na baixa temporada por grupo.....	42
Figura 17 – Evolução da carga de <i>E. Coli</i> nas sub-bacias de monitoramento da FATMA.....	43
Figura 18 – Relação entre carga de <i>E. Coli</i> e a frequência de amostras impróprias nos pontos da FATMA.....	44
Figura 19 – Carga de <i>E. Coli</i> produzida na Lagoa da Conceição para os anos de 2001, 2008, 2013 e 2018.....	45
Figura 20 – Modelo de crescimento logístico para o distrito da Lagoa da Conceição.	49
Figura 21 – Modelo de crescimento logístico para o distrito da Barra da Lagoa.....	49
Figura 22 – Modelo de crescimento logístico para o distrito do São João do Rio Vermelho.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de balneabilidade da resolução CONAMA nº 274/2000.	22
Tabela 2 – População por distrito utilizada para cálculo da projeção logística.	28
Tabela 3 - Relação da área de cada distrito dentro da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.	31
Tabela 4 - Valores de capacidade suporte (k) e tempo de inflexão (tm) por distrito.	32
Tabela 5 – Comparação de valores estimados dos Distritos x BHLC.....	33
Tabela 6 – População por sub-bacia.	35
Tabela 7 - Percentual de amostras impróprias e concentração máxima detectável na baixa temporada.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BHLC Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição

E. Coli -Escherichia coli

FATMA Fundação do Meio Ambiente

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPUF Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis

LaHiMar Laboratório de Hidráulica Marítima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1.1	Objetivo Geral	17
2.1.2	Objetivos Específicos	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	INFLUÊNCIA ANTRÓPICA SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO	18
3.1.1	Esgoto Sanitário	18
3.1.2	Impermeabilização	18
3.1.3	Drenagem Pluvial	18
3.1.4	Contaminação dos aquíferos	19
3.2	CONTRIBUIÇÃO DE APORTES SANITÁRIOS	19
3.3	COLIFORMES	20
3.4	BALNEABILIDADE	21
3.5	TRANSIÇÃO DEMOGRÁFICA	22
3.6	PROJEÇÃO POPULACIONAL	23
3.6.1	Modelo Logístico (Verhulst)	23
3.7	GEOPROCESSAMENTO	Erro! Indicador não definido.
4	ÁREA DE ESTUDO	25
4.1	CLIMA	25
4.2	HIDROGRAFIA	26
4.3	DISTRITOS	27
5	MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1	FLUXOGRAMA	28
5.2	POPULAÇÃO	28
5.3	CRIAÇÃO MANCHAS URBANAS E DISTRIBUIÇÃO POR SUB-BACIAS	29
5.4	BALNEABILIDADE	29

6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6.1	POPULAÇÃO POR SUB-BACIA.....	31
6.1.1	Projeção populacional.....	31
6.1.2	Mancha urbana 2001 e 2010.....	34
6.1.3	Estimativa populacional por sub-bacia	35
6.2	ANÁLISE DE BALNEABILIDADE.....	37
6.2.1	Análise espacial.....	37
6.2.2	Análise temporal.....	42
6.3	INFLUÊNCIA POPULACIONAL NA BALNEABILIDADE POR SUB-BACIA ..	43
7	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS	47
	APÊNDICE A – Gráficos da projeção populacional por distrito e suas faixas de erros-padrão.....	49

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional em grandes centros urbanos não reconhece a necessidade de preservação das bacias hidrográficas, ocorrendo supressão da cobertura vegetal, alteração do relevo e impermeabilização do solo (CARRION, 1989). Essa urbanização acelerada próxima a ambientes aquáticos é de grande preocupação devido as conseqüentes alterações na qualidade da água. O aumento do aporte de efluentes sanitários afeta diretamente a balneabilidade, sendo um risco a saúde dos banhistas (CETESB, 2017), além do acréscimo de nutrientes no corpo hídrico.

Segundo dados do IBGE (2010), a população de Florianópolis era de 421.240 habitantes no ano de 2010, um valor oito vezes maior quando comparado ao de 1940, quando havia apenas 46.770 habitantes, representando, ao longo desses 70 anos, uma taxa de crescimento de 3,2% ao ano. Devido ao incremento populacional crescente e significativo ocorrido nas últimas décadas, pensar estrategicamente na cidade tornou-se questão de sobrevivência de todos os negócios em Florianópolis, sejam eles econômicos, sociais ou ambientais (GUARDA, 2010).

A Lagoa da Conceição, localizada na ilha de Santa Catarina, constitui um dos sistemas lagunares mais importantes do Brasil e vem sofrendo uma conseqüente pressão antrópica devido esse aumento populacional excessivo. Como conseqüência disso, a ocupação desordenada juntamente com a falta de estrutura prejudica e impacta a qualidade da água desse corpo hídrico. Segundo O Plano Municipal Integrado De Saneamento Básico, para a Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição a fração da população atendida pela rede de coleta de esgoto sanitário é de 15% (MPB, 2010).

Ao longo dos últimos 20 anos diversos estudos na laguna vêm contribuindo com dados importantes para uma melhor compreensão da evolução dos impactos antrópicos neste ambiente (Fonseca, 2004; Fonseca, 2006; Odreski, 2012). Contudo, a relação desses efeitos com a dinâmica populacional dentro de cada sub-bacia da Lagoa da Conceição ainda representa uma lacuna no conhecimento desta área.

Durante esse período, o Laboratório de Hidráulica Marítima (LaHiMar) utilizou as estimativas populacionais publicados por Campanário (2007), um estudo que trouxe a projeção populacional residente por bairros de Florianópolis de 2000 a 2050, juntamente com a

população flutuante. Hoje, sabe-se que essa projeção está superestimada, resultando em valor de população muito maiores que as observadas.

Devido a isso, para um melhor entendimento dos impactos da urbanização não planejada na Lagoa da Conceição, o presente trabalho busca avaliar a influência do crescimento populacional no entorno da Lagoa da Conceição, aplicando um modelo de projeção logística e buscando entender as conseqüentes alterações na qualidade da água da laguna com relação a sua balneabilidade nos pontos de análise da Fundação do Meio Ambiente (FATMA), de 2000 a 2018.

2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento populacional no entorno da Lagoa da Conceição e as conseqüentes alterações na qualidade da água de 2000 a 2018.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar a dinâmica populacional nas sub-bacias hidrográficas da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição;
- Realizar a análise espaço-temporal da balneabilidade dos pontos amostrados pela FATMA nas sub-bacias;
- Estimar o aumento de carga de E. Coli devido ao aumento da populacional.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INFLUÊNCIA ANTRÓPICA SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

3.1.1 Esgoto Sanitário

A maioria dos rios que atravessam as cidades brasileiras apresentam uma baixa qualidade de água, sendo este um dos grandes problemas ambientais do país. Essa deterioração ocorre porque a maioria das cidades brasileiras não possui coleta e tratamento de esgotos domésticos, lançando-os in natura nos rios (TUCCI et al., 2001). Segundo IBGE (2008), 65% da população do Estado de Santa Catarina não dispõe de rede coletora e apenas 16% dos catarinenses tem seus esgotos domésticos tratados.

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água e a fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos (VON SPERLING, 1995). Devido essa sua composição, quando voltam ao meio ambiente tendem a exercer ações nocivas ao corpo hídrico receptor, resultando em consequências indesejáveis como contaminação microbiológica, eutrofização, aumento da turbidez, maus odores entre outras que tornam a qualidade da água imprópria para diversos usos (CERQUEIRA, 2004).

3.1.2 Impermeabilização

Durante o processo de desenvolvimento urbano acaba ocorrendo uma alteração do ciclo hidrológico natural devido a alteração da cobertura vegetal existente. A vegetação original é substituída por áreas impermeáveis e junto a isso também ocorre a influência da introdução de redes de drenagem pluvial (TUCCI, 2002). As principais alterações do ciclo hidrológico são:

- redução da infiltração no solo;
- aumento do escoamento superficial, pelo acúmulo de água que deixa de infiltrar;
- diminuição do nível do lençol freático por falta de alimentação;
- redução da evapotranspiração.

3.1.3 Drenagem Pluvial

As águas pluviais urbanas são outra grande fonte de poluição dos corpos hídricos. Segundo TUCCI et al. (2001), durante uma cheia urbana a carga poluente da drenagem pluvial pode chegar a até 80% da carga de um esgoto doméstico, devido as ligações clandestinas existentes. TUCCI et al. (2001) ainda afirma que lixo, em conjunto com a produção de sedimentos e com a manutenção e lavagem das ruas, exige procedimentos de combate criativos de baixo custo para se evitar que, no início do período chuvoso, a qualidade dos cursos d'água seja ainda mais deteriorada.

A qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores: limpeza urbana e sua frequência; intensidade da precipitação e sua distribuição espacial e temporal; época do ano e tipo de uso da área urbana. Os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais (TUCCI, 2002).

Tanto os poluentes orgânicos como os inorgânicos carreados pelas águas da chuva podem ter suas origens de diversas maneiras, como a abrasão e desgaste das vias públicas pelo tráfego veicular, atividades de construção, resíduos de combustível, óleos e graxas automotivos, lixo acumulado nas ruas e calçadas, resíduos orgânicos de pássaros e animais domésticos, poluentes atmosféricos, entre outros (BOLLMANN, 2003).

3.1.4 Contaminação dos aquíferos

A contaminação dos aquíferos é um problema que ainda não é bem avaliado no Brasil, mas com o reúso generalizado de fossas e com a implantação de aterros sanitários e de pólos industriais petroquímicos, os aquíferos tenderão a se deteriorar ainda mais (TUCCI, et al., 2001).

Segundo CETESB as principais fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas são: os lixões; aterros mal operados; acidentes com substâncias tóxicas; atividades inadequadas de armazenamento, manuseio e descarte de matérias primas, produtos, efluentes e resíduos em atividades industriais, como indústrias químicas, petroquímicas, metalúrgicas, eletroeletrônicas, alimentícias, galvanoplastias, curtume, etc.; atividades minerárias que expõem o aquífero; sistemas de saneamento “in situ”; vazamento das redes coletoras de esgoto; o uso incorreto de agrotóxicos e fertilizantes; bem como a irrigação que pode provocar problemas de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea; e outras fontes dispersas de poluição.

3.2 CONTRIBUIÇÃO DE APORTES SANITÁRIOS

De uma maneira geral, assume-se que toda a água consumida corresponde ao esgoto produzido (VON SPERLING, 2005), sendo as áreas residenciais e distritos comerciais as principais fontes de efluentes domésticos. O consumo de água pelos habitantes gera uma contribuição de vazão sanitária na bacia.

A fração de esgoto que adentra a rede de coleta acaba variando devido a incorporação de parte dessa água consumida na rede pluvial. Essa fração que adentra a rede de coleta, chamada de coeficiente de retorno (R), possui valores típicos que variam de 40% a 100% (VON

SPERLING, 2005). Segundo Azevedo Netto (1991), recomenda valores de R entre 0,7 a 0,8 para projetos de rede de esgoto no Brasil.

O consumo de água que é um parâmetro importante para estimativa da contribuição de esgoto pode variar dependendo da localidade, devido ao clima da região, disponibilidade de recursos e outros fatores. A contribuição de aportes sanitários é calculada pela seguinte fórmula:

$$Q_{san} = hab \times q_{pc} \times R \quad (1)$$

em que:

Q_{san} = vazão sanitária (L/d)

hab = número de habitantes (hab)

q_{pc} = consumo médio per capita de água (L/hab.d)

R = coeficiente de retorno

3.3 COLIFORMES

A quantidade de bactérias do grupo coliforme presente na água é considerada o critério mais importante na avaliação da qualidade da água, quanto a contaminação de origem fecal (FELLENBERG, 1980). As bactérias coliformes podem ser divididas em dois grupos: totais e termotolerantes.

Os coliformes totais podem ser entendidos, de forma simplificada, como coliformes “ambientais”, dada sua possível incidência em águas e solos não contaminados, representando, portanto, outros organismos de vida livre, e não intestinal, ou seja, não provindos de fontes antrópicas ou de animais, assim não devendo ser utilizado como indicador de contaminação fecal em águas superficiais (VON SPERLING, 2005).

Segundo WHO (1993), os coliformes termotolerantes são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal de animais de sangue quente. Este grupo compreende o gênero *Escherichia* e, em menor grau, espécies de *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter* (WHO, 1993). Atualmente, há uma tendência em se utilizar predominantemente *Escherichia coli* como indicador de contaminação fecal, por ser a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, porém não dá garantia de que a contaminação seja humana, já que *E. coli* pode ser encontrada também em fezes de outros animais de sangue quente (VON SPERLING, 2005).

