

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE**  
**Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação**  
**Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente**



**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DA FOLHA DE *CINNAMOMUM***  
***ZEYLANICUM* COMO ANESTÉSICO EM CAMARÃO GIGANTE DA MALÁSIA**  
**(*MACROBRACHIUM ROSENBERGII*)**

**Vanuza Flores de Oliveira**

**Araquari, 2024.**

**Vanuza Flores de Oliveira**

**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DA FOLHA DE *CINNAMOMUM ZYLANICUM* COMO ANESTÉSICO EM CAMARÃO GIGANTE DA MALÁSIA (*MACROBRACHIUM ROSENBERGII*)**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Ciências Ambientais).

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Eduardo Nogueira Martins.

**Coorientadores:** Prof. Dr. Robilson Antônio Weber e Prof. Dr. Artur de Lima Preto.

**Araquari, 2024.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e  
adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

OO48d Oliveira, Vanuza Flores  
DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DA  
FOLHA DE CINNAMOMUM ZEYLANICUM COMO ANESTÉSICO EM  
CAMARÃO GIGANTE DA MALÁSIA (MACROBRACHIUM  
ROSENBERGII) / Vanuza Flores Oliveira; orientador Dr.  
Carlos Eduardo Nogueira Martins ; coorientador Dr.  
Robilson Antônio Weber . -- Araquari, 2024.  
67 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal  
Catarinense, campus Araquari, , Araquari, 2024.

Inclui referências.

1. Óleo essencial de Cinnamomum zeylanicum. 2.  
Camarão Macrobrachium rosenbergii. 3. Anestésico. I.  
Martins , Dr. Carlos Eduardo Nogueira, II. Weber ,  
Dr. Robilson Antônio . III. Instituto Federal  
Catarinense. . IV. Título.

**Vanuza Flores de Oliveira**

**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DA FOLHA DE *CINNAMOMUM*  
*ZEYLANICUM* COMO ANESTÉSICO EM CAMARÃO GIGANTE DA MALÁSIA  
(*MACROBRACHIUM ROSENBERGII*)**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Ambiente e aprovada em sua forma final pelo curso de Mestrado Profissional de Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense – *Campus Araquari/SC*.

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Nogueira Martins  
Instituição IFC

---

Prof. Dr. Fabrício Moreira Sobreira  
Instituição IFC

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dra. Adarly Kroth  
Instituição UNOESC

---

Prof. Dra. Jaqueline Inês Alves de Andrade  
Instituição IFC

Araquari/SC

2024



**HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 1/2024 - CGES/ARA (11.01.02.39)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

**(Assinado digitalmente em 12/04/2024 11:07)**

**CARLOS EDUARDO NOGUEIRA MARTINS**

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

CGES/ARA (11.01.02.39)

Matricula: ###607#0

**(Assinado digitalmente em 12/04/2024 15:21)**

**FABRÍCIO MOREIRA SOBREIRA**

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

CGES/ARA (11.01.02.39)

Matricula: ###774#6

Visualize o documento original em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **1**, ano: **2024**, tipo:  
**HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**, data de emissão: **12/04/2024** e o código de verificação:  
**8e2c3ea1bc**

**Vanuza Flores de Oliveira**

**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DA FOLHA DE *CINNAMOMUM ZEYLANICUM* COMO ANESTÉSICO EM CAMARÃO GIGANTE DA MALÁSIA (*MACROBRACHIUM ROSENBERGII*)**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense.

**Data da Defesa: 04/04/2024**

**Banca examinadora:**

**Prof. Dr. Carlos Eduardo Nogueira Martins (Orientador)**

**Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria**

**Instituição de vínculo:** Instituto Federal Catarinense - IFC.

**Prof. Dra. Jaqueline Inês Alves de Andrade (Avaliadora)**

**Doutora em Aquicultura pela Universidade Federal de Santa Catarina**

**Instituição de vínculo:** Instituto Federal Catarinense - IFC.

**Prof. Dra. Adarly Kroth (Avaliadora)**

**Doutora em Ciências Biológicas: Fisiologia Humana pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

**Instituição de vínculo:** Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e por me ensinar que nada é impossível, que perante qualquer dificuldade quem acredita no seu amor encontrará o caminho da superação. Agradeço pela Tua graça e infinita generosidade, pois em todo instante eu sei que Tu estavas me amparando e me guiando.

