

Monitoramento químico e biológico da qualidade da água em bacia hidrográfica no Estado de Santa Catarina

Isabel Cristina Bohn Vieira

Mestranda, IFC, Brasil
isabelbohnvieira@gmail.com

Eduardo Augusto Werneck Ribeiro

Professor Doutor, IFC, Brasil
eduardo.werneck@ifc.edu.br

RESUMO

O destino inadequado de efluentes urbanos, o desflorestamento as margens dos cursos hídricos, as atividades agrícolas em expansão, bem como a carência de planos de gestão pública para a prevenção e adequação do uso dos rios urbanos, comprometem a eficiência dos serviços de saneamento básico e por consequência a saúde da população. O objetivo da presente pesquisa consiste em monitorar a qualidade da água do rio Itajaí- Açu, maior curso d'água da bacia hidrográfica do Itajaí, localizado no Estado de Santa Catarina, a partir de indicadores químicos e biológicos sazonais, além de verificar a diferença estatística significativa entre os pontos amostrais. Para tanto, foram alocados cinco pontos de coleta ao longo do rio, para os indicadores supracitados, nas estações primavera, verão (2019); outono e inverno (2020), totalizando 80 amostras. Para verificar a diferença estatística significativa entre os pontos amostrais, utilizou-se do apoio do *Software* Estatístico R, versão 3.6.3. Os resultados apontaram para a contaminação química e biológica em toda a extensão do rio Itajaí-Açu, independentemente da estação sazonal. Urge a necessidade de implantação de Planos Municipais de Saneamento Básico em todos os municípios integrantes da bacia hidrográfica do Itajaí. A ausência ou precariedade de um instrumento de planejamento para a prestação de serviços públicos de saneamento nos municípios, além de infringir o princípio legal da dignidade humana de acesso à água limpa e ao esgotamento sanitário adequado, contribui para o aumento da degradação ambiental do território bem como a salubridade da sua população.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica. Indicadores. Qualidade da água.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionada com o equilíbrio entre os fatores naturais e antrópicos de seu território (CORNELLI et al., 2016). O destino inadequado de efluentes urbanos, o desflorestamento as margens dos cursos hídricos, as atividades agrícolas em expansão, bem como a carência de planos de gestão pública para a prevenção e adequação do uso dos rios urbanos, comprometem a eficiência dos serviços de saneamento básico e por consequência a saúde da população.

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 no Inciso IV, do art. 200, estabelece a atribuição do SUS (Sistema Único de Saúde) de “[...] participar da formulação de políticas e da execução de ações de saneamento básico” (BRASIL, 1988). O documento confere a área de saneamento básico como atividade social de prevenção e proteção à saúde da população. Nessa conjuntura, o conceito legal para saneamento básico foi publicado em 2007 pela Lei nº 11.445 que discorre como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007). Posteriormente, o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) aprovado em dezembro de 2013, assegurou o acesso à água limpa e ao esgotamento sanitário adequado como um direito humano, essencial para o pleno gozo da vida e de outros direitos (BRASIL, 2013).

No intuito de cumprir com os direitos afiançados pela lei supracitada, desde 1997 o Brasil conta com uma política de recursos hídricos a Lei 9.433/97 e com Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do meio Ambiente (CONAMA) que estabelecem padrões de qualidade adequados aos respectivos usos da água, asseverando a potabilidade hídrica à população (BRASIL, 1997; 2005). Entretanto, a crescente expansão urbana aliada a ocupação inadequada do território e ao descaso com o saneamento, a qualidade da água nos recursos hídricos encontram-se fragilizada.

Nesse ensejo, o presente trabalho é resultado parcial de um projeto de pesquisa que tem como objetivo monitorar a qualidade da água do rio Itajaí- Açu, o maior curso d'água e uma bacia hidrográfica do rio Itajaí, localizado no Estado de Santa Catarina, buscando estabelecer

Fórum Ambiental da Alta Paulista

ISSN 1980-0827 – Volume 16, número 8, 2020

preceitos para a gestão pública urbana na prevenção e adequação de possíveis impactos ambientais que comprometem a salubridade ambiental e a saúde da população do território em estudo.