Porém, por se tratar de um ótimo indicador de contaminação fecal em águas costeiras tropicais, a bactéria continua sendo utilizada para detectar a contaminação de corpos naturais com efluente doméstico. De acordo com VON SPERLING, 2005, a contribuição média per

capita de *E. coli* pode variar de 10^8 a 10^{11} células/habitante.dia e sua concentração de 10^5 a $10^8/100\text{ml}$ de esgoto.

3.4 BALNEABILIDADE

De acordo com a CETESB (2017), balneabilidade é a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário, sendo este entendido como o contato direto e prolongado com a água (natação, mergulho, esqui-aquático, etc.), onde a possibilidade de ingerir quantidades apreciáveis de água é elevada.

A recreação de contato primário ocorre quando existir o contato direto do usuário com os corpos de água como, por exemplo, as atividades de natação, esqui aquático e mergulho (BRASIL, 2000). Já a recreação de contato secundário, segundo VON SPERLING (2010), abrange aquelas atividades onde o contato direto com a água é esporádico ou até mesmo inexistente, tais como a prática de esportes a vela, remo e pesca. Portanto, durante a realização de atividades de contato primário há uma probabilidade elevada de ingestão de água e conseqüentemente, uma ocorrência de eventuais danos à saúde decorrentes da presença de patogênicos.

Os padrões de balneabilidade, estabelecidos na Resolução CONAMA nº 274/2000, são avaliados em categorias, definidas de acordo com os teores de coliformes fecais (termotolerantes), *Escherichia coli* e Enterococos, apresentados na Tabela 1.

As águas doces de um determinado balneário poderão, ainda, serem consideradas impróprias nos seguintes casos: valor obtido na última amostragem superior a 2.500 coliformes termotolerantes ou 2.000 *Escherichia coli* por 100 mililitros; incidência elevada ou normal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias; presença de esgotos sanitários, óleos, graxas e demais substâncias capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação; $\text{pH} < 6,0$ ou $\text{pH} > 9,0$, à exceção das condições naturais; floração de algas e outros organismos e demais fatores que afetem a saúde humana (BRASIL, 2000).

Tabela 1 – Padrões de balneabilidade da resolução CONAMA nº 274/2000.

Categoria		Coliformes fecais	<i>E. Coli</i>	Enterococos	Amostras
		(NMP/100 mL)			
Própria	Excelente	< 250	< 200	< 25	80%
	Muito boa	< 500	< 400	< 50	80%
	Satisfatório	< 1.000	< 800	< 100	80%
Imprópria		> 1.000	> 800	> 400	> 20%
		> 2.500	> 2.000	> 400	Amostra única

Fonte: BRASIL (2000).

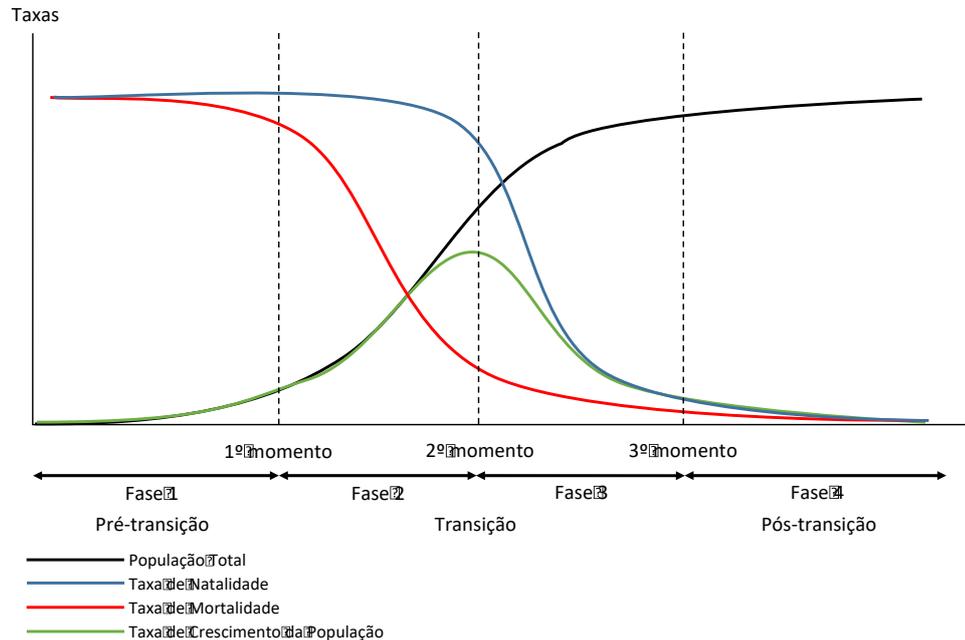
Em cidades turísticas e de veraneio há uma variação sazonal da população ao longo do ano. Durante os períodos de férias e feriados prolongados, podem ocorrer problemas de sobrecarga nos sistemas de coleta existentes, de forma que o excedente seja lançado sobre os córregos, comprometendo a balneabilidade (CETESB, 2017).

3.5 TRANSIÇÃO DEMOGRÁFICA

Segundo BRITO (2007), a transição demográfica é um fenômeno caracterizado por 3 momentos fundamentais. O primeiro, chamado de pré-transição demográfica, é uma fase em que as taxas brutas de natalidade e de mortalidade são altas e, conseqüentemente, o crescimento vegetativo da população é baixo. A transição demográfica propriamente dita se inicia na segunda fase, em que o nível de mortalidade começa um processo consistente de queda, enquanto o de natalidade ainda se mantém alto. Nesta fase, o ritmo do crescimento natural da população aumenta de maneira sustentada. Esse é o período de mais rápido crescimento demográfico, que só desacelera a partir do segundo momento, no qual se inicia o processo de declínio da natalidade, inaugurando uma fase caracterizada por incremento populacional a ritmo decrescente.

O terceiro momento é identificado pelos baixos níveis de natalidade e de mortalidade, entrando-se em uma fase de pós-transição demográfica, quando o crescimento da população é muito lento, quase nulo, ou até negativo. A Figura 1 abaixo ilustra o processo de transição:

Figura 1 – Ilustração modelo de transição demográfica.



Fonte: Adaptado de BRITO (2007).

3.6 PROJEÇÃO POPULACIONAL

3.6.1 Modelo Logístico (Verhulst)

Devido ao grande crescimento populacional em bairros, distritos, cidades ou regiões e ao fato de os dados de censo demográfico serem muito espaçados, faz com que se de uma importância maior para esse aumento populacional e sua tendência. Com isso, a projeção populacional passa a ser um importante instrumento de planejamento, a partir da elaboração de projeções baseadas tanto nas transformações populacionais recentes quanto nas simulações realizadas para as tendências da dinâmica demográfica futuras.

O crescimento populacional segue uma relação matemática, estabelecendo uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação, chamado de capacidade suporte. CAVALLINI (1993) apresenta a logística na forma:

$$\frac{dm}{dt} = rm \left(1 - \frac{m}{K} \right) \quad (2)$$

em que t é o tempo e $m = m(t)$ é a população. Tanto r como K são valores positivos que representam a taxa de crescimento e a capacidade suporte, respectivamente. Utilizando a separação de variáveis temos como solução da equação logística:

$$m(t) = \frac{K}{1 + C e^{-rt}} \quad (3)$$

onde C é uma constante arbitrária.

Calculando-se a derivada segunda de m com respeito a t e multiplicando-se o numerador e o denominador por e^{3rt} , temos que:

$$m''(t) = \frac{CKr^2 e^{rt}(C - e^{rt})}{(C + e^{rt_0})^3} \quad (4)$$

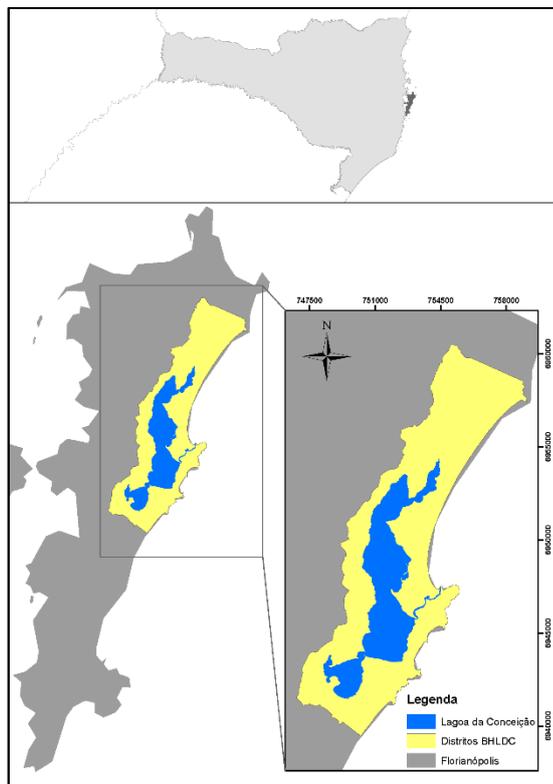
O gráfico de $m = m(t)$ possui um ponto de inflexão quando a derivada segunda da equação acima é zero, que ocorre quando o numerador for zero, ou seja, quando $C = e^{rt}$. Substitui-se então $C = e^{rt_0}$, onde t_0 é o momento em que o ponto de inflexão ocorre, tendo como solução:

$$m(t) = \frac{K}{1 + e^{-r(t-t_0)}} \quad (5)$$

4 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição localiza-se na região centro-leste da ilha de Santa Catarina (Figura 2). A bacia hidrográfica possui uma área de 77,2 km², em que 20,7 km² é ocupado pelo corpo d'água. Segundo SILVA (2013), a laguna apresenta uma forma alongada no sentido norte-sul, medindo 13,4 km de comprimento e largura variável entre 0,15 e 2,5 km.

Figura 2 – Localização da área de estudo.



Fonte: Autor.

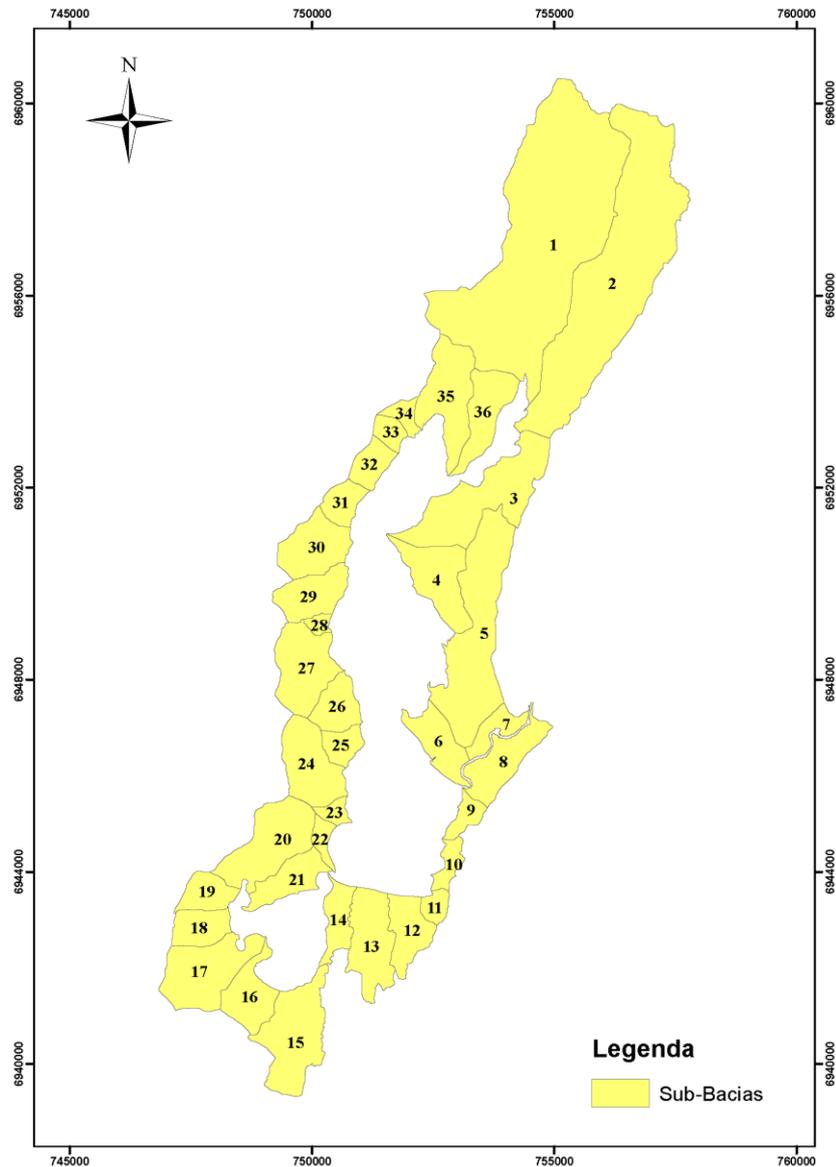
4.1 CLIMA

De acordo com a classificação de Koeppen, o clima em Florianópolis é classificado em Cfa, ou seja, ao clima mesotérmico úmido, possuindo uma pluviosidade significativa ao longo do ano, com chuvas bem distribuídas. A temperatura média anual é de 20,1°C, sendo janeiro o mês mais quente, com a média mensal de 24,7°C e julho o mês mais frio, com uma média de 16,6°C.

