

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCAMB

JÉSSICA TEREZINHA VITCHE DA SOLER

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM CAMARÕES
Litopenaeus vannamei (Boone 1931), CULTIVADOS NO MUNICÍPIO DE LAGUNA,
SANTA CATARINA

LAGES

2022

JÉSSICA TEREZINHA VITCHE DA SOLER

**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM CAMARÕES
(*Litopenaeus vannamei*) CULTIVADOS NO MUNICÍPIO DE LAGUNA, SANTA
CATARINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais, área de concentração em Monitoramento, Gestão e Controle Ambiental.
Orientadora: Prof. Dra. Indianara Fernanda Barcarolli.
Coorientador: Prof. Dr. Cristian Berto da Silveira.

LAGES

2022

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Soler, Jéssica Terezinha Vitche da
DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS
PESADOS EM CAMARÕES (*Litopenaeus vannamei*)
CULTIVADOS NO MUNICÍPIO DE LAGUNA, SANTA
CATARINA / Jéssica Terezinha Vitche da Soler. -- 2022.
82 p.

Orientador: Indianara Fernanda Barcarolli
Coorientador: Cristian Berto da Silveira
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação , Lages, 2022.


1. Camarão marinho. 2. Carcinicultura. 3. Bioacumulação. 4.
Legislação ambiental. I. Fernanda Barcarolli, Indianara . II. Berto da
Silveira, Cristian . III. Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação .
IV. Título.

JÉSSICA TEREZINHA VITCHE DA SOLER


**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM CAMARÕES
(*Litopenaeus vannamei*) CULTIVADOS NO MUNICÍPIO DE LAGUNA, SANTA
CATARINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais, área de concentração em Monitoramento, Gestão e Controle Ambiental.
Orientadora: Prof. Dra. Indianara Fernanda Barcarolli.
Coorientador: Prof. Dr. Cristian Berto da Silveira.

BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª. Dra. Indianara Fernanda Barcarolli
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC




Prof. Dr. Cristian Berto da Silveira
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membros:



Prof. Dr. Gilmar Conte
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC



Prof.ª. Dra. Marta Marques de Souza
Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Lages, 31 de outubro de 2022.

Dedico este trabalho aos meus pais, Tânia e Genivaldo, que mesmo longe mantiveram-se presentes em todos os momentos, me dando apoio para continuar seguindo com meus objetivos. A minha irmã, por vibrar junto as minhas conquistas. Ao meu esposo, pela paciência e compreensão em mais uma etapa. Em especial ao meu filho, meu legado.

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre ao meu lado, me dando forças em todos os momentos, e por colocar no meu caminho pessoas maravilhosas.

As amigas que fiz no mestrado, obrigado por tudo, por todas as conversas, risadas e conhecimentos compartilhados, nessa pandemia não nos conhecemos pessoalmente, mas nos unimos tanto quanto estivéssemos presentes, eu acho que no fim uma ajudou a outra a se manter firme e não desistir, vocês foram ótimas, sou grata por ter conhecido vocês... Cristiane, Isadora, Nicole e Emili. E em especial minha parceira de orientadora, Leticia, pela parceria e força até a nossa defesa, você foi incrível e presente nos momentos mais conturbados dessa reta final.

Em especial ao Sr. Zeno, Antônio e Abdon e também aos senhores Sorriso e professor Giovanni, pela parceria, por me receberem em suas fazendas e por permitirem a coleta dos camarões, tornando possível a realização deste trabalho.

A engenheira de pesca Natalia, uma grande colega da graduação, super atenciosa e carismática, que fez parte das coletas, fornecendo os camarões da fazenda do Sorrido e do professor Giovanni.

Aos meus professores, por fazerem parte dessa caminhada até aqui, pois sem vocês nada disso seria possível!

Aos professores envolvidos, obrigada pela parceria na leitura das análises, por estar podendo compartilhar desse experimento, serei eternamente grata por todo apoio.

