

**XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**  
**15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA**

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE POLUIÇÃO POR METAIS EM ÁGUAS DE CARCINICULTURAS NA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO**

*Joyce Danyelle Silva Carvalho dos Santos<sup>1</sup>; Romulo André Santos Silva<sup>2</sup>; Raynne Aparecida de Souza Pires<sup>3</sup>; Joel Marques da Silva<sup>4</sup>; Carlos Alexandre Borges Garcia<sup>5</sup>; Adnivia Santos Costa Monteiro<sup>6</sup>; Marcos Vinicius Teles Gomes<sup>7</sup> & Silvânio Silvério Lopes da Costa<sup>8</sup>*

**RESUMO** – O presente trabalho tem como objetivo analisar as concentrações de metais e aplicar o índice de poluição por metais em águas sob influência da carcinicultura na região do baixo São Francisco. Foram escolhidas quatro fazendas de camarão distribuídas nos Municípios: Igreja Nova/AL, Propriá/SE e Brejo Grande/SE, e realizadas quatro campanhas amostrais nos meses de outubro e dezembro de 2018, fevereiro e julho de 2019. Utilizando a técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente, a determinação dos metais Al, Ba, Fe e Pb, foi utilizada para os cálculos de índice de poluição e o comparativo com as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS), do *Canadian Council of Ministers of the Environment* e do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). As concentrações nas águas foram 0,10 – 5390,00 µg L<sup>-1</sup> (Al), 0,01- 80,00 µg L<sup>-1</sup> (Ba), 0,20 – 4440,00 µg L<sup>-1</sup> (Fe) e 0,10 – 140,00 µg L<sup>-1</sup> (Pb). Os maiores valores mensurados foram nos pontos de viveiro e drenagem. Os resultados dos índices de poluição por metais (HPI) variaram de 15,56 – 1231,24, identificando possível impacto antropogênico nos pontos onde foi ultrapassado o valor crítico de poluição, os quais identifica potenciais efeitos danosos ao ambiente aquático.

**ABSTRACT**– The present study aims to analyze the concentrations of metals and apply the metal pollution index in waters under the influence of shrimp farming in the lower São Francisco region. Four shrimp farms were chosen, distributed in the Municipalities: Igreja Nova/AL, Propriá/SE and Brejo Grande/SE, and four sampling campaigns were carried out in the months of October and December 2018, February and July 2019. Using inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES), the determination of the metals Al, Ba, Fe and Pb was used for the calculation of the pollution index and the comparison with the guidelines of the World Health Organization (WHO), the Canadian Council of Ministers of the Environment and the National Council for the Environment (CONAMA) were addressed. The concentration ranges for water were 0.10 – 5390.00 µg L<sup>-1</sup> (Al), 0.01- 80.00 µg L<sup>-1</sup> (Ba), 0.20 – 4440.00 µg L<sup>-1</sup> (Fe) and 0.10 - 140.00 µg L<sup>-1</sup> (Pb). The highest values measured were at the nursery and drainage points. The results of metal pollution index ranged from 15.56 - 1231.24, identifying an anthropogenic impact at points where the critical pollution value was exceeded, which identified potentially dangerous effects on the aquatic environment.

**Palavras-Chave** – Aquicultura. Camarão. Recursos hídricos.

<sup>1</sup>) Graduando no Curso de Química Licenciatura, Universidade Federal de Sergipe- UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, joycedanyelle18@gmail.com;

<sup>2</sup>) Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, romuloandre.555@gmail.com;

<sup>3</sup>) Graduando no Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe- UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, raynneray@gmail.com;

<sup>4</sup>) Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, marquesengpetro@gmail.com;

<sup>5</sup>) Professor no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe -UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, carlosabgarcia@gmail.com;

<sup>6</sup>) Pesquisadora no Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, .