4.2 HIDROGRAFIA

A Figura 3, apresenta o agrupamento e classificação das sub-bacias feitas por BIER (2013), de acordo com a suas morfometrias e hidrologias. Isso faz com que seja mais coerente as estimavas de cargas que chegam ao corpo lagunar.

Figura 3 – Delimitação das 36 sub-bacias.

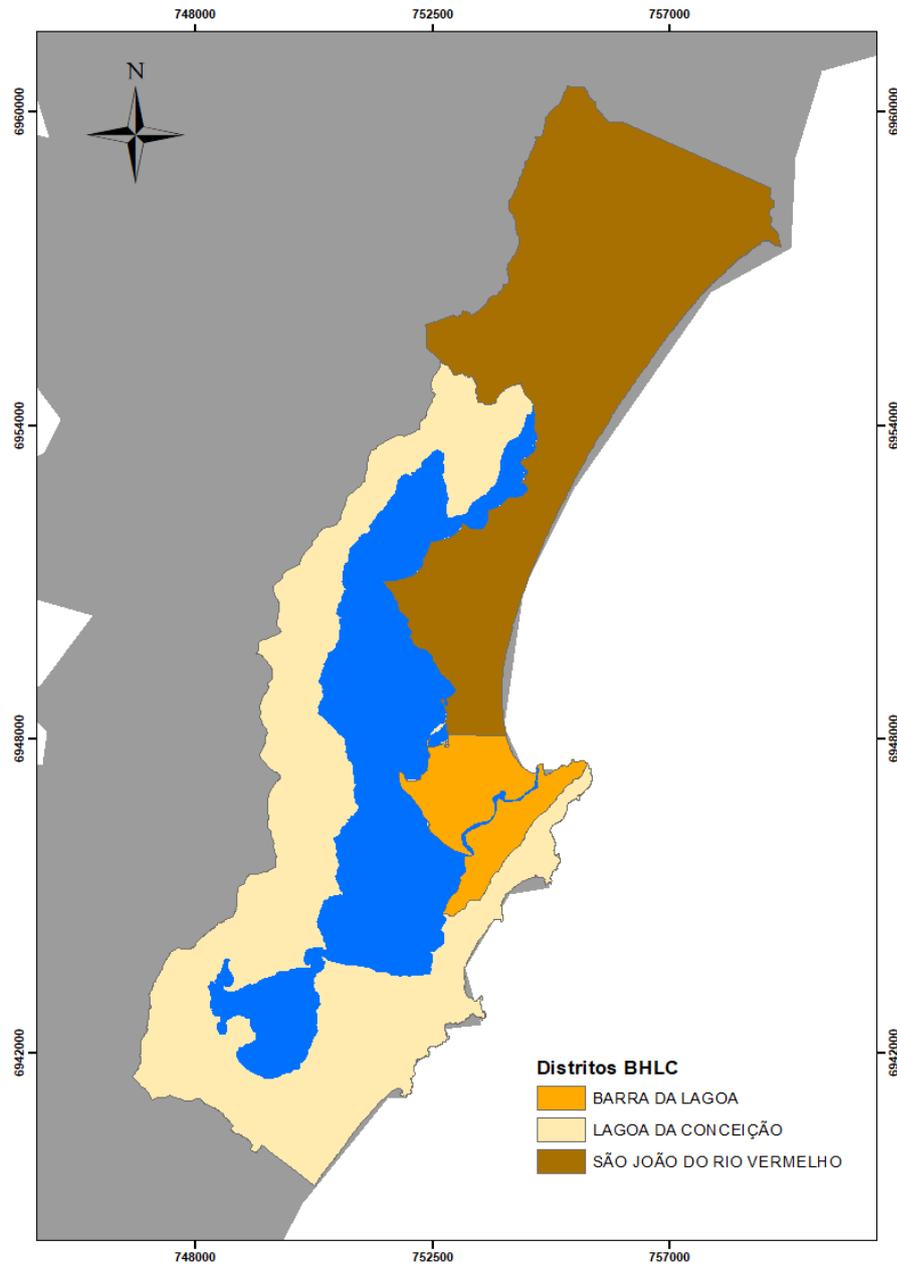


Fonte: Adaptado BIER (2013).

4.3 DISTRITOS

A BHLC é compreendida pelos distritos da Barra da Lagoa, São João do Rio Vermelho e Lagoa da Conceição, apresentados na figura x

Figura 4 – Distritos pertencentes a Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.



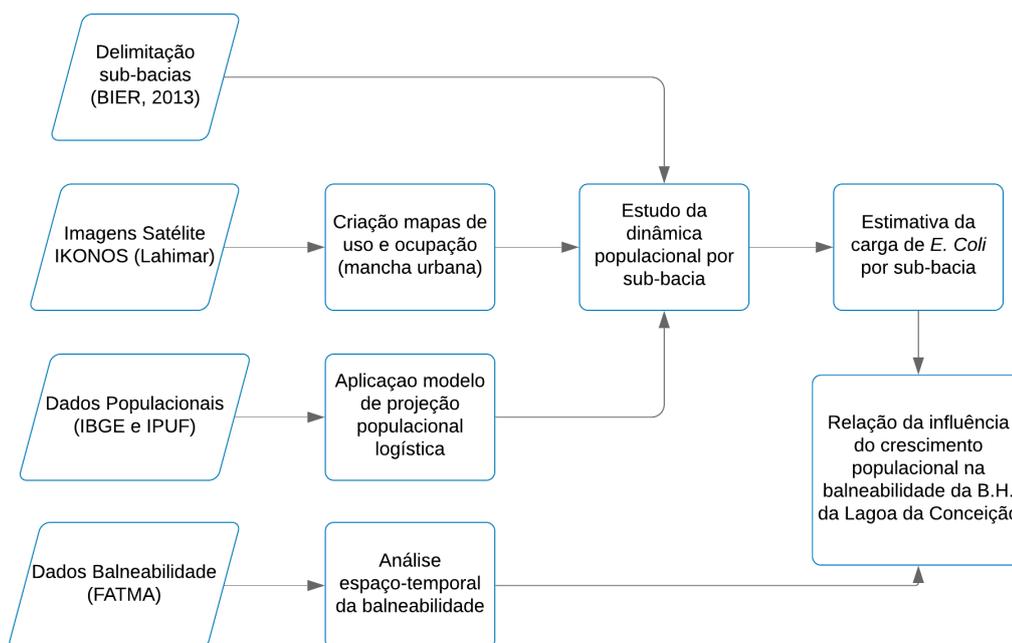
Fonte: Autor.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 FLUXOGRAMA

A Figura 5 apresenta o fluxograma metodológico do presente trabalho e descreve as etapas que foram seguidas, que serão abordadas nos próximos tópicos.

Figura 5 - Fluxograma de trabalho.



Fonte: Autor.

5.2 POPULAÇÃO

A aquisição do banco de dados populacional, referente aos distritos da BHLC, ocorreu através do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) juntamente com os dados trabalhados disponibilizados pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF), apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – População por distrito utilizada para cálculo da projeção logística.

Distritos	1970	1980	1991	2000	2010
Barra da Lagoa	1.061	1.656	2.919	4.331	5.674
Lagoa da Conceição	1.883	4.258	6.654	9.849	11.811
São João do Rio Vermelho	981	1.223	1.864	6.791	13.513
Total [hab]	138.337	187.871	255.390	342.315	415.240

Fonte: IBGE e IPUF.

ARNOLD (2002) aplica uma ferramenta na projeção logística que permite um resultado mais coerente nesse modelo. Seguindo ARNOLD (2002), os modelos populacionais foram estimados como os dados acima através uma rotina no software Matlab R2015a, buscando fazer o melhor ajuste da curva.

5.3 CRIAÇÃO MANCHAS URBANAS E DISTRIBUIÇÃO POR SUB-BACIAS

O mapeamento das manchas urbanas ocorreu através das imagens do satélite IKONOS, adquiridas pelo Laboratório de Hidráulica Marítima - UFSC para os anos de 2001 e 2010. Com isso, foi possível evidenciar o avanço da mancha nesse período de aproximadamente dez anos.

O software livre *Spring* (INPE) foi utilizado manipular inicialmente essas imagens, formando o mosaico delas, compondo as três bandas (Vermelho, Verde e Azul) e classificando a área urbana. O processo seguinte se deu no *ArcGIS*, onde calculou-se a área ocupada por essas manchas urbanas dentro dos distritos e das sub-bacias. A relação de área urbana ocupada por sub-bacia foi multiplicada pela densidade populacional urbana do distrito (população total do distrito/área do distrito), conseguiu-se atribuir a população referente a cada sub-bacia.

5.4 BALNEABILIDADE

A Fundação do Meio Ambiente – FATMA, órgão ambiental da esfera estadual do Governo de Santa Catarina, realiza sistematicamente, desde 1976, o monitoramento de balneabilidade das águas em diversos balneários do estado com o intuito de determinar se estão “próprias” ou “impróprias” para o banho. A frequência das análises de balneabilidade é realizada mensalmente de abril a outubro e semanalmente de novembro a março.

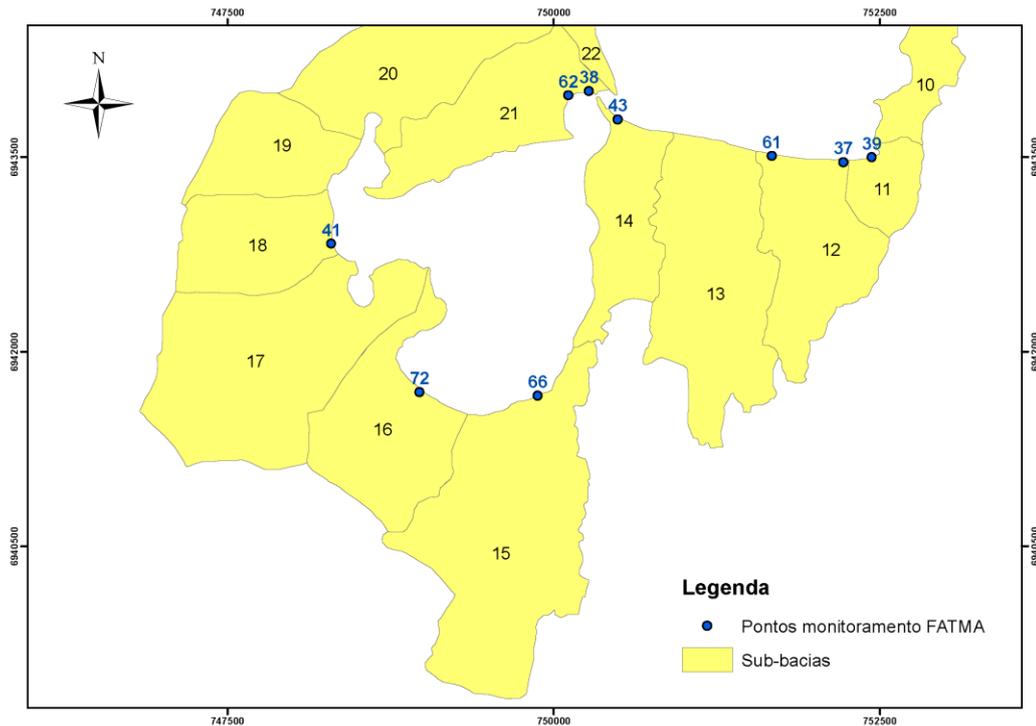
O parâmetro de qualidade de água utilizado para a classificação da balneabilidade é *E. coli*, organismo indicador de contaminação microbiológica das águas, oriundo de fontes pontuais e difusas de efluentes domésticos. A classificação das águas como própria e imprópria é feita pela FATMA seguindo a Resolução CONAMA 274/2000, apresentada posteriormente no item 3.4.

A FATMA monitora atualmente 9 pontos na Lagoa da Conceição, o último inserido foi o ponto 72 no ano de 2009. Todos os pontos (Figura 6) localizam-se na região mais ao sul da laguna que se caracteriza pela densidade demográfica mais elevada.

Foram armazenados os dados de balneabilidade publicados pela FATMA desde janeiro de 2000 até novembro de 2019. As análises dos resultados foram feitas a partir da avaliação da frequência de ocorrência de amostras em condição imprópria. Para cada mês de cada ano foi verificado o número de amostras realizadas e o número de amostras que foram consideradas “Impróprias”. Também se verificou a ocorrência de amostras que alcançaram o limite de detecção máximo, pois a metodologia de análise e contagem de *E. coli* realizada pela FATMA

limita o valor máximo de detecção em 16.000NMP/mL. Esta limitação dificulta a análise de tendências temporais com base em valores absolutos. Buscou-se então avaliar a evolução temporal e a variação espacial dos percentuais mensais e anuais do número de amostras que ultrapassaram o valor máximo em relação ao número de amostras totais obtidas naquele período.

