



ANÁLISE DA PRESENÇA DE COLIFORMES TOTAIS E TERMOTOLERANTES COMO INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RÍO LINHA ANTA (CRICIÚMA/SC)

Luiz Felipe de Albuquerque Feliciano¹

Gilberto Tonetto²

Fernando Bueno Ferreira Fonseca de Fraga³

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

A água é um elemento crucial para a sobrevivência dos seres humanos e de todos os seres vivos. De toda água disponível no planeta, apenas 2,5% é considerada água doce, e apenas 0,007% está localizada em rios e lagos, sendo que parte dessa água está constantemente sendo contaminada química e biologicamente por poluentes emitidos direta ou indiretamente pelos seres humanos. Como a região sul catarinense foi um grande polo da mineração, diversos de seus mananciais sofreram contaminação tomando-os praticamente inutilizados para consumo de humano e impossibilitando a sobrevivência de seres aquáticos. O foco deste estudo foi rio Linha Anta, o qual localiza-se nos municípios de Criciúma e Içara, e possivelmente foi afetado pelas atividades poluidoras da região. Além da poluição causada pela mineração, percebe-se o depósito de esgoto, por tal razão este estudo verificou a presença contaminantes microbiológicos, tais como coliformes totais e *Escherichia coli* em seu leito, sendo o último um grande indicador de contaminação fecal. As análises realizadas revelaram que todos os 3 pontos analisados tiveram resultados positivos em ao menos uma das amostras, sendo o ponto mais próximo à área urbanizada aquele que apresentou uma maior quantidade de coliformes e *E. coli*. Em contrapartida, o local de amostragem próximo à nascente apresentou menor quantidade destes indicadores de poluição. Deste modo, o estudo evidencia que a urbanização, quando não acompanhada de práticas eficientes de saneamento básico, afeta diretamente a qualidade dos rios que cortam as cidades.

Palavras-chave: Poluição hídrica; Coliformes, Placas 3MTM PetrifilmTM.

¹ Aluno do curso técnico de meio ambiente – Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC – Campus Criciúma, lfelipefeliciano@gmail.com.

² Prof. Esp. Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Criciúma, gilberto.tonetto@ifsc.edu.br.

³ Prof. Me. Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Criciúma, fernando.bueno@ifsc.edu.br.



INTRODUÇÃO

Estima-se que aproximadamente 97% da água disponível na Terra esteja nos oceanos, ou seja, é salgada, o que inviabiliza o consumo e uso por parte dos seres humanos e diversos outros seres vivos. Dentre os 3% de água doce disponível, 1,75% é de difícil acesso, pois encontra-se em geleiras, e 1,243% é subterrânea (em aquíferos), restando apenas 0,007% da água total disponível em rios e lagos (BRANCO, 2021).

O Brasil encontra-se em posição de destaque no âmbito de disponibilidade deste recurso, pois calcula-se que de toda água disponível no mundo 12% esteja em seu território. Todavia, a distribuição da água no país é desigual, pois 80% da água doce está disponível na Região Norte do país (JADE, 2018). Sendo as três principais bacias hidrográficas a Bacia Amazônica, a Bacia Tocantins-Araguaia, e Bacia Platina, onde as duas primeiras estão localizadas predominantemente na Região Norte do país, e a última na Região Sul (O ECO, 2015)

Apesar da grande disponibilidade de água em território brasileiro, a análise da qualidade da água em 278 pontos de coleta distribuídos pelo País mostrou resultados considerados preocupantes. Os dados revelam que em cerca de 4/5 de todas as amostras, os valores obtidos em diversos parâmetros indicadores de qualidade foram superiores aos admitidos para água destinada ao consumo humano (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n. 6.938/1981, Art. 3º), a poluição é definida como:

A degradação da qualidade ambiental que resulta de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. (BRASIL, 1981, p. 1).

A qualidade da água pode ser analisada verificando-se diversos fatores químicos e físicos, incluindo a presença de indicadores biológicos específicos. Para avaliar a qualidade microbiológica da água, um indicador bastante utilizado é a presença de bactérias do grupo dos coliformes. Este grupo de bactérias caracteriza-se por apresentar células em formato de bastonetes gram-negativos capazes de realizar a fermentação de lactose a uma faixa de temperatura de $35,0 \pm 0,5$ °C em até 48 horas (CONSELHO

NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 2000).