<sup>7</sup>) Pesquisador no Centro de Referência em Aquicultura e Recursos Pesqueiros de Itiúba, 5ª CII – CODEVASF, Perímetro irrigado do Itiúba, s/n, Porto Real do Colégio, AL, CEP: 7290-000, marcos.teles@codevasf.gov.br;

<sup>8</sup>) Pesquisador no Programa de Pós- Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, silvanioslc@gmail.com.

## 1 – INTRODUÇÃO

A partir da década de setenta, a carcinicultura brasileira passou a ser explorada como produção comercial na região Nordeste (ABCC, 2011). Com o passar dos anos, a criação de camarão em viveiro foi expandida, e com o aprimoramento tecnológico do processo produtivo, ganhou grande importância econômica, se difundindo e se consolidando no Brasil (Baldi, 2010).

O cultivo de camarão marinho, merece destaque devido tanto a sua importância econômica quanto para a preservação e manutenção dos estoques naturais que estão ameaçados devido a pesca indiscriminada, juntamente com a poluição do ecossistema aquático. Tal atividade vem com crescimento satisfatório nos últimos anos, onde a produção mundial de camarão cultivado em 1982 foi 112.007 toneladas e passando para 4.454.605 toneladas em 2013; representando crescimento de 3.977,07%. Enquanto que a captura em 1982 foi de 1.639.193 toneladas e 3.353.661 toneladas em 2013, crescimento de 104,59% (FAO, 2016; Saoud *et. Al.*, 2003).

A grande maioria dos viveiros de camarão, geram resíduos que afetam a qualidade das águas, prejudicando a biota nativa através de alterações bioquímicas, deterioração da qualidade da água, salinização de corpos hídricos e surtos de doenças (Silva, 2021).

Nas áreas de grande concentração de camarões, o excessivo e contínuo processo de descarga resultante da renovação da água, praticada em muitas fazendas acarreta diversos problemas ao meio adjacente, como a eutrofização, alterações na estrutura das comunidades biológicas e contaminação por elementos potencialmente tóxicos oriundos da alimentação artificial, os quais são contaminantes do ambiente aquático devido ao seu efeito bioacumulativo (Body, 1995).

A preocupação com a contaminação por metais traço em espécies comerciais nas atividades de criação tem levado a realização de estudos com o propósito de medir a concentração de metais, avaliar os níveis potencialmente perigosos para nutrição humana e fornece suporte para monitoramento ambiental (Páez-Osuna & Ruiz-Fernández, 1995<sup>a</sup>; Páez-Osuna & Tron-Mayen, 1996; Guhathakurta & Kaviraj, 2000; Hashmi *et al.*, 2002).

O objetivo deste trabalho é analisar as concentrações de metais e os índices de poluição por metais em água de carciniculturas do baixo rio São Francisco, fazendo comparações com valores máximos e mínimos determinados pela Organização Mundial de Saúde (OMS), Canadian Council of Ministers of the Environment e CONAMMA.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS:

Foram definidas quatro fazendas produtoras de camarão, duas de produção interior, em Igreja Nova/AL (F1) e Propriá/SE (F2), ambas localizadas em perímetros irrigados, e outras duas

propriedades com produção em área costeira no município de Brejo Grande/SE (F3 e F4) (Figura 1). Em cada fazenda, foram estabelecidos três pontos de coleta: no canal de captação, no viveiro de cultivo e no canal de drenagem.

As amostragens foram realizadas em 4 campanhas, outubro/2018, dezembro/2018, fevereiro/2019 e julho/2019, nos pontos descritos na Tabela 1, utilizando frascos de polietileno e âmbar de 1 litro esterilizados e previamente identificados. Após a coleta das amostras foram acondicionadas sob refrigeração em caixa térmica a temperatura de  $4^{\circ}\text{C} \sim 2^{\circ}\text{C}$ , com o objetivo de manter as características físico-químicas e em seguida transportadas para laboratório, onde foram armazenadas em geladeira ( $4^{\circ}\text{C} \sim 2^{\circ}\text{C}$ ), para posterior pré-tratamento e análise.