Ao Instituto Federal Catarinense (IFC) - *Campus Araquari*, pela sua estrutura e, especialmente, pelos seus professores, cujos ensinamentos muitas vezes transcenderam as paredes da sala de aula e pelo seu programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente.

Ao meu orientador, professor Dr. Carlos Eduardo Nogueira, pelos conhecimentos repassados, pelo auxílio, pelos incentivos, pelas contribuições e por todas as reuniões realizadas para sanar as dúvidas.

Aos coorientadores professores, Dr. Robilson Antônio Weber e Dr. Artur de Lima Preto, a secretária de pós-graduação, Maika Janine Lazzaris, por todo suporte e atenção dedicado.

À banca examinadora, pela atenção dispensada na leitura deste trabalho.

À equipe do Laboratório de Pesquisa, pela colaboração para que a realização deste trabalho fosse possível.

Por fim, agradeço a todos que de uma forma ou outra contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste estudo. É muito difícil transformar sentimentos em palavras, mas serei eternamente grata a cada um de vocês, pessoas imprescindíveis para a realização e conclusão desta etapa da minha vida.

## Resumo

OLIVEIRA, Vanuza Flores de. **Determinação da concentração de óleo essencial da folha de *Cinnamomum zeylanicum* como anestésico em camarão gigante da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*)**. 2024. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2024.

Conhecido como camarão gigante da Malásia, o *Macrobrachium rosenbergii*, é uma das principais espécies cultivadas na aquicultura mundial. Com fácil adaptação ao clima tropical e com características propícias para criação, o Brasil vem incentivando a sua produção, no entanto, práticas rotineiras no cultivo desse crustáceo podem gerar estresse, afetando seu estado fisiológico, prejudicando seu desenvolvimento, sua sobrevivência e também a produção. Uma ferramenta importante que pode ser usada para minimizar o estresse do camarão durante as diversas etapas do manejo são os anestésicos - substâncias que reduzem o metabolismo dos animais. Diante disso, o objetivo deste estudo foi estabelecer a concentração adequada do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* para anestésiar essa espécie, determinando o tempo de indução e recuperação dos animais após a exposição à essa substância. O procedimento incluiu submeter os camarões a diferentes concentrações do óleo essencial (700, 1.000, 2.000 e 2.500  $\mu\text{L L}^{-1}$ ), observando o tempo de indução e recuperação à anestesia, e em seguida os animais foram transferidos para um tanque contendo somente água onde ficaram 24 horas sob observação para avaliar a sobrevivência desses. Concluiu-se que a concentração de 2.000  $\mu\text{L L}^{-1}$  de óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* é adequada para ser utilizada como anestésico no *Macrobrachium rosenbergii* quando se deseja uma indução e recuperação rápida. No entanto, mais estudos são necessários para avaliar possíveis alterações nos órgãos e tecidos.

**Palavras-chave:** camarão; canela; anestésico; óleo essencial.

## Abstract

OLIVEIRA, Vanuza Flores de. **Determination of the concentration of essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* leaf as an anesthetics in malaysian giant shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*)**. 2024. 67 f. Dissertation (Master of Science) – Postgraduate Course in Technology and Environment, Dean of Research, Postgraduate Studies and Innovation, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2024.