2. OBJETIVOS

O objetivo da presente pesquisa consiste em monitorar a qualidade da água do rio Itajaí-Açu, a partir de indicadores químicos e biológicos sazonais, além de verificar a diferença estatística significativa entre os pontos amostrais, visando estabelecer preceitos para a gestão pública urbana na prevenção e adequação relativa a possíveis impactos ambientais que comprometem a qualidade da água e a saúde pública.

3. METODOLOGIA

Nesta seção serão abordadas a descrição da área de estudo e o monitoramento químico e biológico de água da presente pesquisa.

3.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Itajaí tem uma área total de 15,000 km², que corresponde a 16,15% do território catarinense, com aproximadamente 1.466.885 habitantes, segundo dados IBGE. Esta parcela populacional da bacia, 18,6% dos habitantes do estado, produz diariamente uma quantidade aproximada de 234.701,67 m³ de efluentes domésticos (IBGE, 2020).

Abrangendo 52 municípios em seu território, a bacia do Itajaí se divide naturalmente em sete sub-bacias hidrográficas principais. O maior curso d'água da bacia do Itajaí é o rio Itajaí-Açu, formado pela junção dos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul, no município de Rio do Sul. Com 12 municípios em suas margens, o rio Itajaí-Açu movimentava economicamente a agricultura e pecuária no estado de Santa Catarina, ao longo de seus 188,0 Km de comprimento e 2.780,0 Km² de área (PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO ITAJAÍ).

Para o monitoramento da qualidade da água, foram alocados cinco pontos de coleta ao longo do rio Itajaí-Açu, sendo o primeiro ponto (P1), na formação do rio no município de Rio do Sul e o último na foz (P5), no município de Navegantes. A escolha dos demais pontos de coleta sucederam-se em ordem a partir do primeiro em área de vegetação, município de Apiúna (P2), área urbana, município de Blumenau (P3) e área de campo aberto (P4), município de Ilhota.

Para consolidar o objetivo proposto nesta pesquisa, monitorar a qualidade da água do rio Itajaí-Açu, a partir de indicadores químicos e biológicos e verificar a diferença estatística significativa entre os pontos amostrais, utilizou-se do apoio do *Software* Estatístico R (R *Development Core Team*, 2020), versão 3.6.3, para estatística descritiva, teste de normalidade dos dados (Shapiro-Wilk), seguido da análise de significância entre as variáveis (teste Kuskall Wallis).

3.2 Monitoramento químico e biológico da água

Os parâmetros utilizados como variáveis no monitoramento da qualidade da água do rio Itajaí-Açu foram selecionados conforme a Resolução n° 357/2005 do CONAMA, nos

indicadores químicos: nitrito e nitrato; e biológicos: coliformes termotolerantes e coliformes totais, nas estações primavera, verão (2019); outono e inverno (2020).

A predileção de análise dos indicadores nitrito e nitrato em águas superficiais, atua como designio respectivamente, na ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica e no escoamento de terras agrícolas para rios devido ao uso de fertilizantes na agricultura (FONSECA, 2017). Já, o grupo biológico coliformes, por habitar o intestino de mamíferos, inclusive do ser humano, sua presença no ambiente aquático é indicativo de contaminação fecal por despejo inadequado de efluentes, sendo considerado bioindicador básico no parâmetro das legislações relativas ao monitoramento da qualidade de águas destinadas a potabilidade e balneabilidade (NUNES, 2019).

Conforme o plano amostral, nos indicadores supracitados, foram realizadas quatro coletas contemplando as quatro estações sazonais, totalizando 80 amostras ao longo do rio Itajaí-Açu. As amostras foram analisadas pela Central de Laboratórios de Ensaio Analíticos, UNIVALI – CLEAN, no município de Itajaí - SC, que seguiu as referências normativas *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (GREENBERG; CLESCERI; EATON, 1992).