Figura 6 – Localização dos pontos de monitoramento de balneabilidade da FATMA.



Fonte: Autor.

O software *Statistica 8* foi utilizado para análise estatística espacial, agrupando os pontos mais semelhantes. Também foi utilizado na construção de gráficos box-plot, caracterizando cada ponto de análise.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 POPULAÇÃO POR SUB-BACIA

Os resultados obtidos da distribuição da população dos distritos em sub-bacias serão apresentados e discutidos neste item.

A Tabela 3 apresenta a relação de área de cada distrito com relação a bacia hidrográfica do presente estudo. Nota-se que a porção ocupada pelo distrito do Campeche é mínima, sendo assim, não incluída nos cálculos de projeção e distribuição populacional.

Tabela 3 - Relação da área de cada distrito dentro da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.

Distritos	Área Total (Km ²)	Área pertencente a BHLC (Km ²)	Porcentagem
Campeche	34,86	0,67	2%
Lagoa da Conceição	53,83	27,34	51%
Barra da Lagoa	5,45	4,04	74%
S. J. do Rio Vermelho	31,36	22,52	72%
Total	90,64	53,90	100%

Fonte: Autor.

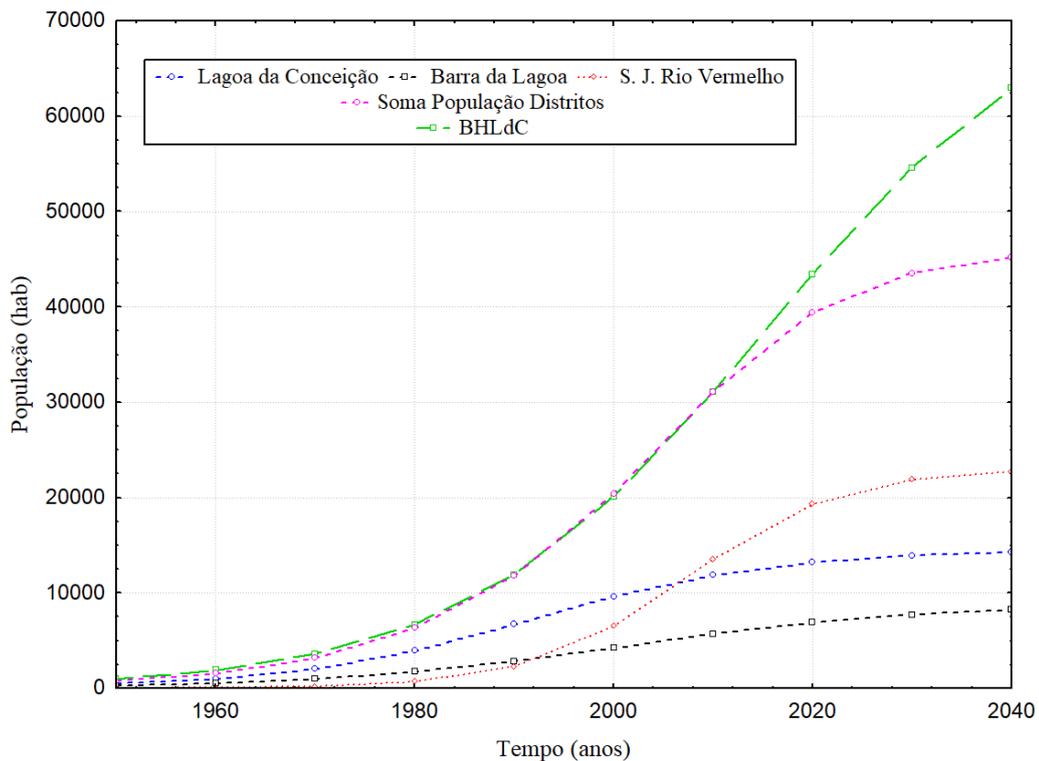
A distribuição populacional ao longo dos anos será apresentada para todas as sub-bacias pertencentes a bacia, possibilitando prever a dinâmica da população em cada uma delas.

6.1.1 Projeção populacional

Por se tratarem de regiões muito distintas, foi avaliado separadamente no modelo logístico o crescimento populacional dos distritos, comparando-os também com o comportamento populacional da bacia como um todo.

O distrito do S. J. do Rio Vermelho demonstrou uma certa similaridade quando comparado com a BHLC, porém, com uma taxa de aumento populacional mais amortecida. A Barra da Lagoa, por sua vez, possui o menor índice de crescimento dentre os estimados. Com relação a Lagoa da Conceição, foi o distrito que apresentou o menor tempo de inflexão (Tabela 4), deixando evidente no gráfico a sua maior desaceleração do crescimento em relação aos outros atualmente. A Figura 7 ilustra essa diferença de crescimento entre eles.

Figura 7 – Curvas de projeção populacional da bacia hidrográfica e seus distritos individualmente e somados.



Fonte: Autor

Ainda na Figura 7 percebe-se a diferença de estimativa quando avaliados separadamente. A projeção se tornou muito mais conservadora quando avaliado um crescimento igual em toda a bacia, atingindo valores futuros muito maiores, superestimando de maneira desproporcional dados de população. A Tabela 4 apresenta os valores de capacidade suporte de cada distrito, juntamente com o o tempo de inflexão da projeção.

Tabela 4 - Valores de capacidade suporte (k), tempo de inflexão (t_m) e taxa de crescimento (r) por distrito.

Distritos	k [hab]	t_m [ano]	r
Barra da Lagoa	8.856	2001	0,067
Lagoa da Conceição	14.512	1992	0,083
S. J. do Rio Vermelho	23.055	2007	0,13

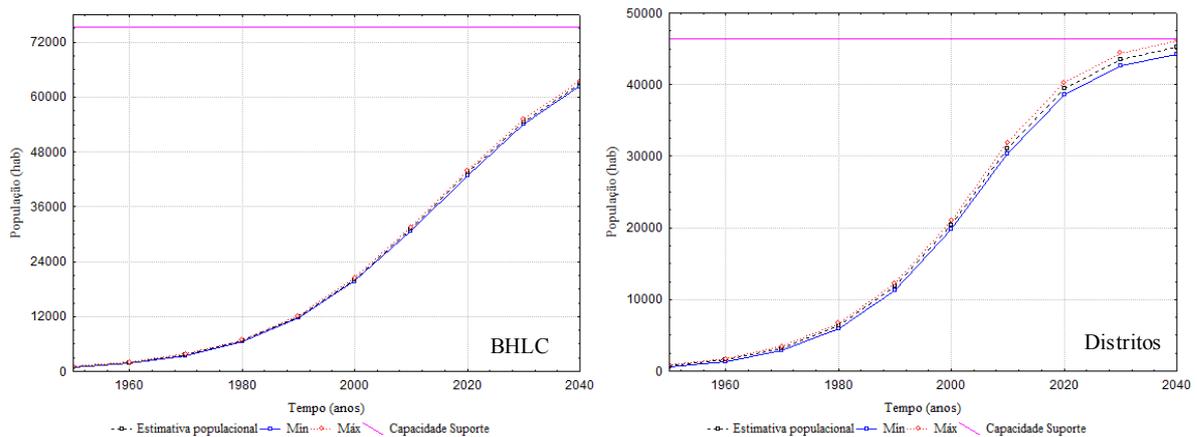
Fonte: Autor.

Como os dados utilizados para essas projeções são fontes de estimativas, levou-se em consideração também os erros-padrões, que são utilizados para construir intervalos de confiança que conterão o valor do total populacional desses levantamentos (IBGE, 2010).

Através da tabela de erro-padrão e estimativa do coeficiente de variação aproximados do IBGE para alguns tamanhos de estimativas foi possível definir uma faixa de incerteza para todas as projeções feitas (Apêndice A). Com isso, somou-se os erros-padrões e as estimativas

de todos os distritos para que fosse possível comparar com a projeção populacional da bacia inteira. Nota-se na Figura 8 uma grande diferença de habitantes entre as duas projeções, em que o gráfico a esquerda, representando um crescimento igual em toda a bacia, superestima a população e não leva em consideração as diferentes taxas de aumento populacional entre as concentrações urbanas da área de estudo. Isso pode ser afirmado, pois as projeções individuais dos distritos mostraram uma tendência de crescimento diferentes entre si e mais amenas, como representado no gráfico a direita, se aproximando também mais da capacidade suporte da bacia.

Figura 8 – Projeção populacional BHLC x Distritos.



Fonte: Autor.

Tabela 5 – Comparação de valores estimados dos Distritos x BHLC.

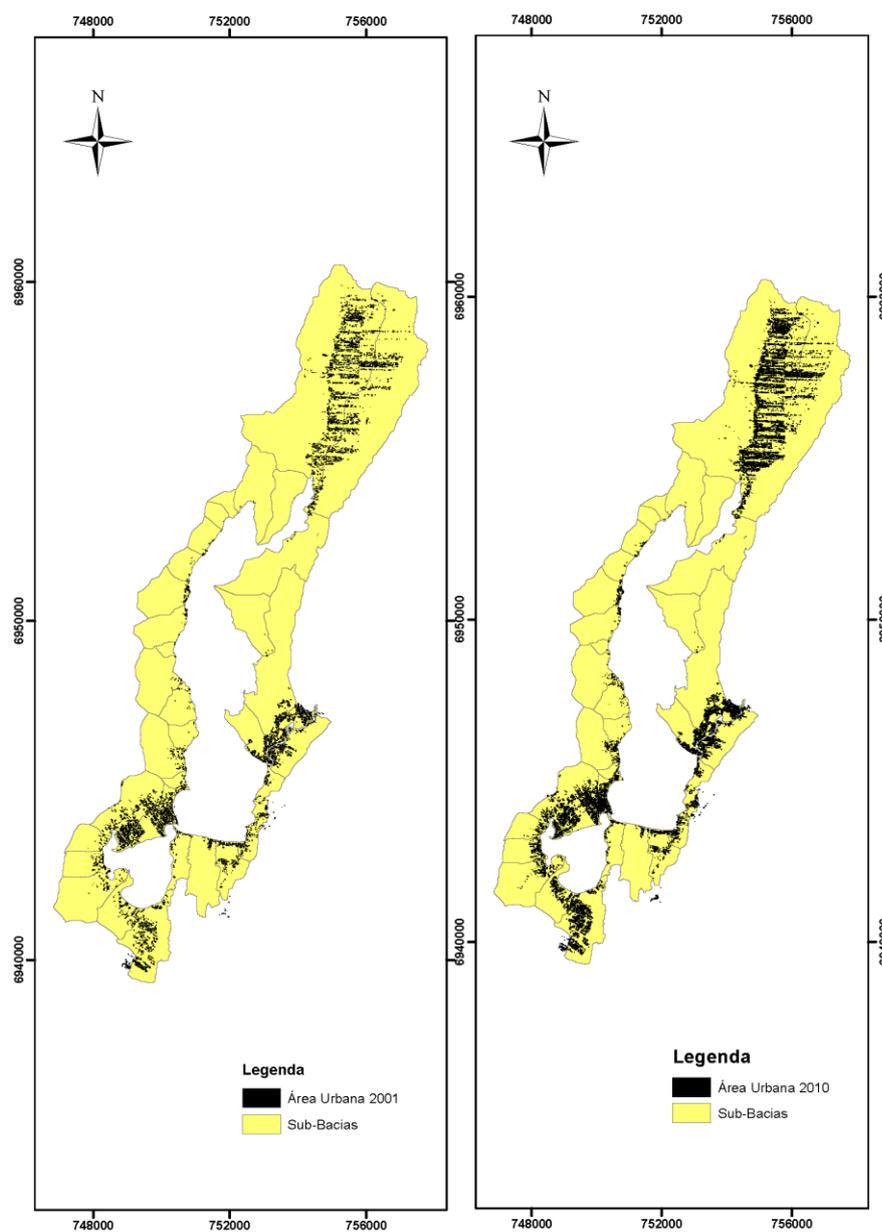
Ano	Distritos		BHLC	
	População	Erro-padrão	População	Erro-padrão
1950	728	77	998	89
1960	1.542	109	1.908	120
1970	3.198	152	3.606	161
1980	6.346	209	6.677	214
1990	11.805	277	11.930	279
2000	20.391	356	20.104	354
2010	31.128	433	31.127	433
2020	39.443	482	43.437	504
2030	43.541	505	54.597	560
2040	45.213	514	62.956	598

Fonte: Autor.