Known as the Malaysian giant shrimp, *Macrobrachium rosenbergii* is one of the main species cultivated in aquaculture worldwide. With easy adaptation to the tropical climate and with characteristics suitable for breeding, Brazil has been encouraging its production, however, routine practices in the cultivation of this crustacean can generate stress, affecting its physiological state, harming its development, survival and also production. An important tool that can be used to minimize shrimp stress during the various stages of management are anesthetics - substances that reduce the animals' metabolism. Therefore, the objective of this study was to establish the appropriate concentration of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil to anesthetize this species, determining the induction and recovery time of the animals after exposure to this substance. The procedure included subjecting the shrimp to different concentrations of essential oil (700, 1,000, 2,000 and 2,500  $\mu\text{L L}^{-1}$ ), observing the anesthesia induction and recovery time, and then the animals were transferred to a tank containing only water where they were under observation for 24 hours to assess their survival. It was concluded that a concentration of 2,000  $\mu\text{L L}^{-1}$  of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil is suitable for use as an anesthetic in *Macrobrachium rosenbergii* when rapid induction and recovery is desired. However, more studies are needed to evaluate possible changes in organs and tissues.

**Keywords:** shrimp; cinnamon; anesthetic; essential oil.

## Listas de Figuras

Figura 1 - Camarão da Malásia ( <i>Macrobrachium rosenbergii</i> ) .....	27
Figura 2 - Exemplar de <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .....	31
Figura 3 - Tanques onde os animais permaneceram para a realização da experimentação ...	47
Figura 4 - Determinação do tempo de indução após exposição ao OE .....	47
Figura 5 - Exposição dos <i>Macrobrachium rosenbergii</i> ao ar para indução ao estresse .....	48
Figura 6 - Caracterização química do óleo essencial de <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .....	50

## **Listas de Tabelas**

Tabela 1 - Estágio de anestesia em camarões.....	41
Tabela 2 - Determinação dos tempos de indução e recuperação .....	51

## Listas de Gráficos

Gráfico 1 - Tempos de indução à anestesia do <i>Macrobrachium rosenbergii</i> após exposição ao óleo essencial de <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .....	52
Gráfico 2 - Tempos de recuperação à anestesia do <i>Macrobrachium rosenbergii</i> após exposição ao óleo essencial de <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .....	52

## Listas de Abreviaturas e Siglas

CHH	Hormônio Hiperglicêmico
CONCEA	Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EROs	Espécies Reativas ao Oxigênio
FDA	<i>Food AND Drug Administration</i>
IFC	Instituto Federal Catarinense
L	Litros
LOA	Laboratório de Organismos Aquáticos
mL	Mililitros
µL	Microlitros
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
OE	Óleo essencial
PE	Fenoxietanol
PIB	Produto Interno Bruto
MS-222	Metanosulfonato de triclaína
HCC	Hormônio hiperglicêmico dos crustáceos
ROS	Espécies reativas de oxigênio
SNS	Sistema Nervoso Central
OEC	Óleo essencial de canela
OE's	Óleos essenciais

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1	A HISTÓRIA DA AQUICULTURA NO BRASIL .....	14
1.1.1	<b>Carcinicultura no Brasil</b> .....	22
1.2	ESPÉCIE MACROBRACHIUM ROSENBERGII .....	26
1.3	CANELA-DO-CEILÃO (CINNAMOMUM ZEYLANICUM).....	30
1.4	ÓLEOS ESSENCIAIS.....	32
1.5	INFLUÊNCIA DO ESTRESSE NO DESEMPENHO DO CAMARÃO .....	34
1.6	USO DE ANESTÉSICO NATURAIS.....	37
1.7	ESTÁGIOS DA ANESTESIA .....	40
2	<b>METODOLOGIA DO ESTUDO</b> .....	42
2.1	HIPÓTESES DO ESTUDO.....	42
2.2	OBJETIVO GERAL .....	42
2.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	42
2.4	JUSTIFICATIVA DO ESTUDO .....	43
3	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	45
3.1	ANIMAIS .....	45
3.2	ÓLEO ESSENCIAL DE CINNAMOMUM ZEYLANICUM .....	45
3.3	DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE INDUÇÃO E RECUPERAÇÃO .....	46
3.4	AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E HISTOLÓGICOS.....	48
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	49
4	<b>RESULTADOS</b> .....	50
4.1	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL .....	50
4.2	DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS DE INDUÇÃO E RECUPERAÇÃO .....	50
4.3	ANÁLISE DE GLICOSE E LACTATO .....	52
4.4	ANÁLISE HISTOLÓGICA DO HEPATOPÂNCREAS E DAS BRÂNQUIAS .....	53
5	<b>DISCUSSÃO</b> .....	54
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	56
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