4. RESULTADOS

Executando a análise descritiva das análises nos cinco pontos de coleta de água dos parâmetros químicos e biológicos, abrangendo as quatro estações do ano, com o *Software Estatístico R* (R Development Core Team, 2020), obtivemos os resultados demonstrados na figura 1. A linha representada em vermelho nas figuras, correspondem aos padrões de potabilidade da água estabelecidos pela resolução n° 357/2005 do CONAMA.

Conforme os gráficos para os indicadores químicos, os valores de nitrato variaram de 0,31 mg/L no ponto 2 - verão, a 24,61 mg/L no ponto 5, primavera ($\bar{X} = 3,057 \pm 5,34$; média e desvio padrão respectivamente), **figura 1a**. A desconformidade dos padrões de potabilidade da água em relação a resolução n° 357/200 do CONAMA observada na estação primavera em P5, região de foz do rio Itajaí-Açu, pode ser atribuída as áreas agricultáveis do ponto 4, sendo o território mais representativo para este setor, segundo censo agropecuário do IBGE, indicativo este, lixiviado devido à alta pluviosidade na estação (precipitação acumulada 21,4 mm). Conforme Fonseca, (2017, p.15) “o aumento nos níveis dos íons nitrato na água de consumo, especialmente em áreas rurais; onde a principal fonte deste nitrato é o escoamento que ocorre de terras agrícolas para rios e riachos é devido ao uso de fertilizantes”.

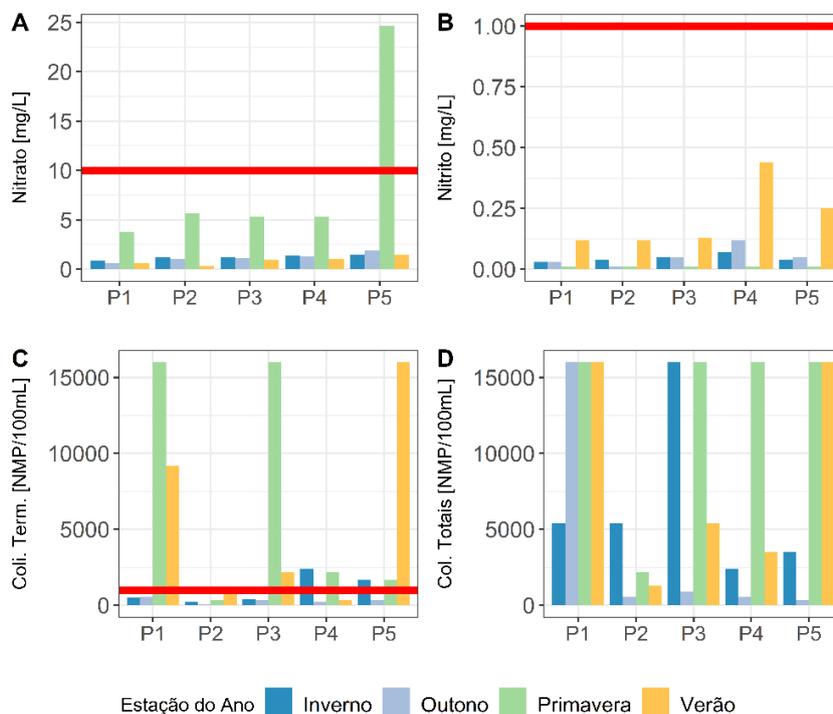
Os resultados para o indicativo nitrito oscilaram de 0,01 mg/L nos pontos P1 ao P5 na primavera, a 0,44 mg/L no ponto P4 verão ($\bar{X} = 0,08 \pm 0,10$), **figura 1b**. Apesar das variações apresentadas o indicativo em alguns pontos de coleta, ainda os valores encontram-se dentro dos padrões de potabilidade de consumo da água estabelecidos em 10,0 mg/L, segundo o CONAMA. Considerando os indicativos biológicos, os coliformes termotolerantes alternaram de 49 NMP/100 ml no ponto P2 no outono, a 16.000 NMP/100 ml nos pontos P1 e P3 na primavera e P5 no verão ($\bar{X} = 3575 \pm 5.713,079$), **figura 1c**. Conforme a resolução n° 357/2005 CONAMA, são aceitáveis os valores de até 1000 NMP/100 ml, para águas destinada a consumo humano após tratamento convencional, recreação de contato primário e irrigação de hortaliças, entretanto observou-se que apenas o Ponto 2 não apresentou desconformidade com a legislação. Segundo