A minha orientadora Indianara, que apesar de todas as dificuldades se manteve firme e me deu confiança para manter meu experimento acontecendo, apesar de longe e não nos conhecermos pessoalmente eu tenho um carinho enorme pela senhora. A finalização desse trabalho está sendo possível graças a você, sou eternamente grata por tudo que a senhora fez. A você toda minha admiração. Obrigado por tudo! E que Deus continue lhe abençoando e fazendo milagres em sua vida.

Ao meu coorientador Cristian, pelo apoio e parceria na minha dissertação, por permitir realizar todo o processamento das amostras em seu laboratório, me deixando muito à vontade. Eu sou grata mais um vez por todos os seus ensinamentos e sua atenção em mais uma etapa. Você tem minha admiração pela pessoa e pelo professor que você é. Por todos esses anos, tenho o senhor como uma grande amizade! Sou eternamente grata por toda parceria!

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”.

Claude Lévi-Strauss

RESUMO

O município de Laguna, localizado no sul de Santa Catarina é onde se concentra a maior parte das fazendas de produção de camarões branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*) do Estado. A região do estudo compreende o Sistema Estuarino-Lagunar (SEL) que compõe as lagoas de Santo Antônio (Laguna) na porção sul, Imaruí (Imaruí) na porção central e Mirim (Imbituba) na porção norte e recebe grande aporte de água doce dos rios adjacentes, sendo os mais predominantes os rios Tubarão e D'unna. Em consequência dessa drenagem ocorre a contaminação do SEL, por diversas fontes poluidoras, são elas: extração e rejeitos de mineração, agricultura, esgotos sanitários e domésticos, entre outros, ocasionando na dispersão de metais como Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb). Diante disso, o principal objetivo é determinar a concentração de metais pesados (Cd e Pb) em camarões cultivados (*Litopenaeus vannamei*) e analisar legislação ambiental da carcinicultura no Estado de Santa Catarina, com ênfase na região de Laguna – Santa Catarina. As coletas foram realizadas em um período de três meses (dezembro, janeiro e fevereiro), em três diferentes fazendas (A, B e C), além disso foram realizadas coletas de água dos viveiros, para análise das concentrações destes metais. Os resultados obtidos indicaram a presença de concentrações dos metais cádmio e chumbo no músculo e exoesqueleto dos camarões *L. vannamei*, cultivados em três Fazendas (A, B e C). Os resultados apresentaram teores máximos de cádmio no tecido muscular em mg/kg^{-1} ($0,5985 \pm 0,0358$; $0,6195 \pm 0,03229$; $0,2072 \pm 0,027$), e no exoesqueleto ($0,5209 \pm 0,1194$; $0,4208 \pm 0,0775$; $0,7122 \pm 0,1196$), respectivamente, e teores de chumbo no tecido muscular em mg/kg^{-1} ($3,5039 \pm 0,7380$; $3,3577 \pm 0,8287$; $3,0027 \pm 0,7551$) e no exoesqueleto ($2,5849 \pm 0,6349$; $0,7388 \pm 0,3788$; $5,2912 \pm 0,0757$). Na determinação de cádmio nos músculos dos camarões, com exceção das amostras da fazenda A e B da coleta de dezembro estiveram abaixo do limite permitido pela legislação, para o exoesqueleto, com exceção das amostras das fazendas A (dezembro) e C (dezembro e fevereiro) estiveram abaixo do limite permitido pela legislação. Os teores de chumbo no músculo apresentaram limites acima do permitido para todas as fazendas (A, B e C), e no exoesqueleto, todas as amostras, com exceção da Fazenda A e B (janeiro) e C (fevereiro), apresentaram acima do limite permitido. As amostra de água coletadas nos viveiros dos camarões, apresentaram-se abaixo do permitido pela legislação para cádmio, e para chumbo todas as amostras estiverem acima do permitido pela legislação. Além das leituras dos metais já mencionado, será abordado uma discussão sobre as principais leis ambientais relacionadas a aquicultura com ênfase na carcinicultura, que atuam no processo de licenciamento da atividade, através de pesquisa bibliográfica da área. A

carcinicultura no estado de Santa Catarina é Licenciada pelo IMA, e as normas para o licenciamento da atividade são geridas pela Resolução CONSEMA 133/2019, com base na resolução do CONAMA 312/2002, 302/2002, 303/2002 e também pelo novo Código Florestal, atendendo as suas referidas leis e decretos que complementam o processo de licenciamento.