As substâncias anestésicas utilizadas em animais reduzem o metabolismo e tranquilizam, diminuindo assim os custos metabólicos no transporte e melhoram na manipulação durante procedimentos aquícolas. Entre as substâncias utilizadas, estão as drogas sintéticas e produtos naturais, como extrativos vegetais, por exemplo.

De acordo com Becker *et al.* (2021), atualmente os anestésicos mais utilizados tanto na piscicultura quanto na carcinicultura, são o 2-fenoxietanol (PE), Éter dietílico, Benzodiazepinas, Halotano, Lidocaína, Cetamina, Medetomidina, Propofol, Dióxido de carbono e Benzocaína (p-aminobenzoato). Para Roubach e Gomes (2001), o metanossulfonato de tricaína (MS-222) é o anestésico mais utilizado no mundo, sendo a única droga anestésica aprovada pelo Departamento Americano de Controle de Drogas e Alimentos (*US Food and Drug Administration*) para uso em peixes e crustáceos destinados ao consumo humano. Já para Zahl, Samuelsen e Kiessling (2012), os compostos sintéticos utilizados como anestésicos para estes animais são o metanossulfonato de tricaína (MS-222), o metomidato, o 2-fenoxietanol, a benzocaína e a quinaldina. No entanto, alguns anestésicos podem causar danos, intensificando a liberação de catecolaminas e corticosteroides induzindo ao estresse, como é o caso da benzocaína e do MS-222 que aumentam os níveis de cortisol em *Salmo salar* e *Hippoglossus*, respectivamente, por isso, a importância de determinar concentrações apropriadas para cada espécie.

Em contrapartida, além dos produtos sintéticos, diversos produtos naturais também têm sido propostos para utilização como anestésicos na aquicultura, como é o caso de óleos essenciais (OE), os quais já se têm bons resultados (Becker *et al.*, 2021).

A prática da aquicultura de camarões de água doce no território brasileiro teve seu início há mais de três décadas. Contudo, nos últimos anos, a carcinicultura de água doce no Brasil tem experimentado um estágio de aprimoramento das técnicas de cultivo, notadamente mediante investimentos por parte do setor privado. O progresso no cultivo do camarão de água doce da espécie *Macrobrachium rosenbergii*, com resultados significativos

para determinadas empresas, tem suscitado e incentivado os aquicultores a ampliarem seus aportes financeiros (Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 2017).

No território brasileiro, destaca-se, do ponto de vista comercial, a espécie de camarão *Macrobrachium rosenbergii*, notabilizada por sua marcante rusticidade, precocidade e fecundidade. Sobressaem-se, no contexto do cultivo, suas notáveis características, tais como a elevada tolerância a distintas taxas de salinidade e temperaturas variáveis, bem como sua resistência a enfermidades. Ademais, a elevada qualidade da carne, considerada superior à do camarão marinho, conferem-lhe um posicionamento distintivo na esfera aquiculturística (Leite, 2019).

Entretanto, a captura, o manejo, a aglomeração, o confinamento e o transporte são componentes da aquicultura, os quais influenciam na resposta fisiológica ao estresse do camarão, sendo que este pode ser definido como um desequilíbrio da homeostase fisiológica do animal.

De acordo com Valenti (2002), vários são os fatores que podem levar a população de camarões ao estresse profundo, dentre eles podem ser mencionados: altas densidades de estocagem, concentração excessiva de alimento vivo nos viveiros, baixa qualidade, nutricional, transporte, manuseio inadequado e quedas crônicas de oxigênio dissolvido na água dos viveiros, entre outros fatores.