6.1.2 Mancha urbana 2001 e 2010

O mapeamento do uso e ocupação da área de estudo se deu através das imagens IKONOS, referentes aos anos de 2000 e 2010. A área urbana foi levantada para toda a Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição (Figura 9) para os respectivos anos. Nela fica evidenciada o grande aumento populacional nesses dez anos nas quatro principais concentrações urbanas na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição: Centrinho, Porto da Lagoa, Barra da Lagoa e Rio Vermelho.

Figura 9 – Manchas Urbanas para os anos de 2000 e 2010.



Fonte: Autor

Essas informações foram cruzadas com a delimitação dos distritos pertencentes e posteriormente utilizadas para calcular o percentual da área urbana dentro de cada sub-bacia.

Utilizando as populações dos Censos Demográficos dos anos de 2000, estimado para 2001 utilizando o valor encontrado no modelo logístico, e 2010, obteve-se os valores de habitantes por sub-bacias para os respectivos anos (Tabela 6). Com isso foi possível caracterizar o aumento populacional dentro de cada uma delas ao longo desse período.

Tabela 6 – População por sub-bacia.

Sub-Bacia	Pop. 2001	Pop. 2010	Sub-Bacia	Pop. 2001	Pop. 2010
1	4.863	9.447	19	97	184
2	1.864	3.993	20	1.752	2.048
3	34	47	21	2.467	2.227
4	24	24	22	619	802
5	660	828	23	197	194
6	793	1.094	24	226	332
7	1.319	1.769	25	34	30
8	1.012	1.265	26	45	90
9	160	275	27	50	70
10	368	460	28	7	8
11	255	296	29	85	86
12	717	667	30	157	227
13	205	115	31	29	26
14	261	193	32	40	58
15	1.206	1.889	33	2	1
16	334	744	34	1	2
17	270	498	35	9	7
18	200	327	36	0	0

Fonte: Autor.

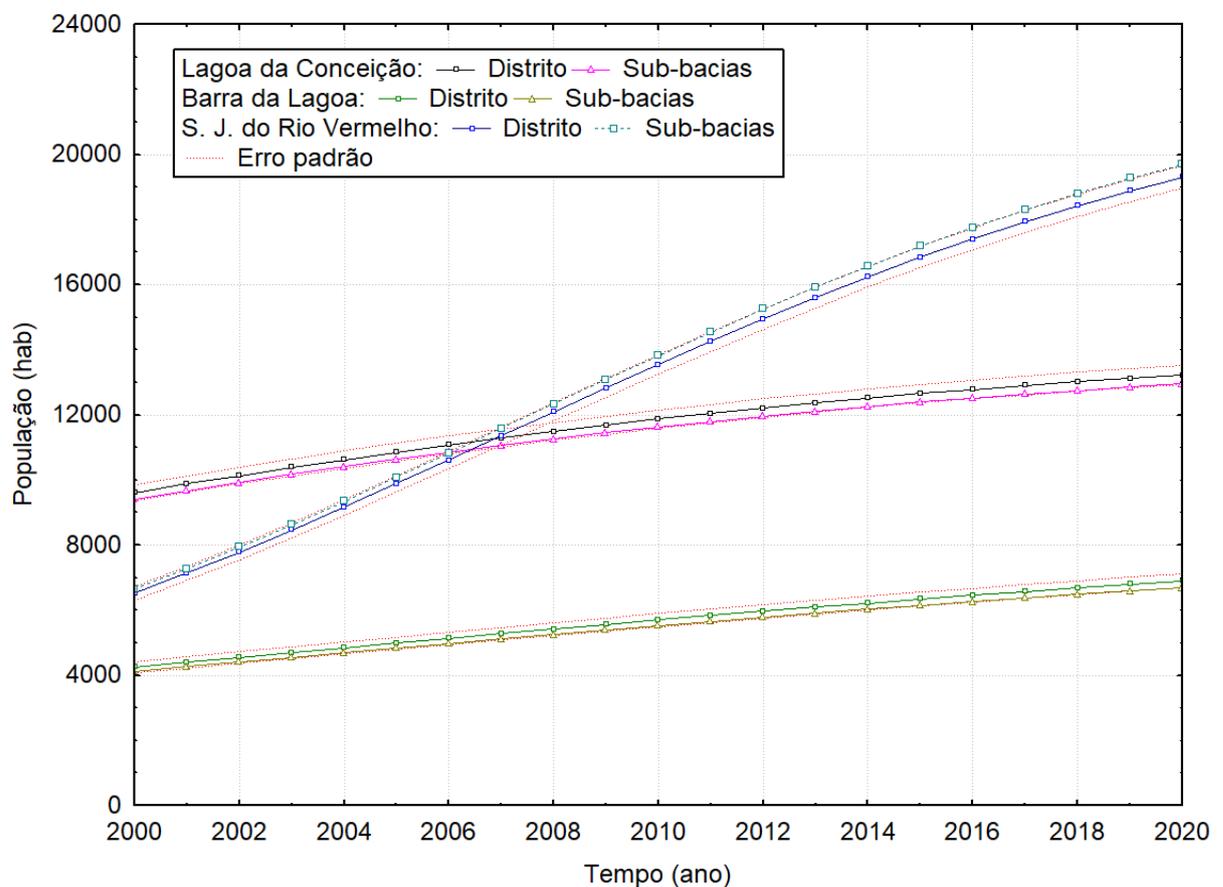
Esses dados extraídos do geoprocessamento das imagens para os dois anos apresentaram algumas incoerências, como a diminuição da população em certas regiões, como no caso da sub-bacia 21. Isso pode ser justificado pelo crescente aumento da rede hoteleira e comércios/bares. Outro possível fator relevante a ser citado, seria o caso dessa sub-bacia estar muito próxima da sua capacidade suporte, variando o número de habitantes numa faixa de valores muito próximos.

6.1.3 Estimativa populacional por sub-bacia

As sub-bacias estão dispostas da seguinte maneira dentro dos distritos: 1 a 4 no São do Rio Vermelho, 5 a 9 na Barra da Lagoa e 10 a 36 na Lagoa da Conceição. A partir dos dados

populacionais por sub-bacia encontrados para os anos de 2001 e 2010, foi possível fazer uma relação com a população total por distrito. Com isso, utilizou-se o valor médio das relações nos dois anos em cada sub-bacia para aplicar como fator de ajuste da curva logística de seus respectivos distritos. Afim de comparar os valores estimados, somou-se os habitantes por sub-bacias para confronta-los com o valor total de cada distrito anteriormente projetado. A Figura 10 apresenta essa diferença, juntamente com o erro padrão da projeção. Mesmo estando muito próximo dos limites de erro aceitável, o gráfico mostra a aderência do modelo logístico do distrito nas suas sub-bacias.

Figura 10 – Comparação da distribuição populacional por sub-bacia x Distrito.

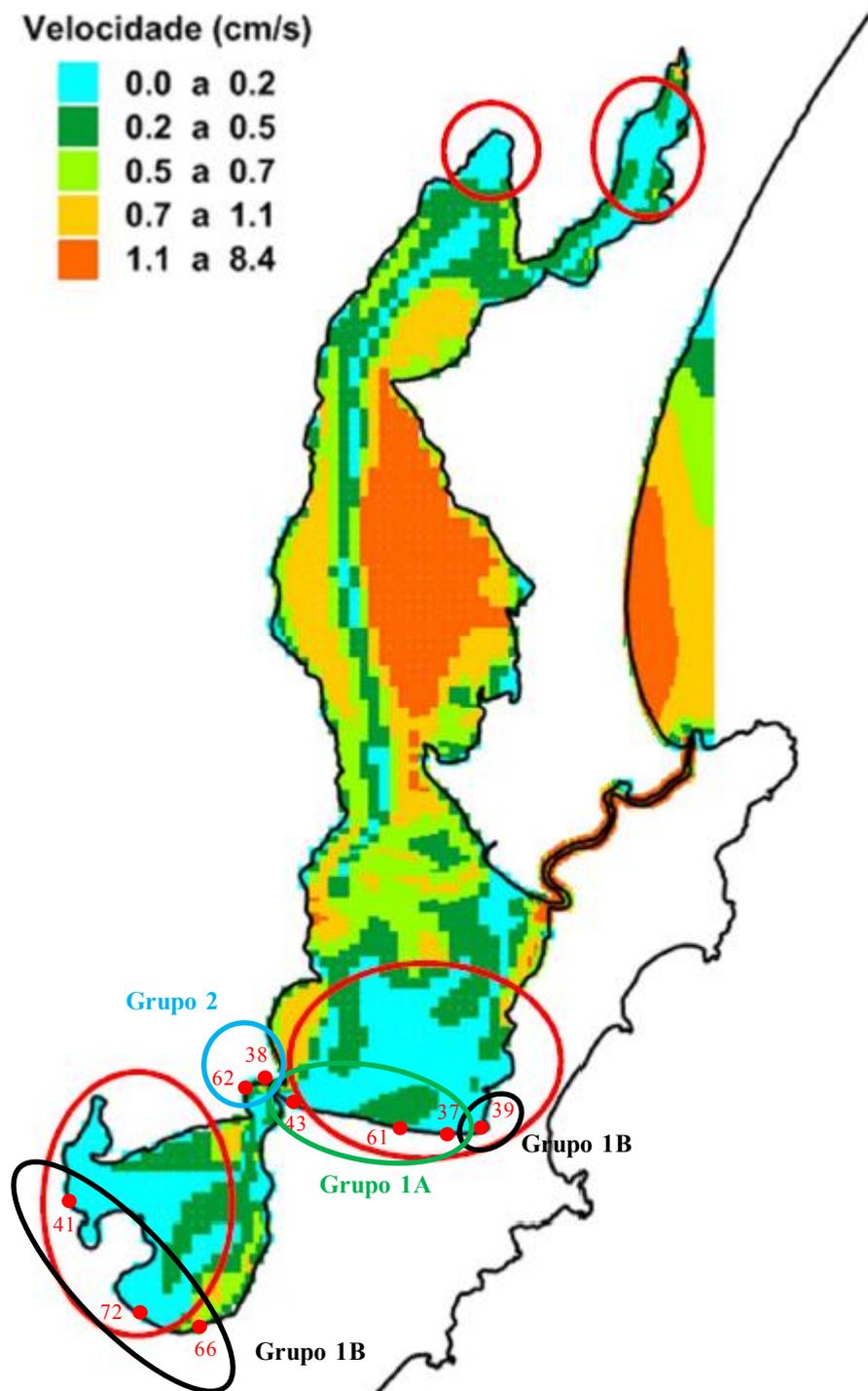


Fonte: Autor.

A validação da estimativa por sub-bacias possibilitou o posterior cálculo de aporte de *E. Coli* produzida pela população na região de monitoramento da balneabilidade feito pela FATMA na Lagoa da Conceição, compreendendo as bacias 11 a 21.

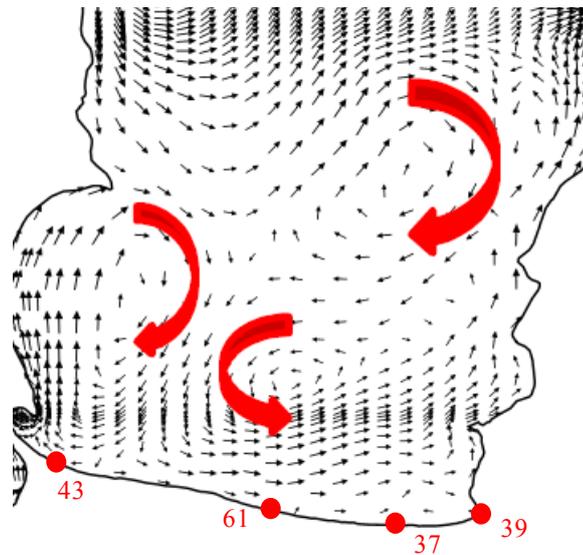
ocupados por poucas residências ou bares e restaurantes. Este grupo ainda pode ser subdividido em dois grupos: o Grupo 1A, formado pelos pontos 37,43 e 61, e o Grupo 1B, formado pelos pontos 39, 41,66 e 72. A divisão desses grupos pode ser explicada segundo os estudos hidrodinâmicos de SILVA (2013), apresentados na Figura 12, Figura 13 e Figura 14.

Figura 12 – Campo de intensidade da velocidade média.



Fonte: Adaptado SILVA (2013).