Dentre os principais gêneros do grupo de bactérias coliformes estão *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, e *Escherichia*, todavia, a espécie *Escherichia coli* é um dos indicadores mais utilizados para confirmar a presença de poluição fecal na água. Este grupo representa cerca de 94% de todos os gêneros isolados diretamente das fezes, um dos motivos para isso é que elas vivem em simbiose naturalmente com os seres humanos e outros animais de sangue quente, auxiliando na digestão de alimentos, além de representar cerca de 1% de toda biomassa bacteriana (TALLON, *et al.* 2008).

Na região carbonífera catarinense, por conta da atividade de mineração de carvão realizada sem cuidado ambiental entre as décadas de 1950 a 1980, diversos dos mananciais foram contaminados com o rejeito deste processo (BORTOLOTTI; SAVI; PICH, 2013), dentre eles podemos citar a bacia hidrográfica do rio Urussanga.

A bacia do rio Urussanga é uma das principais bacias hidrográficas do sul catarinense. Ela está localizada na 10ª região hidrográfica de Santa Catarina e somente no município de Criciúma possui 147 nascentes, sendo 37% delas sem acúmulo e 63% nascentes com acúmulo. Seus afluentes no município de Criciúma são o rio Ronco d'Água e o rio Linha Anta (FUNDAÇÃO DE MEIO AMBIENTE DE CRICIÚMA (FAMCRI); INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS (IPAT); UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE (UNESC), 2010).

Apesar de Criciúma ser uma das maiores cidades de Santa Catarina e ter parte significativa dos seus mananciais comprometidos pela mineração de carvão, ainda são escassos os estudos com foco na análise de alguns dos cursos d'água que cortam o município. Um importante manancial da região é o rio Linha Anta, sendo este um dos rios que compõem a bacia do rio Linha Anta e está localizado nas cidades de Criciúma e Içara.

A percepção geral de que a qualidade da água do rio Linha Anta está comprometida por diferentes fontes de poluição, carece de dados específicos que demonstrem claramente quais são esses poluentes e como minimizar sua ocorrência. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo verificar a qualidade microbiológica das águas do rio Linha Anta, utilizando a presença de coliformes totais e termotolerantes como indicadores de poluição hídrica.



METODOLOGIA

Segundo o censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010) Criciúma é a 5ª cidade mais populosa do estado de Santa Catarina, possuindo 192.308 habitantes, onde cerca de 98,61% de sua população vive em meio urbano, além disso é a 99ª cidade com maior produto interno bruto do estado, possuindo como principais atividades econômicas indústria e serviço.

Por décadas a cidade foi considerada a capital do carvão, onde nos anos 50 chegava-se a gerar 400 mil toneladas anuais. Além de Criciúma a maior parte das cidades possuíam como principal atividade econômica a mineração, tornando essa a principal fonte econômica do estado (ZANETTE; CAMILO, 2018). Contudo estas atividades econômicas eram realizadas sem os devidos cuidados com o meio ambiente, indo desde a atividade de mineração, até o descarte inadequado dos resíduos gerados por esta atividade, gerando um alto prejuízo ambiental para a região carbonífera (BORTOLOTTI; SAVI; PICH, 2013).

Um dos rios que sofreu poluição por conta da mineração foi o rio Linha Anta, um afluente do rio Urussanga. A maior parte das nascentes do rio Linha Anta está localizada no Parque municipal do Morro do Céu próximo ao centro da cidade de Criciúma. Por ser uma área remanescente da Mata Atlântica e ser rodeado por área urbana, esse parque é considerado por muitos como uma “ilha verde”, possuindo nascentes de diversos rios da região como o rio Criciúma e o rio Linha Anta.

Após sair do Morro do Céu, o curso do rio Linha Anta é canalizado e só volta a ser visível no bairro Próspera, de onde segue até o bairro Vila Rica, onde ele corre até sua foz, unindo-se com o rio Esperança, já na cidade de Içara (DIAS, 2008).