As propriedades foram localizadas geograficamente com a utilização de equipamento GPS (Sistema de Posicionamento Global), DATUM SIRGAS 2000, por meio do sistema de coordenadas geográficas como segue na tabela 1.

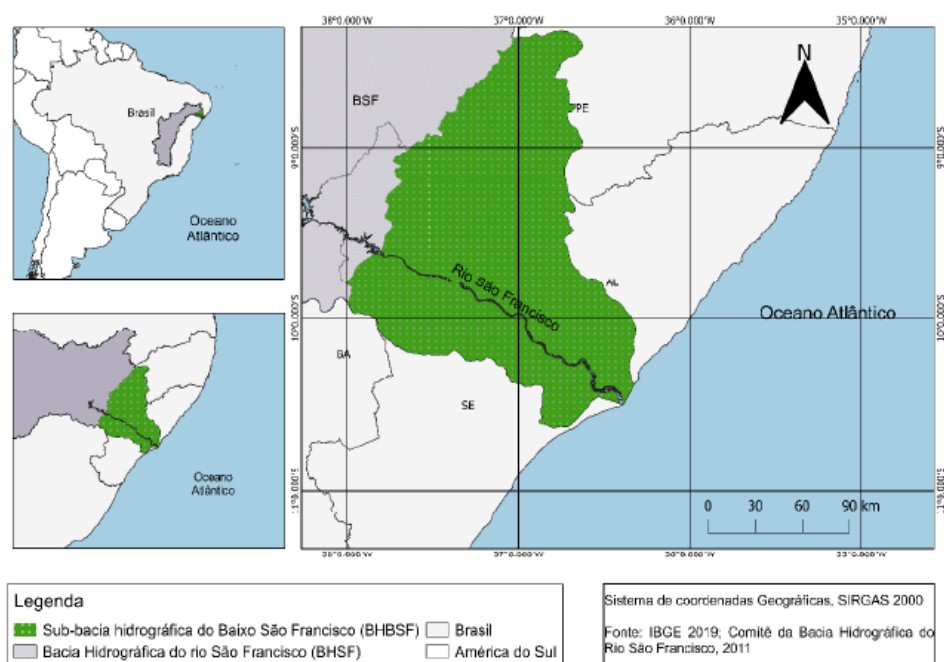


Figura 1 -Localização das Fazendas de carcinicultura (F1, F2, F3 e F4) em estudo.  
Fonte: Silva, 2021.

Tabela 1 - Descrição de pontos de amostragens e coordenadas geográficas.

| Fazenda | Município/Estado | Coordenadas Geográficas |               |
|---------|------------------|-------------------------|---------------|
|         |                  | Longitude               | Latitude      |
| F1      | Igreja Nova/AL   | 36°38'27.76"O           | 10°13'47.40"S |
| F2      | Propriá/SE       | 36°45'2.51"O            | 10°15'34.18"S |
| F3      | Brejo Grande/SE  | 36°26'55.40"O           | 10°26'14.23"S |
| F4      | Brejo Grande/SE  | 36°27'5.92"O            | 10°26'44.43"S |

Para determinação dos metais foi utilizado um espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) modelo ES-720 (Varian, Mulgrave, Australia), sob condições operacionais de potência de radiofrequência 1.200 W, vazão do gás no plasma 15,0 L min<sup>-1</sup> e vazão do gás de nebulização 1,0 L min<sup>-1</sup>.

Os parâmetros de qualidade da água analisados neste estudo foram comparados com as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para água potável (WHO, 2017), critérios de proteção da vida aquática, estabelecidos pelo Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2007), além de critérios preconizados pela Resolução CONAMA 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação de corpos hídricos (BRASIL, 2005).