Nunes et al. (2019) em estudo do rio Salgadinho- CE, a presença dos coliformes termotolerantes no ambiente aquático foram indicativo de contaminação fecal humana, o que resultaria na falta de saneamento básico na região.

Conforme informações do Sistema Nacional de informações sobre Saneamento (SNIS), dados 2018, dos pontos amostrais analisados ao longo do rio Itajaí-Açu, apenas o município de Blumenau conta com 43% da parcela populacional atendida por rede coletora de esgoto, os demais municípios ainda fazem o uso de fossas sépticas ou não apresentam informações de destino de seus efluentes. A potabilidade da água no Ponto 2 pode ser atribuída a vegetação representativa, 22,56% do seu território, conforme censo agropecuário do IBGE, tendo em vista que áreas florestadas às margens de rios atenuam a carga de poluentes lançada pelos efluentes (VIEIRA, 2019).

Os coliformes totais, variaram de 350 NMP/100 ml no ponto P5 outono, a 16.000 NMP/100 ml nos pontos P1, P3, P4, P5 na primavera, repetindo-se P1 e P5 no verão; P1 no outono e P3 somente no inverno ($\bar{X} = 7972 \pm 6.892,43$), **figura 1d**. A legislação não estabelece um padrão de valores para o indicativo, aponta apenas que a presença de bactérias do grupo coliformes é um indicador de microrganismos patogênicos caracterizando despejo de resíduos urbanos no curso hídrico (BRASIL, 2005). Conforme apresentado, o Ponto 2 manteve-se com os menores valores nas diferentes estações para o indicativo, já descrito acima como área de representatividade florestada. Alerta-se para o Ponto 1, o qual representa a formação do rio Itajaí-Açu, demonstrando que a água já se encontra contaminada por resíduos patogênicos oriunda da cabeceira da bacia do Itajaí.

Figura 1. Análise descritiva dos parâmetros químicos e biológicos da água no rio Itajaí-Açu