Rio Linha Anta

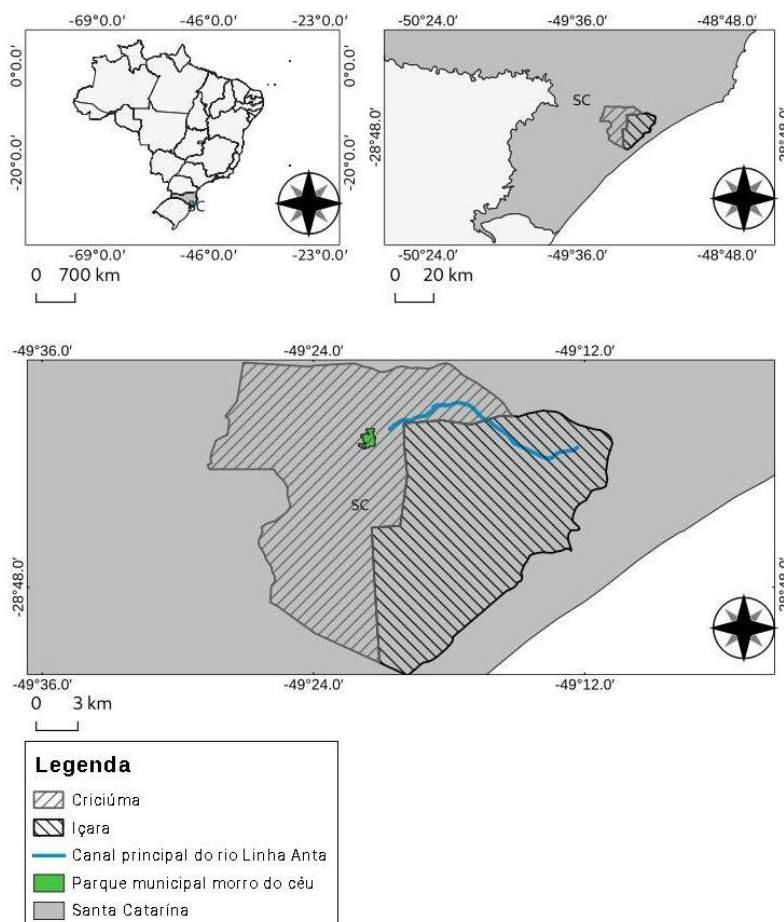
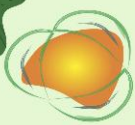


Figura 1 Localização da microbacia do rio Linha Anta

As amostras foram coletadas em três pontos distintos da microbacia (conforme Figura 2) sendo o primeiro ponto de coleta (Figura 2 A) localizado no bairro Vila Esperança na cidade de Içara (28°42'14.95"S e 49°13'50.84"O), próximo ao local onde ele se une com o rio Esperança. Esta é uma área rural, com predominância de atividade agrícola, possuindo assim poucas moradias próximas a margem do rio.

O segundo ponto de coleta (Figura 2 B) está localizado em uma das nascentes do rio, essa localizada no bairro Próspera na cidade de Criciúma (28°40'9.81"S e 49°20'42.70"O). Dos pontos de coleta realizado este é o que possui menor índice de antropização, pois está localizado em uma área de mata fechada, possuindo apenas algumas trilhas para turistas. Por este motivo há uma grande quantidade de matéria orgânica depositada no solo (tais como folhas e galhos).



O terceiro local de coleta (Figura 2 C) localiza-se no bairro Brasília (28°40'36.88"S e 49°19'58.09"O), próximo ao Instituto Federal de Santa Catarina. Este ponto é um local urbano, com casas e indústrias ao seu redor, possuindo pouca mata ciliar, além de haver tubulações que levam esgoto até seu leito.



Figura 2: Ponto de coleta 1 (A), ponto de coleta 2 (B), Ponto de coleta 3 (C)