O estresse é o agente imunossupressor mais potente na carcinicultura, causador no declínio das defesas naturais dos camarões, deixando-os enfraquecidos e suscetíveis às contaminações por microorganismos patogênicos, presentes na água e nos sedimentos dos viveiros. Sendo assim, o desenvolvimento de estratégias que visem minimizar o estresse durante os manejos é de fundamental importância para o sucesso da atividade.

Dito isso, o uso de anestésicos naturais como os óleos essenciais já vem sendo estudado para aplicação em vários organismos aquáticos e seus resultados demonstram efeitos positivos em relação ao desempenho produtivo, eficiência de utilização dos nutrientes, aumento da taxa de crescimento, imunidade e proteção contra patógenos, resistência ao estresse, além disso, estão se destacando por serem substâncias naturais e seguras para o meio ambiente e animais.

A via de administração mais comum de anestésicos em espécies aquáticas é a inalatória, a qual se dá pelas brânquias durante o processo de respiração. Essas substâncias são adicionadas à água onde o animal encontra-se para tal efeito. Muitos fatores podem influenciar no efeito anestésicos em animais aquáticos. Dentre esses fatores temos o peso, idade, sexo, composição corpórea, estágio de desenvolvimento, taxa de crescimento, condições fisiológicas e de saúde do animal. Fatores ambientais também interferem nesse processo como pH, temperatura, salinidade, nível de oxigênio dissolvido, níveis de amônia e nitrato. Estes devem ser considerados como fontes de variação (Zahl; Samuelsen; Kiessling, 2012).

A maioria dos fármacos utilizados na piscicultura é de origem sintética. Dentre os mais comuns estão o metanossulfonato de tricaína (MS-222), a benzocaína, a quinaldina, o 2-fenoxietanol e o metomidato (Zahl; Samuelsen; Kiessling, 2012). A utilização dessas substâncias sintéticas, apesar de serem eficientes, causam efeitos colaterais tanto nos animais, quanto no homem e no meio ambiente (Inoue *et al.*, 2003). Diante disso, vem a importância de maiores estudos e utilização de produtos naturais.

Por se tratar de um animal, no qual se observa com facilidade comportamentos agonísticos, (Cagol, 2020), eles podem intensificar em situações de estresse relacionadas ou não ao manejo produtivo, o uso de anestésicos antes de capturar, manusear ou transportar exemplares de *M. rosenbergii*, de modo que podem contribuir para o aumento da sobrevivência e bem-estar deste animal. Neste sentido, o uso de óleos essenciais de plantas naturais, com efeitos anestésicos comprovados, podem ser importantes ferramentas para este fim.

## 1.1 A HISTÓRIA DA AQUICULTURA NO BRASIL

A aquicultura, refere-se à produção de organismos com *habitat* predominantemente aquático, em cativeiro, em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento, de modo que, essa atividade pode ser marinha, estuarina ou continental, ocorrendo o cultivo e a criação desses organismos aquáticos em fazendas e cativeiros.

Segundo Herrera (2023), a aquicultura abrange a criação de animais que inclui crustáceos, peixes e moluscos; e plantas, incluindo algas e macrófitas de água doce, sendo que, a aquicultura ocorre tanto em áreas interiores (água doce) quanto costeiras (água salobra, água do mar).

De acordo com Kubitzka *et al.* (2012), a palavra aquicultura deriva-se do latim, Aqui = água e Cultura = Cultivo. Portanto, aquicultura significa o cultivo de todos os organismos aquáticos, e atualmente está dividida em: Algicultura (Algi = algas) - parte da aquicultura que se enquadra o cultivo de macroalgas e microalgas, tanto de água marinha, água estuarina e água continental; Malacocultura (Malaco = molusco) - parte da aquicultura que se enquadra o cultivo de molusco com ênfase o cultivo de ostra, de mexilhão, de vieira entre outras tantas; Piscicultura (Pisci = peixe) - parte da aquicultura em que se enquadra o cultivo de peixe, tanto de água marinha, água estuarina e água continental e Carcinicultura (Carcini = camarão) - parte da aquicultura em que se enquadra o cultivo de camarão, tanto de água marinha, água estuarina e água continental.