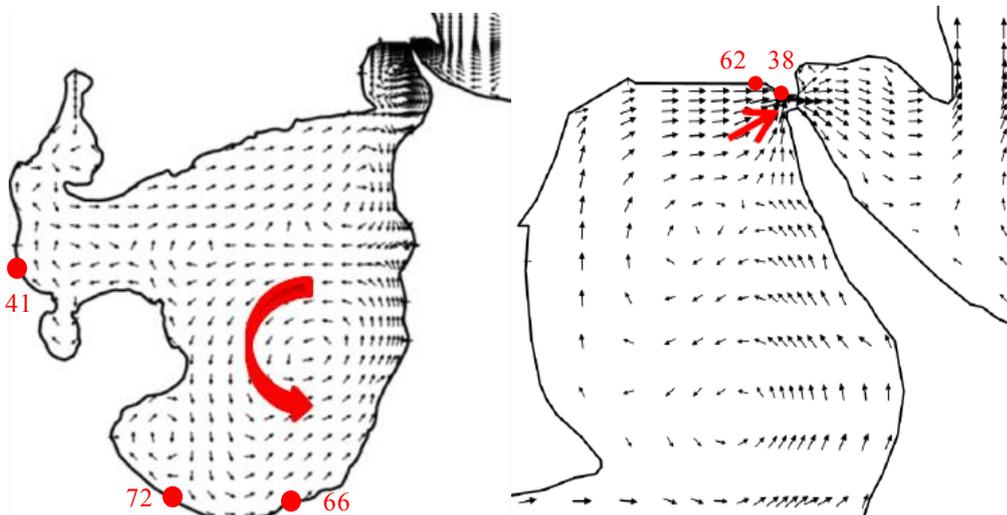
Figura 13 – Circulação média na laguna central.



Fonte: Adaptado SILVA (2013).

De acordo com os resultados de SILVA (2013), o Grupo 1A está localizado em uma região de grande circulação d'água, facilitando a dispersão nessa área (Figura 13). Como consequência desse movimento da água, ocorre o acúmulo de cargas de *E.Coli* no ponto 39, fazendo com que se assemelhe mais ao Grupo 1B, que apresentam características hidrodinâmicas semelhantes.

Figura 14 – Circulação média na laguna sul.

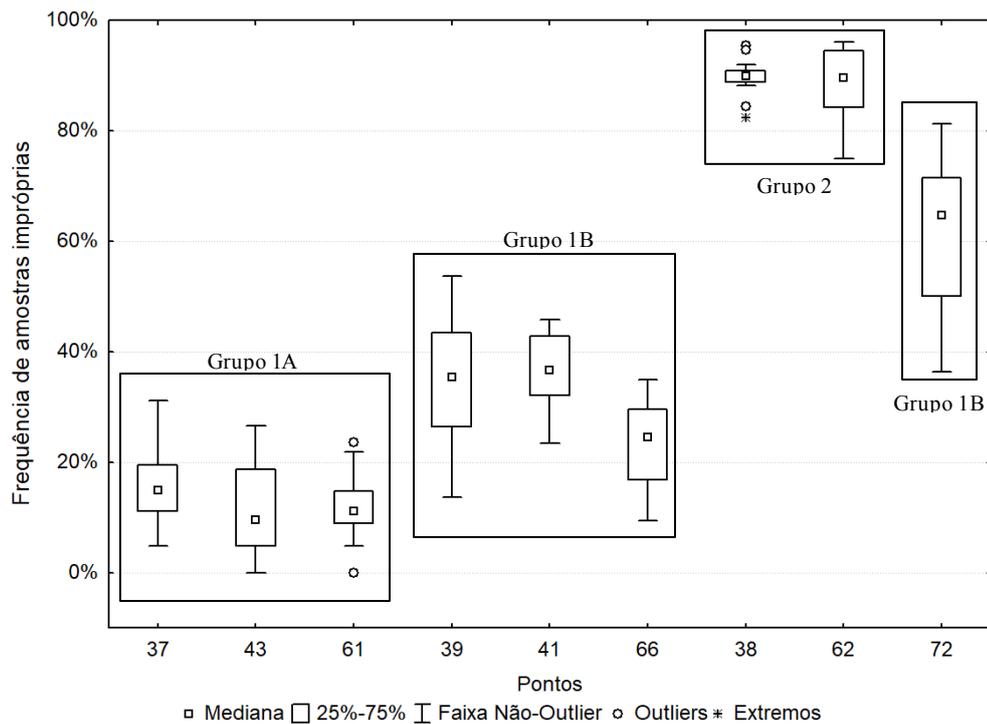


Fonte: Adaptado SILVA (2013).

O Grupo 2 é composto pelos pontos de maior frequência de amostras impróprias ao longo dos meses. Os pontos pertencentes a esse grupo estão em locais de maiores e constantes índices de análises impróprias. Ambos os pontos estão localizados na exutória da sub-bacia de

maior população, situado no Centrinho da Lagoa. Além dessa alta concentração populacional, que acarreta numa maior carga de coliformes, esta região apresenta baixa dispersão de poluentes, podendo apresentar velocidades nulas em alguns cenários mostrado na Figura 14.

Figura 15 – Boxplot de cada ponto de monitoramento da FATMA.



Fonte: Autor.

A Figura 15 ilustra a qualidade da água monitorada entre 2000 e 2018 em cada ponto, justificando os agrupamentos previamente feitos. Os quadrados internos representam a mediana, valor que melhor simboliza os dados, Dentro dos caixotes estão 50% de todos os dados apresentados naquele local. A faixa para fora deles representa os dados localizados entre a região de 0,5 e 1 IIQ (Intervalo Interquartil). Já os pontos em circunferência representam os outliers, sendo estes, os pontos que estão a mais de três faixas interquartis da extremidade da caixa, definidos através de 1,5 IIQ.

A escala de cores na Tabela 7 aponta de forma crescente o percentual de amostras impróprias e com concentrações máximas detectáveis (C_{máx}) no período de baixa temporada. A escala varia gradualmente de 0 (verde) a 100 (vermelho). As células sem valores indicam percentual nulo e a com traço indica que não foi feita nenhuma coleta naquele período.

Tabela 7 - Percentual de amostras impróprias e concentração máxima detectável na baixa temporada.

	Ano	P37	P38	P39	P41	P43	P61	P62	P66	P72
Percentual de amostras Impróprias (%)	2000		100		75			83		-
	2001		100		13			19		-
	2002		96					64		-
	2003		100	38		13	13	100	19	-
	2004	3	100		30		3	100	3	-
	2005	13	100	13	84	19	13	100	13	-
	2006	13	84	13	56	9	9	100	13	-
	2007	3	100	38	84		3	88	38	-
	2008	58	100	88	75	63	4	100	13	-
	2009	46	100	80	29	3		100		20
	2010	17	92	50	25			92	63	96
	2011	7	20	18		14	29	100	14	100
	2012		13	3			3	69		78
	2013	72	100	67	19	19	56	86		75
	2014		100					100	6	
	2015	17	100	38	50		21	100	46	100
	2016		100	23	38			100		
	2017	43	86	71				57	57	
	2018		100		38		38	97	69	38
2019		83	83	67			100	100		
Percentual de amostras com C _{máx} (%)	2000	8	67		17					-
	2001		25		13			13		-
	2002		14					14		-
	2003		41					13		-
	2004		35					55		-
	2005		75					28		-
	2006		31		16		3	72	13	-
	2007	3	31	13	3		3	25		-
	2008	13	33	4	8			25		-
	2009		40					3		13
	2010	4	17							
	2011	4		4			14	14		19
	2012		6				3			3
	2013	13	50							25
	2014		58							
	2015		13	13			13	13		13
	2016		25					25		
	2017		3							
	2018		28							13
2019	8	67		17						

Legenda: 100% 80% 40% 20% 0%

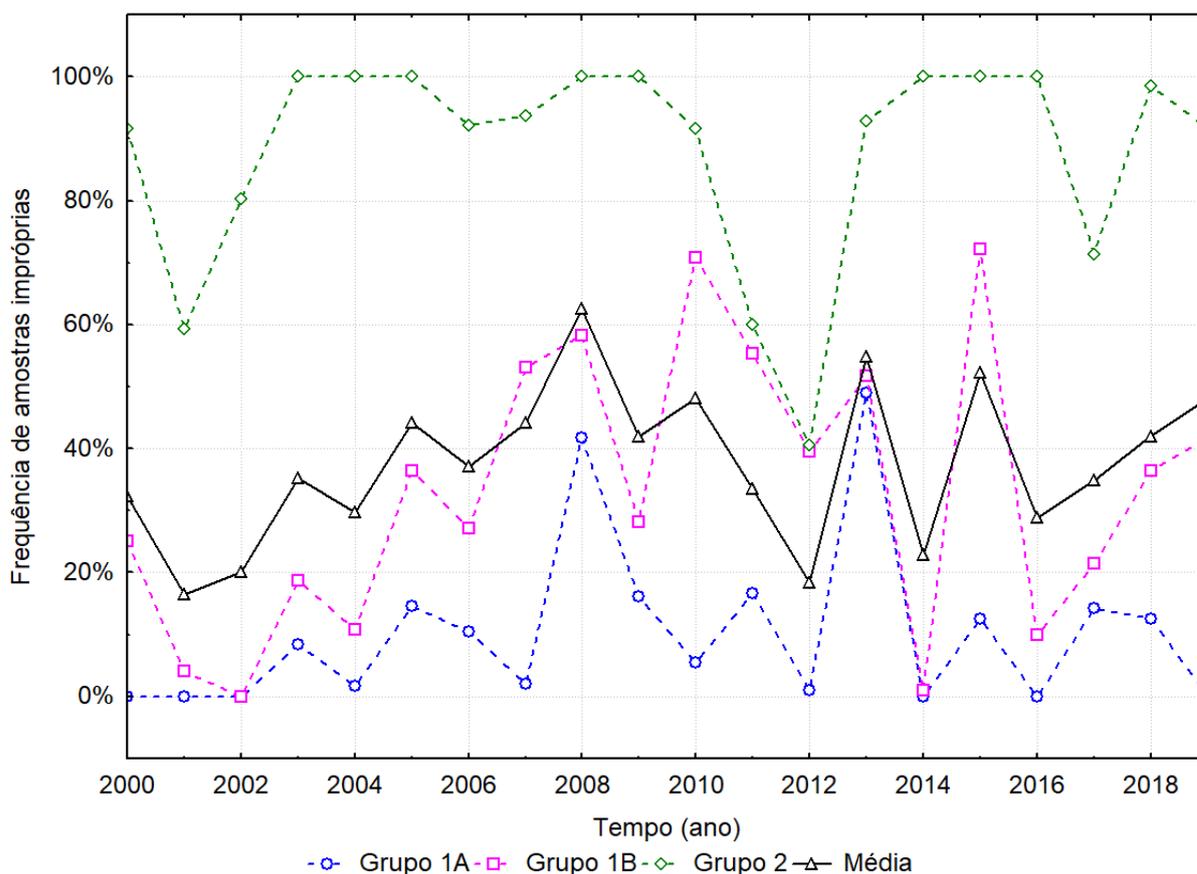
Fonte: Autor.

6.2.2 Análise temporal

Para a análise temporal dos dados de balneabilidade da FATMA também foi considerado apenas as médias anuais das amostras coletadas ao longo da baixa temporada (Abril a Novembro). Com isso evita-se a interferência da sazonalidade na análise, uma vez que a população flutuante é algo muito incerto, dependendo de fatores como economia, feriados favoráveis, clima, entre outros.

A Figura 16 apresenta a frequência de amostras impróprias entre os grupos no período compreendido entre 2000 e 2019. Os Grupos 1A e 1B apresentam comportamentos temporais muito semelhantes, oscilando de maneira quase proporcional as porcentagens de amostras impróprias ao longo dos anos. Como já evidenciado na análise espacial, o Grupo 2 permaneceu grande parte desse intervalo de tempo em condições não balneável, ocorrendo apenas uma quadra brusca na frequência de amostrar impróprias no ano de 2012.

Figura 16 – Série temporal de ocorrência de amostras impróprias na baixa temporada por grupo.