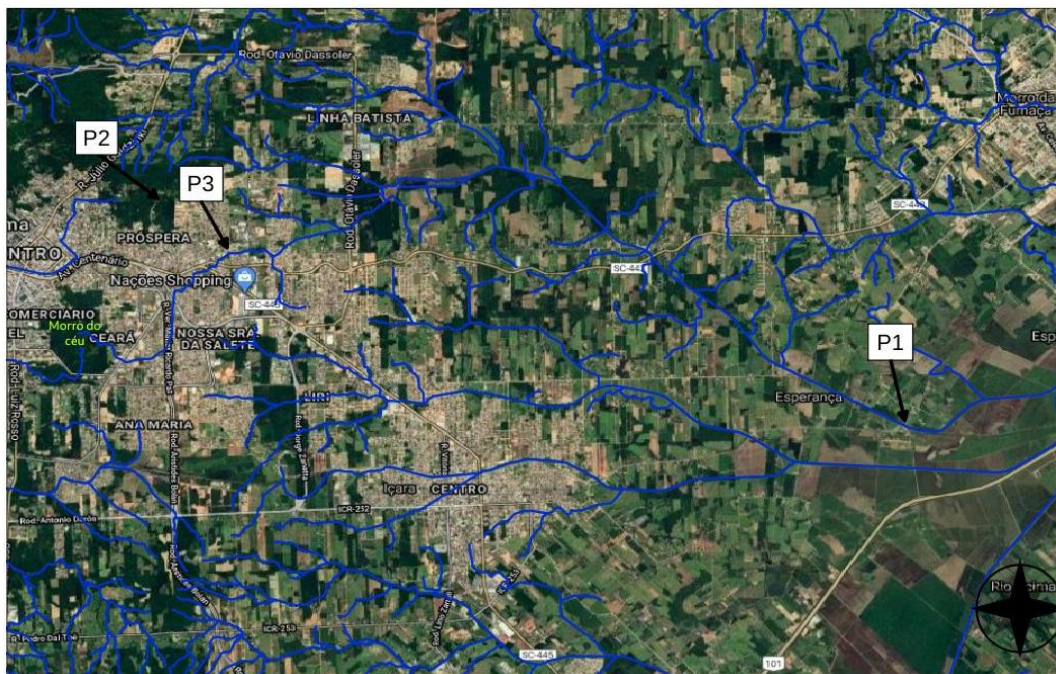


Figura 3: Locais de coleta da amostra

As amostras foram coletadas utilizando frascos de vidro de 250 mL (um frasco para cada ponto) previamente esterilizados e com o auxílio de um cabo extensor para alcançar pontos mais distantes da margem. Após a coleta, as amostras foram armazenadas sob refrigeração por um período não superior a 24 h até a realização dos ensaios microbiológicos.

As amostras foram homogeneizadas e com o auxílio de uma micropipeta de 1000 μ L, 1 mL de amostra de água foi transferido para o meio de cultivo *3MTM PetrifilmTM* e gentilmente espalhado para garantir uma distribuição uniforme. Os experimentos foram conduzidos em duplicata para cada ponto analisado.

Os testes *3MTM PetrifilmTM* baseiam-se no princípio de identificação de atividade glicuronidásica e produção de gás ao entorno da colônia bacteriana, ocasionados pela fermentação da lactose. A identificação de atividade Beta-glicuronidásica é um grande indicador de presença de colônias de *E. coli*, pois cerca de 97% das cepas desta espécie possuem essa enzima, que forma um precipitado de coloração azulado ao reagir com o meio de cultivo. Além da contagem de colônias de *E. coli* o meio Vermelho Violeta Bile permite que seja realizada a contagem de colônias Coliformes totais, pois essas formam pequenos pontos avermelhados com formação de bolhas em seu redor (3M DO BRASIL LTDA, 2009). Apesar desta técnica ser menos utilizada que o método de tubos múltiplos,



segundo Wohlsen, *et al.* (2006) as placas *3MTM PetrifilmTM* possuem resultados mais precisos tendo um coeficiente de variação de 7,0% comparado a um coeficiente de variação de 33,3% dos tubos múltiplos, além de possuir uma maior exatidão comparada a técnica de tubos múltiplos.

Posterior a inoculação o meio de cultivo foi incubado em uma estufa à $37,0 \pm 1,0^\circ$ C. Após o período de 24 horas, com o auxílio de uma luz branca abaixo da placa *3MTM PetrifilmTM*, contou-se o número de colônias que realizaram fermentação e geraram bolhas em seu entorno. Em seguida, a placa foi incubada novamente na estufa e após o período de 48 horas analisou-se o número de colônias de *E. coli*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados obtidos da avaliação da contaminação microbiológica nos três pontos analisados do Rio Linha Anta, sendo o ponto 1 (P1) referente à amostragem na foz, ponto 2 (P2) na nascente e ponto 3 (P3) na região mais urbanizada.