### Cálculo do Índice de Poluição por Metais (HPI)

O Índice de Poluição por Metais (HPI) foi calculado para avaliar águas das fazendas de carciniculturas em relação aos metais. Nesta indexação, pesos ( $W_i$ ) entre 0 e 1 serão atribuídos para cada metal e o valor crítico do HPI é de 100. Neste estudo a ponderação unitária ( $W_i$ ) será atribuída como valor inversamente proporcional ao padrão recomendado ( $S_i$ ) do respectivo metal. Alumínio, bário, ferro e chumbo foram monitorados para aplicação do HPI. O modelo proposto é dado por (MOHAN E NITHILA, 1996): Onde  $W_i$  é o peso unitário do parâmetro,  $Q_i$  é o sub índice do parâmetro, e  $n$  é o número de parâmetros analisados. Para a determinação do valor de  $W_i$ ,  $k$  é a constante de proporcionalidade e  $S_i$  é o valor padrão admissível para o parâmetro. Os valores para cada parâmetro foram retirados do Guia para qualidade da água da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017), do Guia Canadense para qualidade e proteção aquática (CCME, 2017) e da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 357/05 (BRASIL, 2005). E para obtenção do valor de  $Q_i$ ,  $V_i$  é o valor obtido na análise para o parâmetro e  $S_i$  é o limite admissível para o parâmetro.

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Q_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \ggg W_i = \frac{k}{S_i} \ggg Q_i = 100 \frac{V_i}{S_i}$$

## 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os seguintes metais: alumínio, bário, ferro e chumbo, tendo a estatística dos dados obtidos e os limites permitidos pelas legislações apresentados na tabela 3. As faixas de concentrações na água foi 0,10 – 5390,00 µg L<sup>-1</sup> para o alumínio, 0,01- 80,00 µg L<sup>-1</sup> para o bário,

0,20 – 4440,00  $\mu\text{g L}^{-1}$  para o ferro e 0,10 – 140,00  $\mu\text{g L}^{-1}$  para o chumbo, os maiores valores avaliados foram nos pontos de viveiro e drenagem.

Ao fazer a comparação com as diretrizes para água potável da OMS (WHO, 2017), das normas para proteção da vida aquática do CCME (CCME, 2007) e pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), foram identificadas concentrações elevadas para o Al, Fe e Pb (Tabela 2).

Tabela 2- Resumo estatístico das concentrações dos metais (média, desvio padrão, mínimo e máximo) em  $\mu\text{g L}^{-1}$  analisados nas carcinoculturas durante as campanhas de amostragem.

| Fazendas/Pontos amostrados | Al                                    | Ba                             | Fe                                     | Pb                             |
|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
| <b>F1C</b>                 | 1110,03±1853,70<br>0,10 – 3250,00     | 10,00±17,32<br>0,01 – 30,00    | 1243,40 ± 2101,71<br>0,20 – 3670,00    | 0,10 ± 0,00<br>0,10 – 0,10     |
| <b>F1V</b>                 | 740,00±714,21<br>140,00 – 1530        | 46,67±30,55<br>20,00 – 80,00   | 513,33 ± 267,64<br>290,00 – 810,00     | 56,67 ± 23,09<br>30,00 – 70,00 |
| <b>F1D</b>                 | 3190,00 ± 2346,68<br>720,00 – 5390,00 | 43,33 ± 32,15<br>20,00 – 80,00 | 2730,00 ± 1705,00<br>1030,00 – 4440,00 | 0,10 ± 0,00<br>0,10 – 0,10     |
| <b>F2C</b>                 | 90,00± 14,14<br>80,00 – 100,00        | 10,00± 00,00<br>10,00- 10,00   | 705,00± 544,47<br>320,00 – 1090,00     | 0,10 ± 0,00<br>0,10 – 0,10     |
| <b>F2V</b>                 | 395,00 ± 134,35<br>300,00 – 490,00    | 70,00 ± 14,14<br>60,00 – 80,00 | 1455,00 ± 1364,72<br>490,00 – 2420,00  | 55,00 ± 21,21<br>40,00 – 70,00 |
| <b>F2D</b>                 | 310,00 <sup>a</sup>                   | 40,00 <sub>a</sub>             | 1620,00 <sub>a</sub>                   | 10,00 <sub>a</sub>             |
| <b>F3V</b>                 | 90,00 <sub>a</sub>                    | 50,00 <sub>a</sub>             | 350,00 <sub>a</sub>                    | 140,00 <sub>a</sub>            |
| <b>F4V</b>                 | 20,00 <sub>a</sub>                    | 70,00 <sub>a</sub>             | 250,00 <sub>a</sub>                    | 70,00 <sub>a</sub>             |
| <b>CCME*</b>               | -                                     | -                              | 300                                    | -                              |
| <b>CONAMA**</b>            | 100                                   | -                              | -                                      | -                              |
| <b>OMS***</b>              | -                                     | 700                            | -                                      | 10                             |