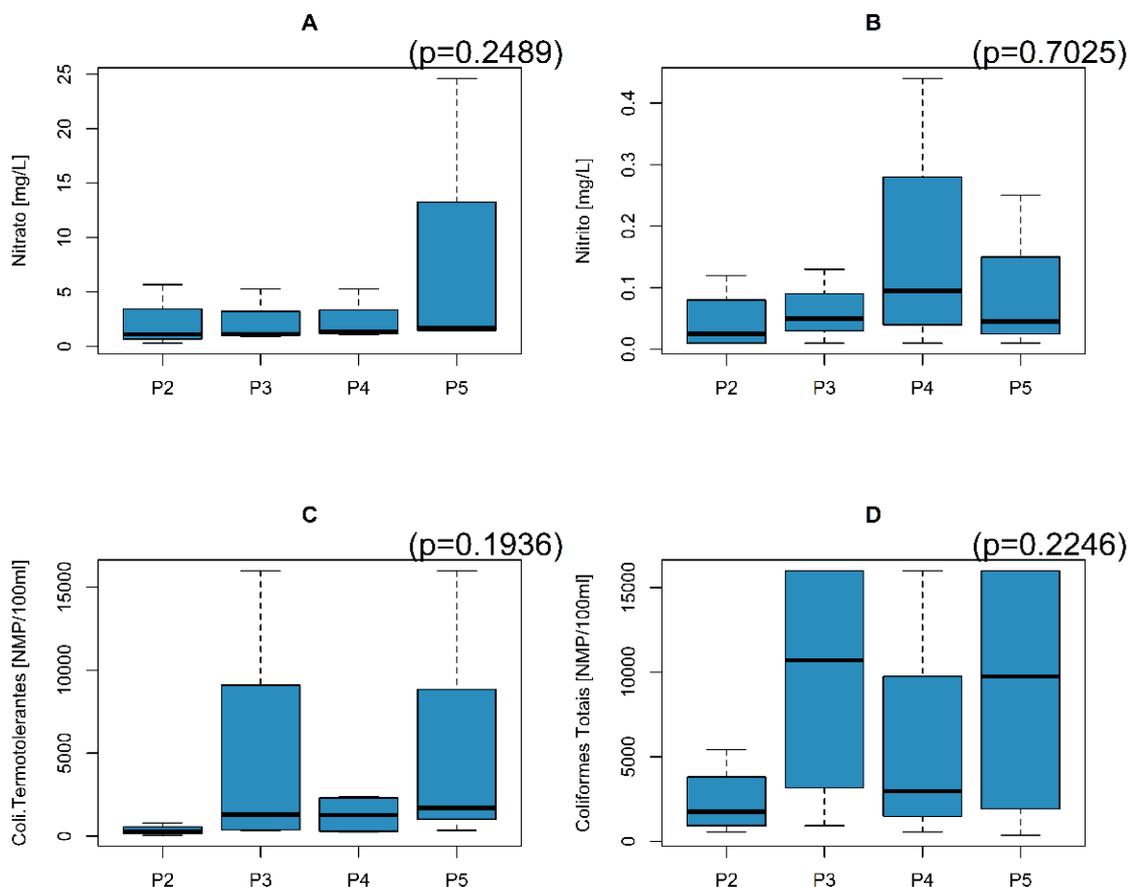
Fonte: ORGANIZADO PELOS AUTORES, 2020.

Aplicando-se o teste de Shapiro-Wilk, para normalidade dos indicadores químicos e biológicos, verificou-se que os dados que não seguem a distribuição normal, não paramétricos, apresentando o nível de significância inferior a 0,001 ($p < 0,001$). Resultou valores para nitrato $p = 1,649 \cdot 10^{-7}$; nitrito $p = 2,076 \cdot 10^{-5}$; coliformes termotolerantes $p = 3,65 \cdot 10^{-6}$ e coliformes totais $p = 0,021 \cdot 10^{-2}$, o que demonstra a probabilidade ínfima do valor aparecer novamente em relação aos demais. Resultados não paramétricos também foram encontrados por De Melo (2020) em estudo de bacia hidrográfica no Estado do Mato Grosso; Freire (2020), em diferenças estatísticas interanuais (2013 a 2018) e sazonais da qualidade da água em trechos monitorados de 11 bacias hidrográficas do semiárido brasileiro, no estado do Ceará.

A fim de verificar se existe diferença estatística significativa entre os resultados das análises dos indicadores químicos e biológicos e os diferentes pontos amostrais, aplicou-se o teste de Kuskall Wallis, que corrobora com os dados não paramétricos (figura 2).

Considerando o resultado dos valores de “p” na aplicação do teste de Kuskall Wallis para as frequências espaço-sazonais, revela-se que não existe diferença significativa entre o indicadores químicos; nitrato $p = 0,2489$ (figura 2a) e nitrito $p = 0,7025$ (figura 2b); e biológicos; coliformes termotolerante $p = 0,1936$ (figura 2c) e coliformes totais $p = 0,2246$ (figura 2d) nos diferentes pontos amostrais, pois apresentam valores superiores a 0,05 ($p > 0,05$).

Figura 2. Teste de significância espaço-sazonais nos indicadores químicos e biológicos



Fonte: ORGANIZADO PELOS AUTORES, 2020.