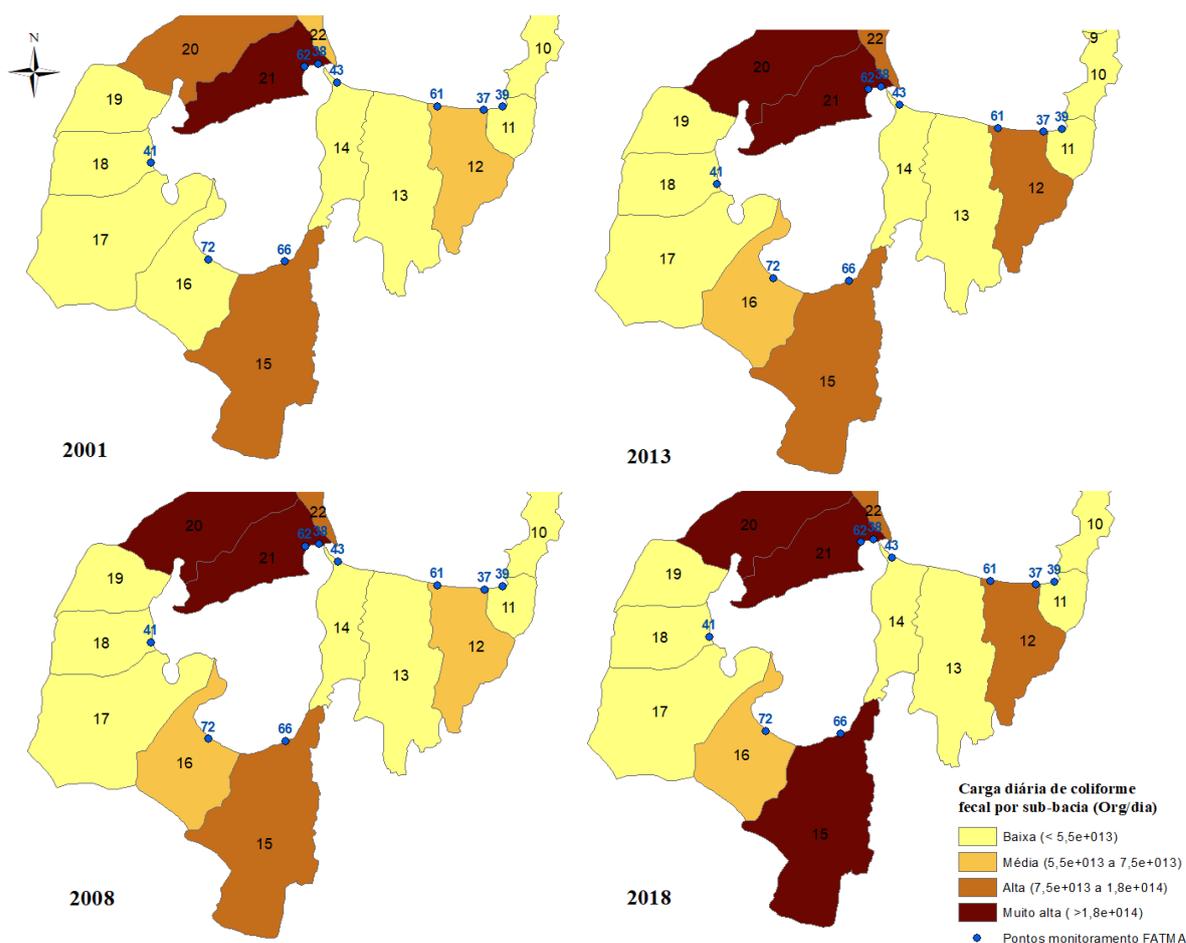
Fonte: Autor.

Entre 2001 e 2008 ocorreu um período de aumento de frequência de amostras impróprias. Após isso, se sucedeu uma queda conjunta dos grupos, no ano de 2012, com relação a essa frequência. Logo na sequência começaram a ocorrer oscilações anuais, em que, segundo a tendência da média, está indo para mais um pico de frequência em 2020. A média acompanhou esse comportamento geral citado anteriormente, porém, nos últimos três anos consecutivos está em crescente, algo que não aconteceu a mais de dez anos

6.3 INFLUÊNCIA POPULACIONAL NA BALNEABILIDADE POR SUB-BACIA

A Figura 17 aponta a evolução do aporte de carga de *E. Coli* nas sub-bacias da região de monitoramento da FATMA para os anos de 2001, 2008, 2013 e 2018. Essas datas foram escolhidas após a análise temporal, em que foram observados picos de frequência de amostras impróprias. Para classificar cada sub-bacia foi definida a seguinte escala: Baixa (0 a $5,5 \times 10^{13}$ Org/dia), Média ($5,5 \times 10^{13}$ a $7,5 \times 10^{13}$ Org/dia), Alta ($7,5 \times 10^{13}$ a $1,8 \times 10^{14}$ Org/dia) e Muito Alta (acima de $1,8 \times 10^{14}$ Org/dia).

Figura 17 – Evolução da carga de *E. Coli* nas sub-bacias de monitoramento da FATMA.



Fonte: Autor.

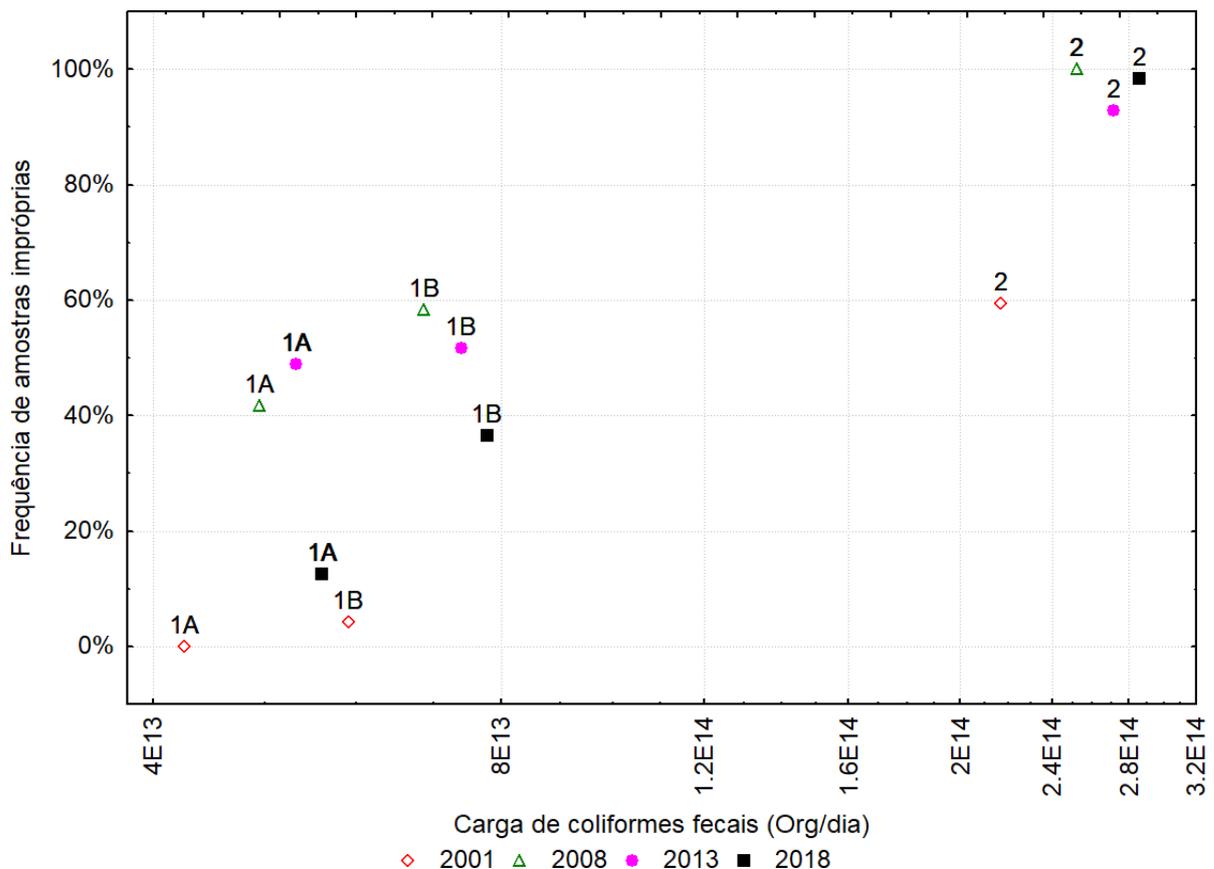
A influência do aumento da carga antrópica ao longo do tempo em locais de baixa hidrodinâmica acaba sendo notada juntamente com a divulgação de análises da FATMA. Um exemplo disso é o ponto 39, que está localizado no exutório de uma bacia de baixo lançamento de carga diária, porém como citado anteriormente, é um ponto de acumulação e baixa velocidade, recebendo a carga das bacias adjacente. O mesmo pode ser citado para o ponto 72, situado em um local de hidrodinâmica desfavorável e vizinho a terceira bacia mais populosa da região de análise. A bacia hidrográfica com maior população é a de número 20, nela estão

localizados os dois pontos pertencentes ao Grupo 2, onde há a maior constância de amostras impróprias, influenciados também pela baixa dispersão de poluentes.

A partir da carga calculada para as quatro datas e correlacionando-a com a probabilidade de amostras impróprias no período de baixa temporada dos respectivos anos nota-se a distinção de dois grandes grupos (Figura 18). O primeiro formado pelos Grupos 1A e 1B, que dificilmente ultrapassam a frequência de 50% de amostras impróprias, tendo como exceção apenas o ponto alguns casos do Grupo B devido a maior aparição de condições não balneáveis no ponto 72, que apresenta grande oscilação.

O Grupo 2 forma o outro agrupamento identificado no gráfico, em que a carga de *E. Coli* permanece praticamente constante ao longo dos anos. Sabe-se a hidrodinâmica da Lagoa da Conceição também influencia nisso, mas a distância populacional de aproximadamente 2000 habitantes entre os dois grupos deixa nítido a influência de uma bacia muito populosa na balneabilidade da Lagoa da Conceição.

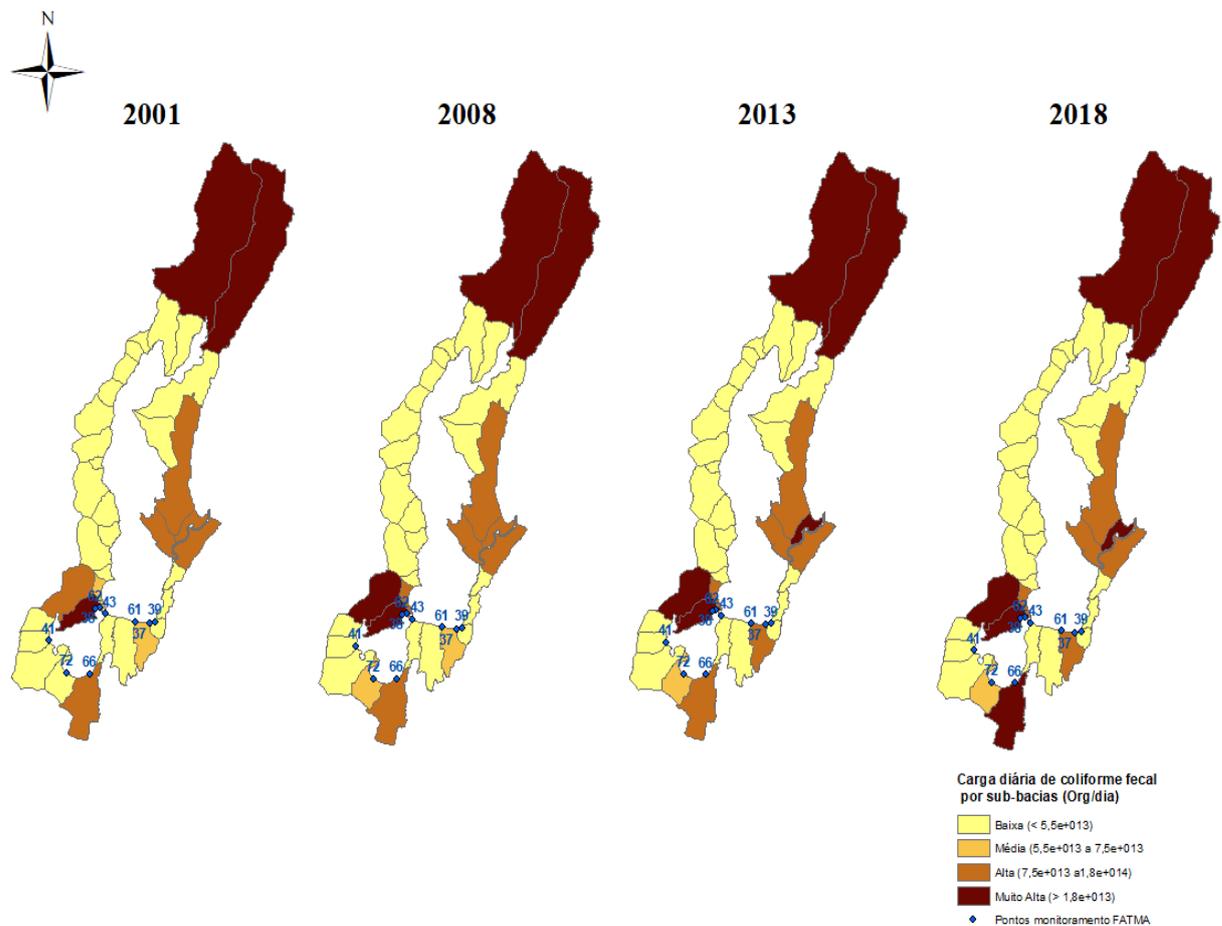
Figura 18 – Relação entre carga de *E. Coli* e a frequência de amostras impróprias nos pontos da FATMA.



Fonte: Autor.