Palavras-chave: Camarão marinho; Carcinicultura; Bioacumulação; Legislação ambiental.

ABSTRACT

The municipality of Laguna, located in the south of Santa Catarina, is where most of the white pacific shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production farms in the state are concentrated. The study region comprises the Estuarine-Lagunar System (SEL) that makes up the lagoons of Santo Antonio (Laguna) in the southern portion, Imaruí (Imaruí) in the central portion and Mirim (Imbituba) in the northern portion and receives a large supply of fresh water from the adjacent rivers, the most predominant being the Tubarão and D'unna rivers. As a result of this drainage, the SEL is contaminated by several polluting sources, they are: extraction and mining tailings, agriculture, sanitary and domestic sewage, among others, causing the dispersion of metals such as Cadmium (Cd) and Lead (Pb). Therefore, the main objective is to determine the concentration of heavy metals (Cd and Pb) in cultivated shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and to analyze environmental legislation for shrimp farming in the State of Santa Catarina, with emphasis on the region of Laguna - Santa Catarina. The collections were carried out in a period of three months (December, January and February), in three different farms (A, B and C), in addition, water collections were carried out from the ponds to analyze the concentrations of these metals. The results obtained indicated the presence of concentrations of cadmium and lead metals in the muscle and exoskeleton of shrimp *L. vannamei*, cultivated in three farms (A, B and C). The results showed maximum levels of cadmium in muscle tissue in mg/kg^{-1} (0.5985 ± 0.0358 ; 0.6195 ± 0.03229 ; 0.2072 ± 0.027), and in the exoskeleton (0.5209 ± 0.1194 ; 0.4208 ± 0.0775 ; 0.7122 ± 0.1196), respectively, and lead levels in muscle tissue in mg/kg^{-1} (3.5039 ± 0.7380 ; 3.3577 ± 0.8287 ; 3.0027 ± 0.7551) and on the exoskeleton (2.5849 ± 0.6349 ; 0.7388 ± 0.3788 ; 5.2912 ± 0.0757). In the determination of cadmium in shrimp muscles, with the exception of samples from farm A and B from the December collection, they were below the limit allowed by legislation, for the exoskeleton, with the exception of samples from farms A (December) and C (December and February) were below the limit allowed by law. The levels of lead in the muscle presented limits above the allowed for all farms (A, B and C), and in the exoskeleton, all samples, with the exception of Farm A and B (January) and C (February), presented above the allowed limit. The water samples collected in the shrimp ponds were below the allowed by the legislation for cadmium, and for lead all the samples were above the allowed by the legislation. In addition to the readings of the aforementioned metals, a discussion will be addressed on the main environmental laws related to aquaculture with an emphasis on shrimp farming, which act in the licensing process of the activity, through bibliographic research in the area. Shrimp

farming in the state of Santa Catarina is licensed by the IMA, and the rules for licensing the activity are managed by CONSEMA Resolution 133/2019, based on CONAMA resolution 312/2002, 302/2002, 303/2002 and also by the new Forest Code, taking into account the aforementioned laws and decrees that complement the licensing process.