Dados estes que, infelizmente apontam para a contaminação química e biológica em toda a extensão do rio Itajaí-Açu, independentemente da estação sazonal. Em pesquisa em rio no estado do Amapá, Abreu e Cunha (2020), relatam resultados químicos para nitrogênio e biológicos para o grupo coliformes que corroboram com o estudo em questão para a qualidade da água, apontando para fortes impactos antrópicos na bacia, tais como os urbanos, agropecuários e industriais.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através do uso da técnica estatística são de fiabilidade para o monitoramento dos indicadores da qualidade de água, elucubrando sobre o efeito das atividades antrópicas na qualidade das águas de uma bacia hidrográfica. Apesar do apontamento contaminante influenciado pelas áreas agrícolas e pelo despejo de efluentes em todo o rio Itajaí-Açu, observou-se que a vegetação presente em um dos pontos amostrais, localizado no município de Apiúna (P2), ainda é capaz de atenuar parte da carga química e biológica despejada no curso hídrico.

Identificando apenas o município de Blumenau ao longo do rio Itajaí-Açu, com tratamento parcial adequado de esgotamento sanitário (43%), urge a necessidade de implantação de Planos Municipais de Saneamento Básico em todos os municípios integrantes da bacia hidrográfica do Itajaí. Salientando que, desde a confluência do recurso hídrico (P1), o mesmo encontra-se contaminado biologicamente, fora dos padrões de potabilidade estabelecido em lei, comprometendo a saúde da população.

A ausência ou precariedade de um instrumento de planejamento para a prestação de serviços públicos de saneamento nos municípios, além de infringir o princípio legal da dignidade humana de acesso à água limpa e ao esgotamento sanitário adequado, contribui para o aumento da degradação ambiental do território bem como a salubridade da sua população. Desafiar a retórica das leis e os contornos da gestão pública é um esforço a ser continuado no sentido de realizar ações concretas, exercitando a crítica em face aos conflitos de gerenciamento ambiental, entre vida social e meio-ambiente, entre território e cidade, intervindo assim, integralmente em defesa ao meio ambiente e a dignidade do cidadão brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Carlos Henrique Medeiros de; CUNHA, Alan Cavalcanti. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 22, n. 1, p. 45-56, 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília (DF): 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 25 set. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União, Brasília (DF), 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em 25 set. 2020.

BRASIL, Lei. 11.445 de 05 de janeiro de 2007. **Institui a Política Nacional de Saneamento Básico**, 2007.

BRASIL. Ministérios das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**. Brasília (DF), 2013.

Caderno Síntese. **Plano de recursos hídricos da Bacia do Itajaí: para que a água continue a trazer benefícios para todos**. Volume 1, 2010.

CONAMA, Resolução. 357, de 17 de março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA**, v. 357, 2005.

CORNELLI, Renata et al. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. **Scientia cum Industria**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1-14, 2016.

DE MELO, Martins Toledo et al. QUALIDADE DA ÁGUA PARA A IRRIGAÇÃO, A SUSTENTABILIDADE DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA-RIACHO QUEIMA PÉ, TANGARÁ DA SERRA/MT. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 76, p. 16-27-16-27, 2020.

FONSECA, André Lemos. **Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da lagoa de Extremoz/RN**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FREIRE, L. L. **Variação sazonal e interanual da qualidade das águas de rios do semiárido brasileiro**. 2020. 160p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. Method 9221—Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, p. 9-45, 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc>. Acesso em: 21 set. 2020.

NUNES, Likaele Moreira et al. Pesquisa de coliformes totais e termotolerantes no rio Salgadinho no município de Juazeiro do Norte, CE. **Revista Eletrônica Acervo Científico**, v. 7, p. e2243-e2243, 2019.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 14 ago. 2020.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre saneamento. **Águas e Esgotos**. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto. Acesso em: 21 set. 2020.

VIEIRA, Isabel. Mapeamento da área de preservação permanente na margem norte do rio Itajaí-Açu em área urbana consolidada. **Metodologias e Aprendizado**, v. 1, p. 26-29, 2019.