Como mostrado no item 6.1.3, o modelo logístico aderiu de maneira satisfatória os outros dois distritos também, Barra da Lagoa e São João do Rio Vermelho. Com isso, estimou-se a carga de *E. Coli* na bacia toda da Lagoa da Conceição. Mesmo não sendo pontos de monitoramento da FATMA, mas também há outros locais com grande produção de carga de *E. Coli*, como as sub-bacias 1 e 2 na região norte e número 7, junto ao canal da Barra da Lagoa, ilustrados na figura x

Figura 19 – Carga de *E. Coli* produzida na Lagoa da Conceição para os anos de 2001, 2008, 2013 e 2018.



Fonte: Autor.

7 CONCLUSÃO

Esse trabalho permitiu avaliar melhor a relação da qualidade da água nos pontos monitorados pela FATMA e o crescimento populacional no entorno da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.

O modelo logístico mostrou-se adequado para projeção populacional dos distritos da área de estudo, uma vez que apresentou valores de capacidade suporte coerentes. O distrito do S. J. do Rio Vermelho, está em um crescimento muito maior quando comparado aos outros dois distritos, além disso é visível a existência, via imagem de satélite, de grandes áreas possíveis de expansão populacional, algumas delas já até preparadas para futuros loteamentos.

Foi possível também demonstrar a aderência da projeção logística do distrito dentro das suas respectivas sub-bacias. A estimativa se manteve dentro da faixa de erro-padrão estimada pelo IBGE, validando a aplicação do modelo. Com isso, se torna possível aplicar estudos de cargas antrópicas mais confiáveis, tanto para organismos, como a E. coli, como também para nutrientes, entre eles o fósforo e o nitrogênio, que se encontram em elevada quantidade nos efluentes domésticos.

Verificou-se o comportamento dos pontos de monitoramento de balneabilidade da FATMA na Lagoa da Conceição. Ficou evidente a distinção de dois grandes grupos, em que um deles permanece praticamente constante ao longo do tempo impróprio, devido ao seu posicionamento (local de baixa dispersão) e por se situar na exutória da sub-bacia de maior população no distrito analisado. Levando em consideração a hidrodinâmica do corpo lagunar, que influencia nas condições de balneabilidade, em conjunto com a população residente nas sub-bacias dos pontos de monitoramento, é evidente a influência da ocupação urbana na qualidade da água desses pontos.

Este estudo avaliou a influência do crescimento populacional da Lagoa da Conceição, juntamente com a caracterização da dinâmica populacional por sub-bacia, possibilitando assim, a aplicação desses modelos de crescimento populacional em outros trabalhos relacionados essa mesma área de estudo.

REFERÊNCIAS

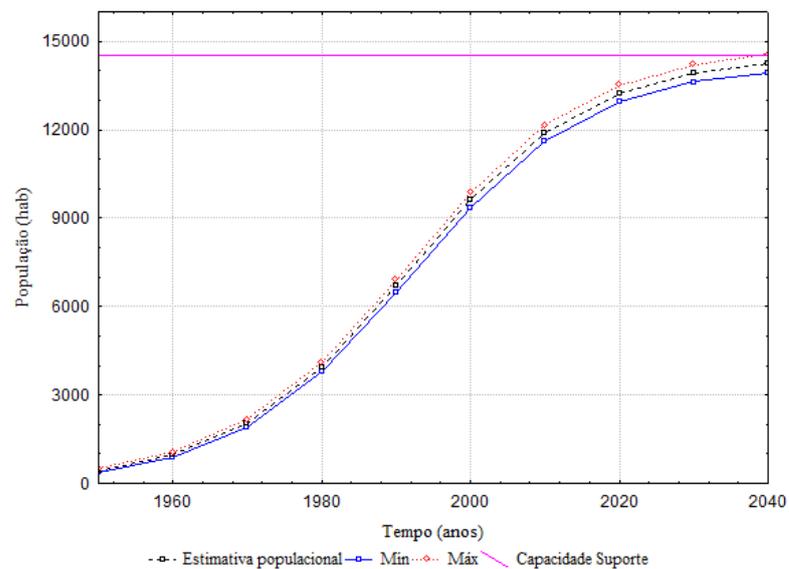
- ARCARI, T. L. **Estimativa de cargas de e. coli e análise espaço-temporal da balneabilidade na Lagoa da Conceição, Florianópolis-SC**. Dissertação (Graduação em Engenharia Ambiental), UFSC, Florianópolis, Santa Catarina. 2015.
- AZEVEDO NETTO, J, M.; BOTELHO, M, H, C, **Manual de saneamento de cidades e edificações**, In: Manual de saneamento de cidades e edificações, PINI, 1991.
- BIER, F, B, **Caracterização morfológica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis – SC**, Florianópolis, 2013, 111 p., Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC,
- BOLLMANN, H. A. **Avaliação da qualidade das águas em bacias hidrográficas urbanas**. In: ANDREOLI, C. V. (Ed.). Mananciais de Abastecimento: planejamento e gestão. Estudo de Caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: SANEPAR/FINEP, 2003. p. 269-315.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente: **Resolução 274**, de 29 de novembro de 2000, Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Acessado em abril de 2017, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/res274/00>>.
- BRITO, F.. **A transição demográfica no contexto internacional**. Texto para discussão – Cedeplar, Belo Horizonte, 2007a.
- CARRION, O. B. K. **Mercado Imobiliário e Padrão Periférico de Moradia: Porto Alegre e Sua Região Metropolitana**. Ensaios FEE, Porto Alegre, 1989. ISSN 10(2):225-250. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaios/article/viewFile/1376/1741>>.
- CAVALLINI, F. **Fitting a Logistic Curve to Data**, College Mathematics Journal, 1993, Volume 24, Number 3, Pages: 247-253.
- CERQUEIRA, R. S. **Pós-tratamento de efluente de lagoa anaeróbia por escoamento superficial no solo**. São Paulo: UNICAMP, 2004. 200 p. Dissertação Mestrado, 2004.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Poluição das águas subterrâneas**. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas/>>.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Relatório de qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo, 2017**, São Paulo: CETESB, 2017,
- CAMPANÁRIO, P, **Florianópolis: dinâmica demográfica e projeção da população por sexo, grupos etários, distritos e bairros (1950-2050)**, Prefeitura de Florianópolis: Instituto de Planejamento de Florianópolis (IPUF), 2007.
- CARVALHO, J,L,B, **Modelagem e análise do lançamento de efluentes através de emissários submarinos**, 2003, 173 f, Tese de doutoramento, Departamento de engenharia Oceânica, COOPE/UF RJ, 2003.
- CAVALLINI, Fabio, **Fitting a logistic curve to data**, The College Mathematics Journal, v, 24, n, 3, p, 247-253, 1993.

- FELLENBERG, Gunter. **Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980, p.72.
- FONSECA, A, L, O, **Variação sazonal e espacial das características hidroquímicas, dos fluxos de nutrientes e do metabolismo na interface água-sedimento na Lagoa da Conceição**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Brasil, 182pp, 2004.
- FONSECA, A, L, O, **Efeito da drenagem urbana nas características físico-químicas e biológicas da água superficial na Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil)**, Biotemas, v, 19, n, 2, p, 7-16, 2006.
- GUARDA, A.: **Avaliação Metodológica para Determinar a Dinamicidade de Dados do Censo Demográfico**. Florianópolis. UFSC. 2010.
- IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2018.
- IBGE. **Censo Demográfico de 2010**. Censo 2010, 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>.
- MIRANDA, LB de; CASTRO, BM de; KJERFVE, Björn, **Princípios de oceanografia física de estuários**, São Paulo: EDUSP, v, 414, 2002.
- MPB Engenharia, **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – Florianópolis – SC**, Florianópolis, SC, 2010.
- ODRESKI L, F, R, **Influência Hidrológica nos processos hidrodinâmicos da Lagoa da Conceição – Florianópolis – SC**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 2012.
- SILVA, J. C. **Análise numérica da influência dos aportes fluviais e antrópicos sobre a hidrodinâmica residual e a qualidade da água da Lagoa da Conceição – Florianópolis – SC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), UFSC, Florianópolis, Santa Catarina. 2013.
- THOMANN, Robert V.;; MUELLER, John A.;; A MUELLER, J, **Principles of surface water quality modeling and control**, New York: Harper & Row, 1987.
- TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados, USP, 2002. p. 473-506.
- TUCCI,C.E.M.; HESPANHOL,I.;CORDEITO,O.M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 192 p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Editora do Depto de Eng. Sanitária UFMG, 1995. 243 p.
- VON SPERLING, M, **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, Editora UFMG, 2005.
- VON SPERLING, E.; VON SPERLING, M. **Estudo sobre a balneabilidade no rio das Velhas**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Otoni e COPASA, 2010.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. Volume 1. Recommendations. WHO, Geneva. 2 ed. 188 p. 1993

APÊNDICE A – Gráficos da projeção populacional por distrito e suas faixas de erros-padrão.

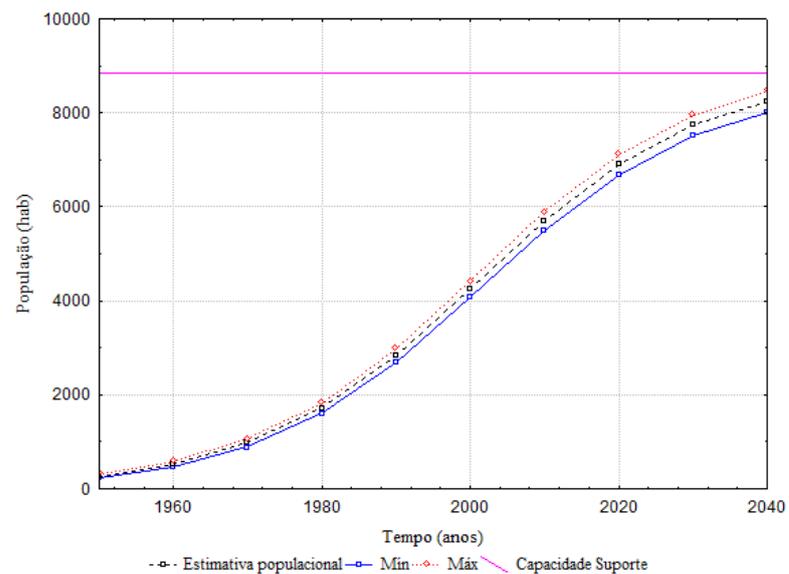
Os gráficos apresentados a seguir foram desenvolvidos para exemplificarem melhor o crescimento populacional de cada distrito e possibilitar melhor a visualização da faixa de erro calcula para as estimativas.

Figura 20 – Modelo de crescimento logístico para o distrito da Lagoa da Conceição.



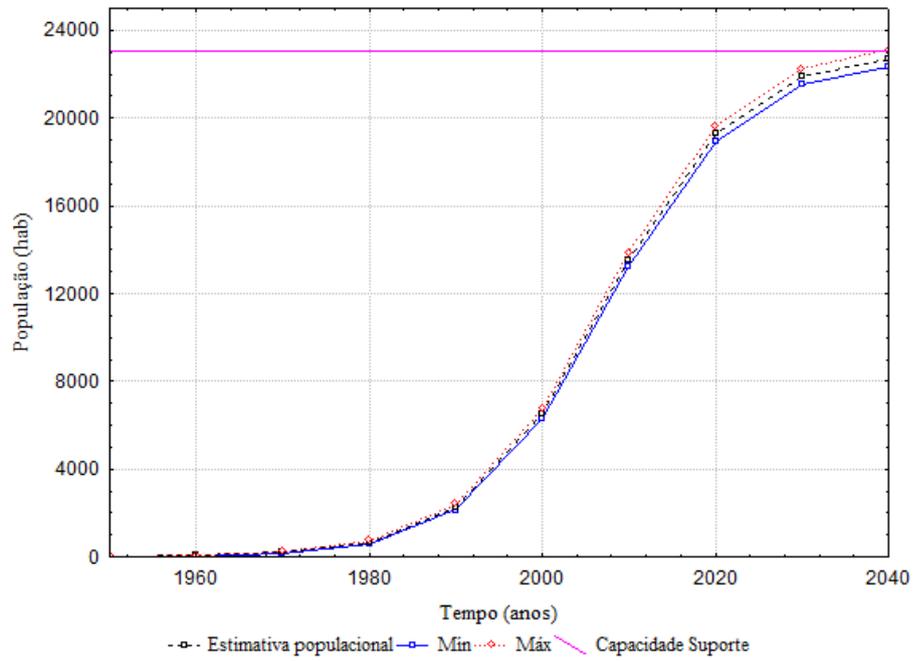
Fonte: Autor.

Figura 21 – Modelo de crescimento logístico para o distrito da Barra da Lagoa.



Fonte: Autor.

Figura 22 – Modelo de crescimento logístico para o distrito do São João do Rio Vermelho.



Fonte: Autor.