No Brasil, essa prática foi regulamentada pela Lei nº 11.959, criada em 29 de junho de 2009, a qual, dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca e regula as atividades pesqueiras. Em seu Art. 1º “formulada, coordenada e executada com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável da pesca e da aquicultura como fonte de alimentação, emprego, renda e lazer, garantindo-se o uso sustentável dos recursos pesqueiros, bem como a otimização dos benefícios econômicos decorrentes, em harmonia com a preservação e a conservação do meio ambiente e da biodiversidade. Além disso, a Lei promove o ordenamento, o fomento e a fiscalização da atividade pesqueira, a preservação, a conservação e a recuperação dos recursos pesqueiros e dos ecossistemas aquáticos, o desenvolvimento socioeconômico, cultural e profissional dos que exercem a atividade pesqueira, bem como de suas comunidades (Brasil, 2009).

De acordo com Ostrensky, Borghetti e Soto (2008), a legislação brasileira também regulamenta a atividade aquicultura com relação aos impactos produzidos por ela, considerando os impactos positivos como sendo, o manejo integrado de recursos hídricos, preservação de estoques, preservação e conservação de espécies em extinção, tratamentos

de efluentes e geração de emprego e renda. Em contrapartida, por se tratar de atividade agropecuária, a aquicultura pode resultar em alguns impactos negativos. Quando praticada de maneira irresponsável, pode causar a eutrofização da água, resíduos químicos, produção de efluentes, introdução e escape de animais exóticos, introdução de organismos patogênicos, alteração da biodiversidade, impacto socioeconômico e alteração da paisagem. Diante disso, os principais impactos dos efluentes das atividades de aquicultura sobre os ecossistemas aquáticos são: o aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água e o acúmulo de matéria orgânica.

A aquicultura no Brasil, teve sua introdução no início dos anos de 1935, pelos estados do Sudeste e Sul do Brasil, tendo como características o baixo desenvolvimento tecnológico e pouco domínio das técnicas de cultivo, perdurando este cenário até o final dos anos de 1980. Atualmente, o potencial do Brasil para o desenvolvimento da aquicultura é imenso, pois o país é constituído por 8.400 quilômetros de costa marítima, 5.500.000 hectares de reservatórios de água doces, aproximadamente 12% da água doce disponível no planeta, clima extremamente favorável para o crescimento dos organismos cultivados, terras disponíveis e ainda relativamente barata na maior parte do País, mão-de-obra abundante e crescente demanda por pescado no mercado interno (Secretaria de Educação do Estado do Ceará, 2011; Brasil, 2012).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o crescimento da aquicultura no Brasil nas últimas décadas, possibilitou um grande desenvolvimento socioeconômico em regiões, as quais são consideradas impróprias para agricultura, ofertando emprego e ajuda para o pescador artesanal a se fixar em comunidades (Brasil, 2018).

A produção da atividade aquícola é realizada em todas as regiões do Brasil, isso evidencia a expansão da atividade em escala nacional, sendo que a grande diversidade de espécies é uma característica da aquicultura brasileira. Mais de 35 diferentes espécies são produzidas comercialmente no Brasil, e a grande maioria é nativa e cultivada em água doce. No entanto, a aquicultura marinha ainda é pouco desenvolvida no país, limitando-se à produção de ostras, vieiras, mexilhões e camarão, que representam 10% da produção total da

aquicultura. Em nível de comparação, segundo dados da FAO (2018), a aquicultura marinha responde por 36% da produção mundial.