Keywords: Marine shrimp; Shrimp farming; Bioaccumulation; Environmental legislation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização das Fazendas (A, B e C) de carcinicultura no município de Laguna/SC.	27
Figura 2. Separação do exoesqueleto e músculo do camarão.....	29
Figura 3. Secagem das amostras em estufa.	30
Figura 4. Amostras de músculo (M) e exoesqueleto (E), já diluídas.	31
Figura 5. Aparelho de Espectrofotometria de Absorção Atômica.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limite Máximo Toletado (LMT) em mg/kg de arsênio, chumbo, cádmio e mercúrio, estabelecido na IN n° 88 de 26 de março de 2021.....	20
Tabela 2. Procedimento amostral e características de cada Fazenda (A, B e C).....	28
Tabela 3. Resultados expressos como média e desvio padrão (n=10) para os comprimentos dos camarões coletados em três Fazendas (A, B e C) no município de Laguna/SC.	32
Tabela 4. Resultados expressos como média e desvio padrão (n=10) para as massas dos camarões coletados em três Fazendas (A, B e C) no município de Laguna/SC.....	33
Tabela 5. Resultados brutos para os parâmetros físico-químicos da água dos viveiros das três Fazenda (A, B e C), coletados no município de Laguna/SC.....	35
Tabela 6. Concentração de Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb) na água dos viveiros das Fazendas (A, B e C) no município de Laguna/SC. Os valores estão expressos em mg do metal por L de água.	36
Tabela 7. Concentração média e desvio padrão para as determinações de cádmio (Cd) no músculo e no exoesqueleto para os camarões coletados em três Fazendas (A, B e C) no município de Laguna/SC. Os valores estão expressos em mg do metal por kg do tecido.	39
Tabela 8. Concentração média e desvio padrão para as determinações de chumbo (Pb) no músculo e no exoesqueleto para os camarões coletados em três Fazendas (A, B e C) no município de Laguna/SC. Os valores estão expressos em mg do metal por kg do tecido.	42
Tabela 9. Estrutura hierárquica do SISNAMA com foco no Estado de Santa Catarina no Município de Laguna.....	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo geral.....	18
1.1.2	Objetivos específicos.....	18
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	18
	CAPÍTULO I.....	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1	BIOACUMULAÇÃO E BIOMAGNIFICAÇÃO.....	21
2.2	CONTAMINANTES INORGÂNICOS EM CAMARÕES.....	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	26
3.2	PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM.....	27
3.3	DIGESTÃO E DILUIÇÃO DAS AMOSTRAS.....	30
3.4	QUANTIFICAÇÃO DOS METAIS.....	31
3.5	PROCESSAMENTO DE DADOS.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
4.1	BIOMETRIA DOS CAMARÕES.....	32
4.2	PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS DA ÁGUA DOS VIVEIROS DE COLETA..	34
4.3	CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA DOS VIVEIROS.....	36
4.4	CONCENTRAÇÃO DE METAIS NOS CAMARÕES.....	38
4.4. 1	Cádmio (Cd).....	38
4.2.2	Chumbo (Pb).....	42
5	CONCLUSÃO.....	47
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
	REFERÊNCIAS.....	48
	CAPITULO II.....	63
	PRINCIPAIS LEIS E DECRETOS QUE REGEM A CARCINICULTURA NO ESTADO DE SANTA CATARINA: Uma revisão.....	63
7.	INTRODUÇÃO.....	63
8	METODOLOGIA.....	65
9.	LEIS, DECRETOS E INSTRUMENTOS FEDERAIS QUE REGEM O MEIO AMBIENTE E A AQUICULTURA.....	65

9.1	POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (PNMA): LEI Nº 6.938/1981.....	66
9.2	O NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO: LEI Nº 12.651/2012	67
9.2.1	RESOLUÇÕES CONAMA Nº 302 E Nº 303.....	68
9.3	CRIMES AMBIENTAIS: LEI Nº 9.605/1998	70
9.4	POLÍTICA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AQUICULTURA E PESCA: LEI Nº 11.959/2009.....	70
9.5	DECRETO Nº 10.576/2020: REGULAMENTA O USO DE ESPAÇOS FÍSICOS EM CORPOS D'ÁGUA DE DOMÍNIO DA UNIÃO PARA PRÁTICA DE AQUICULTURA	71
10.	LEGISLAÇÃO ESTADUAL DE SANTA CATARINA.....	72
11.	CÓDIGO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE: LEI Nº 14.675/2009	73
11.1	MODIFICAÇÕES DE RESOLUÇÕES DO CONSEMA.....	75
12.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
	REFERÊNCIAS	77