<sup>a</sup> Realizada apenas uma coleta amostral; \* Guia do Conselho Canadense de Ministros de Meio Ambiente (CCME) para proteção da vida aquática; \*\* Resolução CONAMA 357/05 águas doces de classe II; \*\*\* Diretrizes para qualidade da água potável da OMS.

As concentrações obtidas para o Al, Fe e Pb, foram comparadas com o estudo realizado por Razak *et al.* (2021) no rio Linggi, Malasia, e apresentam valores superiores, visto que, as médias encontradas foram de 11,72  $\mu\text{g g}^{-1}$  - 13,96  $\mu\text{g L}^{-1}$ , 45,77  $\mu\text{g g}^{-1}$  - 51,32  $\mu\text{g L}^{-1}$  e 0,01  $\mu\text{g g}^{-1}$  - 0,02  $\mu\text{g L}^{-1}$  para o Al, Fe e Pb, respectivamente, consideradas elevadas e foram associadas ao aporte de fertilizantes químicos provenientes de atividades antrópicas desenvolvidas próximas a calha do rio. Boyd e Massaut (1999) relataram que alguns metais estão presentes na forma de componentes naturais em rações, impurezas em fertilizantes ou substâncias ativas em pesticidas.

Lacerda *et al.* (2006) identificou que aditivos químicos como cal e cloro aplicados aos viveiros de produção apresentam em média uma variação de 1,9 a 3,3  $\mu\text{g g}^{-1}$  de Chumbo. Os autores

concluíram que as rações são os principais contribuintes quanto a contaminação por metais em viveiros devido as elevadas quantidades utilizadas.

Com relação ao cálculo do HPI, foi realizado com base na média das concentrações dos metais e estão apresentados na Tabela 3. Os resultados variaram de 15,56 – 1231,24 com média de 434,69, onde o maior valor de HPI foi obtido para F3V, seguido por F4V, F1V e F2V. Os elevados valores foram influenciados pelos altos teores de Pb nos pontos de viveiros das carciniculturas (Tabela 2).

Tabela 3 - Cálculo do HPI dos pontos amostrados das carciniculturas baseado na concentração média dos metais.

| Fazendas/Pontos amostrados | Al                            | Ba    | Fe     | Pb      | $\sum_{i=1}^n$ | HPI     | F- |
|----------------------------|-------------------------------|-------|--------|---------|----------------|---------|----|
|                            | W <sub>i</sub>                | 0,010 | (0,001 | 0,003   | 0,100          | 0,115   | -  |
| F1C                        | 11,100                        | 0,002 | 1,382  | 0,100   | 12,584         | 109,65  |    |
| F1V                        | 7,400                         | 0,010 | 0,570  | 56,667  | 64,647         | 563,31  |    |
| F1D                        | 31,900                        | 0,009 | 0,783  | 0,100   | 32,792         | 285,74  |    |
| F2C                        | 0,900                         | 0,002 | 0,783  | 0,100   | 1,785          | 15,56   |    |
|                            | W <sub>i</sub> Q <sub>i</sub> |       |        |         |                |         |    |
| F2V                        | 3,950                         | 0,014 | 1,617  | 55,00   | 60,581         | 527,88  |    |
| F2D                        | 3,100                         | 0,008 | 1,800  | 10,000  | 14,908         | 129,90  |    |
| F3V                        | 0,900                         | 0,010 | 0,389  | 140,000 | 141,299        | 1231,24 |    |
| F4V                        | 0,200                         | 0,014 | 0,278  | 70,000  | 70,492         | 614,25  |    |
| Média                      |                               |       |        |         |                | 434,69  |    |

Fazenda; C – Captação; V – Viveiro e D – drenagem.