Conforme Claudino (2023), a produção de peixes de cultivo no Brasil, no ano de 2022, alcançou a marca de 860.355 toneladas, procedendo numa receita estimada de aproximadamente R\$ 9 bilhões. Ainda segundo a autora, nos últimos anos, a piscicultura registrou um aumento significativo, de 48,6%, passando de 578.800 toneladas em 2014 para o montante atual. Além disso, de acordo com os dados fornecidos pela Peixe BR, essa atividade econômica gera cerca de 3 milhões de empregos tanto diretos quanto indiretos.

Conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, no Brasil, percebe-se com notoriedade as diferenças nos produtos cultivados na aquicultura, dependendo da região. A Região Norte investe na piscicultura de espécies como o tambaqui, pirapitinga e pirarucu; a Região Nordeste lidera a produção de camarão marinho e tilápia; no Centro-Oeste destacam-se tambaqui, pacu e pintado; pacu, pintado e tilápia no Sudeste; carpa, jundiá, tilápia, ostra e mexilhão na Região Sul (Brasil, 2018).

Para Claudino (2023), segundo dados da Peixe BR, o Brasil ocupa o quarto lugar entre os maiores produtores globais de tilápia, sendo essa espécie, responsável por abranger 64% da produção total do país. Já os peixes nativos, destacando o tambaqui, contribuem com 31% do total produzido nacionalmente, enquanto outras variedades representam 5%. No ano de 2022, São Paulo é o segundo maior produtor nacional, tanto de peixes de cultivo em geral (83.400 toneladas) quanto de tilápia (77.300 toneladas) produzidas. Nos dois quesitos a liderança é do Paraná, com uma produção total de 194.100 toneladas de peixes de cultivo no ano de 2021.

Em 2020, a produção brasileira de peixe de cultivo chegou a 860.355 toneladas, conforme o levantamento exclusivo realizado pela Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR). Esse número representa aumento de 2,3% sobre as 841.005 toneladas produzidas em 2021 (Associação Brasileira da Piscicultura, 2023).

A tilápia continua como destaque dos peixes de cultivo e teve aumento de 3,0% na produção nacional quando se compara as 550.060 toneladas de 2022 às 534.005 toneladas de 2021. O tambaqui e o camarão tiveram uma produção de 102 mil toneladas e 45 mil toneladas,

respectivamente. Diante desses números, o Brasil é hoje o quarto maior produtor mundial de tilápia, posição que pode mudar em breve (Associação Brasileira da Piscicultura, 2023).

Segundo Pedroza Filho, Ferreira Filho e Pena Júnior (2020), a região Sul é a maior produtora, com 180 mil toneladas, seguida do Nordeste, com 144 mil, sendo que as duas regiões são grandes produtoras de tilápia, considerada a principal espécie da aquicultura brasileira. Utilizam, contudo, sistemas de produção diferentes. Enquanto, na região sul, verifica-se um predomínio do cultivo desta espécie em viveiros escavados em terra, no Nordeste, a maior parte dos cultivos ocorre em sistemas de tanque-rede localizados em grandes reservatórios de usinas hidrelétricas.

De acordo com o Anuário da Associação Brasileira da Piscicultura (2023), o estado brasileiro que mais produz tilápia é o Paraná, com mais de 34% do volume total. Em 2022 os paranaenses cultivaram 187.800 toneladas da espécie, 3,2% a mais do que no ano anterior. Paraná se coloca na posição como maior produtor nacional pelo fato de estar diretamente ligada à produção de grandes cooperativas agroindustriais, as quais, investem fortemente na produção, utilizando o mesmo modelo de integração vertical praticado na produção de aves e suínos. Com isso, a Região Sul aparece bem na frente nesse *ranking*, com 239.300 toneladas (43,5%).