Tabela 01 Quantidade de coliformes totais e *E. coli* (UFC/100 mL) nas amostras analisadas*.

| Mês | Coliformes totais | | | <i>Escherichia coli</i> | | |
|-----------|-------------------|------|--------|-------------------------|-----|-------|
| | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 |
| Out. 2020 | 5950 | 7350 | 126000 | 200 | 0 | 11000 |
| Nov. 2020 | 1450 | 3150 | 500 | 0 | 100 | 0 |
| Dez. 2020 | 2800 | 4550 | 10850 | 50 | 0 | 200 |
| Jan. 2021 | 13050 | 4850 | 14050 | 1450 | 540 | 1750 |
| Fev. 2021 | 3050 | 4950 | 7150 | 100 | 150 | 250 |
| Média | 5260 | 4970 | 31710 | 360 | 158 | 2640 |

* Os valores apresentados para cada ponto representam a média de ensaios feitos em duplicata.

Ao realizar a análise da tabela 1 é possível observar que houve a presença constante de coliformes totais em todos os pontos analisados. Já a ocorrência de *E. coli* foi identificada nos 3 pontos, mas varia conforme o mês de análise. Considerando a média aritmética de todos os pontos, ao ordenar o número de unidades formadoras de colônias de *E. coli* e coliformes em 100 mL de amostra, nota-se que o ponto 3 apresentou a maior média (31710 UFC/100mL para coliformes totais e 2640 UFC/100mL para *E. coli*). Em seguida vem o ponto 1 (5260 UFC/100mL para coliformes totais e 360 UFC/100mL para *E. coli*) e por último o ponto 2, com a menor média (4970 UFC/100mL e 140 UFC/100mL para *E. coli*).

Ao individualizar os dados obtidos, é possível perceber que apesar do ponto 2 (nascente) estar localizado em uma área de mata fechada, os resultados revelam que em 4 das 5 amostragens realizadas obtiveram valores maiores de coliformes totais quando comparado ao ponto 1 (foz). Todavia, somente 2 das 5 amostragens seguiram tal padrão para *E. coli*.

Tais resultados podem ser justificados por conta da nascente estar em uma mata fechada onde ocorre a presença de diversos animais, além do local possuir acesso a visitantes, soma-se a isso os altos índice pluviométrico da semana em que as coletas foram realizadas (Tabela 2). Desse modo, o fluxo de água que escoou para a nascente pode ter levado eventuais resíduos. Além de levar fezes de animais, resíduos de matéria orgânica e solo, causando assim uma maior quantidade de unidades formadoras de colônias de coliformes totais nestas amostras. Atualmente sabe-se que os coliformes totais não são indicadores seguros para contaminação fecal, uma vez que podem se multiplicar na natureza e ocorrem em habitats variados como solo e plantas (TALLON, *et al.* 2008).

Tabela 2: Índice pluviométrico na semana de coleta.

| Data da coleta | Precipitação da semana da coleta (mm) |
|----------------|---------------------------------------|
| 25 out. 2020 | 10,16 |
| 02 nov. 2020 | 09,14 |
| 17 dez. 2020 | 51,05 |
| 22 jan. 2021 | 48,77 |
| 12 fev. 2021 | 10,16 |



Por ser uma área urbana o ponto 3 foi o que possuiu maiores taxas de coliformes totais e *E. coli*, uma das prováveis causas é o fato de que o bairro onde foi coletada a amostra possuir edificações que não estão ligadas a rede de esgoto, ou seja, ele é depositado diretamente no rio fazendo com que o a quantidade de contaminantes microbiológicos, mais especificamente *E. coli*, sejam superiores ao ponto 1 e 2.

Ao realizar a classificação dos pontos de coleta do rio Linha Anta de acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), é possível perceber que os pontos são enquadrados em diferentes classes (Tabela 3). Fica evidente que o ponto 3 é aquele que indica a pior condição da qualidade microbiológica da água deste manancial, pois o mesmo é caracterizado como água de Classe III.

Tabela 3: Enquadramento dos pontos conforme a resolução CONAMA nº 357

| Ponto analisado | Classe | Limite de coliformes termotolerantes em 80% das amostragens de acordo com a Classe |
|------------------|--------|--|
| P1 (foz) | I | 200 (UFC/100 mL) |
| P2 (nascente) | I | 200 (UFC/100 mL) |
| P3 (área urbana) | III | 2500 (UFC/100 mL) |

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises demonstram que a qualidade da água do rio Linha Anta está comprometida, possuindo coliformes totais e termotolerantes em todos os pontos analisados. Houve predominância de poluição nos pontos de urbanização, contudo nota-se a presença de poluentes microbiológicos na foz e na nascente em menores níveis.