Nos pontos F1C, F1V, F1D, F2V, F2D e F4V onde foi ultrapassado o valor crítico de poluição por metais de 100, proposto por Prasad e Bose (2001), foi possível identificar impactos antropogênicos, apontando potenciais efeitos perigosos para o meio hídrico natural. Desta forma, é notório que as águas das carciniculturas podem estar contaminadas pelos metais analisados.

#### 4 – CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, sugere-se que a atividade crescente de carcinicultura no Baixo São Francisco, apresenta elevação das concentrações de metais podendo ser ocasionadas pelo



uso, principalmente, de rações e consequentemente obtendo índices de poluição em estado crítico, apontando um grande perigo para o meio aquático.

## 5 - AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS), a Fundação de Apoio a Pesquisa e a Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF).

## 6 - REFERÊNCIAS

ABCC (Associação Brasileira de Criadores de Camarão). História da Carcinicultura no Brasil. Rio Grande do Norte: ABCC, 2011.

AZEVEDO J. K. G; RIBEIRO R. P; SISTÉLOS K. V; SOUZA R. N; BARBOSA K. N; SILVA M. A. S; RODRIGUES M. L. Carcinicultura no agreste paraibano: qualidade da água, um fator limitante. 28º Congresso de zootecnia do Brasil. 2018.

Baldi M, Da Silva Filho BR, Freire CA. Arranjo produtivo da carcinicultura potiguar: avanços e limites na articulação entre o estado e o setor produtivo. In: Anais do 34º Encontro da ANPAD; 2010 1-15; Rio de Janeiro: Brasil. Rio de Janeiro: Associação Nacional dos Cursos de Pós - Graduação em Administração; 2010.

BERGHEIM, A. & ASGARD, T., 1996. **Waste production from aquaculture**. In: Baird, D.J., Beveridge, M.C.M., Kelly, L.A., Muir, J.F. (Eds.), Aquaculture and Water Resource Management. Blackwell, Oxford, 50–80p.

BOYD, C.E., 1995. **Bottom Soil, Sediments and Pond Aquaculture**. Chapman and Hall, New York, USA. 350 p.

BRASIL, **Lei 10.650 de 16 de abril de 2003** – Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama.

BRASIL. Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Brasília, Brasil: Ministério de Meio Ambiente, 2005.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fao statistical yearbook 2016. Trends in the fisheries sector. Rome, p. 146, 2016.

LACERDA, L. .; SANTOS, J. .; MADRID, R. M. Copper emission factors from intensive shrimp aquaculture. Marine Pollution Bulletin, v. 52, n. 12, p. 1816–1823, 2006

LYLE-FRITCH, L. P.; ROMERO-BELTRAN, E.; PAEZ-OSUNA, F. A survey on use of the chemical and biological products for shrimp farming in Sinaloa (NW Mexico). *Aquacultural Engineering*, v. 35, n. 2, p. 135–146, 2006.

SAOUD, I. P.; DAVIS, D. A.; ROUSE, D. B. Suitability studies of inlandwell Waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*, p. 373-383, 2003

SILVA R. A. S. Efeitos da carcinicultura na qualidade da água na região do baixo são Francisco: uma análise estatística multivariada e índice de contaminação por metais, São Cristóvão. 2021

Torres R. F. Disponibilidade dos metais cobre e chumbo em um canal de maré receptor de efluentes de carcinicultura. Fortaleza-CE agosto/2009