A publicação destes resultados possui suma importância para a população e para a preservação ambiental, pois ao realizar a divulgação do estudo da qualidade da água deste rio estimula-se os moradores a preservá-lo. Além disso, disponibiliza-se suporte bibliográfico para que a população possa acionar os órgãos públicos para que realizem uma fiscalização mais efetiva em relação a emissão de poluentes neste curso d'água.

A AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro concedido pelo IFSC campus criciúma a este trabalho por meio do edital de pesquisa n° 29/2019.

R REFERÊNCIAS

3M DO BRASIL.LTDA (São Paulo). **Guia de interpretação para contagem de E.coli e coliformes**. 2009. Disponível em: <<https://multimedia.3m.com/mws/media/5868570/guia-interpr-petrifilm-ecoli-e-coliformes.pdf>> Acesso em: 09 fev. 2021.

BORTOLOTTI, Tiago; SAVI, Geovana Dagostim; PICH, Claus Tröger. Influência da mineração de carvão na toxicidade das águas superficiais do Rio Molha, Urussanga, SC. **Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 13, fev. 2013. ISSN 2358-9426. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/tecnambiente/article/view/954/866>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

BRANCO, Pércio de Moraes. **Coisas que Você Deve Saber sobre a Água**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Coisas-que-Voce-Deve-Saber-sobre-a-Agua-1084.html>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

BRASIL. **Lei nº 6938, de 06 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 16 out. 2019.

BRASIL. instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Criciúma**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/criciuma/panorama>. Acesso em: 28 fev. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. **Resolução Conama N° 357, de 17 de Março de 2005**. Brasília: Diário Oficial da União (Dou), 18 Mar. 2005. v. 53, Seção 1, p. 58-63. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 02 jan. 2021.

DIAS, Adriano de Oliveira. **Degradação ambiental da Bacia do Alto Vale do Rio Linha Anta - Criciúma/SC no período de 1950-2007**. 2008. 94f. Monografia (Especialização em Geografia com ênfase em Estudos Regionais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2008. Disponível em: <<http://200.18.15.60:8080/pergamumweb/vinculos/000037/000037F7.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2021.

FUNDAÇÃO DE MEIO AMBIENTE DE CRICIÚMA; INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS; UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Projeto Nascentes: 1ª Etapa**. Criciúma: Ipat/unesc, 2010. 2 v. Volume 1. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/1229>>. Acesso em: 03 dez. 2019.



JADE, Líria. **Onde está a água no Brasil?** 2018. Disponível em:

<<https://www.ebc.com.br/especiais-agua/agua-no-brasil/>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

O ECO. **O que é uma Bacia Hidrográfica.** Dicionário Ambiental. Rio de Janeiro, abr. 2015.

Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/29097-o-que-e-uma-bacia-hidrografica/>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Observando os Rios 2019:** O retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica. São Paulo: SOS Mata Atlântica, 2019. 33 p. Disponível em:

<<https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Observando-Os-Rios-2019.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2019.

TALLON, Pam; MAGAJNA, Brenda; LOFRANCO, Cassandra; LEUNG, Kam Tin. Microbial Indicators of Faecal Contamination in Water: a current perspective. **Water, Air, And Soil Pollution**, [S.L.], v. 166, n. 1-4, p. 139-166, set. 2005. Springer Science and Business Media LLC. <<http://dx.doi.org/10.1007/s11270-005-7905-4>>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-005-7905-4#citeas>>. Acesso em: 08 fev. 2021.

WOHLSEN, T.; BATES, J.; VESEY, G.; ROBINSON, W.A.; KATOULI, M.. Evaluation of the methods for enumerating coliform bacteria from water samples using precise reference standards.

Letters In Applied Microbiology, [S.L.], v. 42, n. 4, p. 350-356, abr. 2006. Wiley.

<http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-765x.2006.01854.x>.

ZANETTE, Eduardo Netto; CAMILO, Silvio Parodi Oliveira. **Uma análise histórica da**

exploração do carvão mineral no sul de santa catarina: Do desenvolvimento socioeconômico a recuperação ambiental. In: JORNADA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO E POLÍTICAS PÚBLICAS, 2., 2018, Criciúma. Anais [...]. Criciúma: UNESC, 2018. v. 2, p. 0 - 11. Disponível em:

<<http://periodicos.unesc.net/seminariocsa/article/view/4687/4285>>. Acesso em: 01 mar. 2021.