São Paulo ocupa a segunda posição no cultivo nacional de tilápia, produziram 77.300 toneladas em 2022 e tiveram aumento de 1,5% sobre o volume de 2021. O Sudeste, que tem ainda o terceiro (Minas Gerais) e o nono (Espírito Santo) estados dessa lista, responde por 27,1% da produção total da espécie, com 149.100 toneladas. Com três estados entre os dez maiores produtores - Pernambuco, Bahia e Alagoas -, o Nordeste chegou a 100.320 toneladas, a terceira posição por região, e teve crescimento de 5,2% sobre 2021. O Centro-Oeste, que tem Mato Grosso do Sul como terceiro maior produtor por estado, apresentou queda de 3,2% no geral: passou de 61.650 toneladas em 2021 para 59.650 toneladas em 2022. Mas, esse quadro deve ser revertido em 2023 com a expansão da produção das novas empresas do setor que estão investindo na região (Associação Brasileira da Piscicultura, 2023).

De acordo com o Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura de 2011, o Brasil registrou acréscimo de 51,2% na produção durante o triênio 2009-2011, e a maior parcela da produção

aquícola é procedente da aquicultura continental, na qual se destaca a piscicultura continental, a qual representa 86,6% da produção total nacional (Brasil, 2011). Ainda conforme o boletim, o crescimento da produção desta modalidade pode ser ligado ao desenvolvimento do setor, que, por sua vez, decorreu da ampliação de políticas públicas que facilitaram o acesso aos programas governamentais existentes, tais como o Plano Mais Pesca e Aquicultura (Brasil, 2012).

Já dados mais recentes disponibilizados pela FAO (2020) - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, em termos globais, para o ano de 2018, o Brasil ocupava a 13ª posição na produção de peixes em cativeiro e a 8ª posição na produção de peixes de água doce.

O que se percebe é que ao longo dos anos a aquicultura vem se consolidando como um dos setores emergentes do agronegócio brasileiro, com produção em todas as regiões do país e com atração de relevantes investimentos privados. Segundo dados do IBGE, em 2018, a produção aquícola brasileira atingiu 579 mil toneladas, sendo que, o Brasil já ocupava a 14ª posição entre os maiores produtores aquícolas mundiais (FAO, 2018).

Conforme Bonfa Neto (2021), o Brasil, desde 2011 não publica dados do setor em termos dos diferentes segmentos produtivos, e além disso, a maior parte dos dados oficiais disponíveis aborda a produção aquícola unicamente em volume (quilogramas) e valor (reais), não havendo informações disponíveis sobre indicadores socioeconômicos como valor agregado, PIB e empregos. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), informa dados referentes à aquicultura desde 2013, por meio de um relatório anual de Produção Pecuária Municipal (PPM). Para o ano de 2020, os dados do relatório apontaram um crescimento da piscicultura de 4,3% em relação ao ano de 2019, cerca de 551,9 mil toneladas. O relatório revelou que os três primeiros maiores produtores são os estados Paraná, com 25,4% do total nacional, São Paulo (10,0%) e Rondônia (8,7%). Dentre as espécies produzidas, destacaram-se a tilápia, com 62,3% do total de peixes produzidos (343,6 mil toneladas), seguida do tambaqui (100,6 mil toneladas), este último produzido principalmente na região Norte. Já em relação a produção de camarão de cativeiro (de água doce como Camarão pitu - *Macrobrachium carcinus* -, Camarão canela - *Macrobrachium acanthurus* -, Camarão da

Amazônia - *Macrobrachium amazonicum* e o Camarão da Malásia - *Macrobrachium rosenbergii* - e de água salgada que são Camarão Branco - *Fenneropenaeus indicus* - , Camarão rosa - *Farfantepenaeus brasiliensis* -, Camarão sete barbas - *Xiphopenaeus kroyeri*), esta cresceu 14,1% em relação ao ano anterior, totalizando 63,2 mil toneladas, e a região Nordeste é responsável por 99,6% da produção do Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021).

Nesse contexto, subentende-se que a atividade da aquicultura é importante tanto do ponto de vista social e econômico quanto cultural, pois é responsável pelo contínuo crescimento no fornecimento de pescado para população, não somente do Brasil, mas também mundial, sendo uma atividade sustentável prezando pela produção lucrativa, mas também com a conservação do meio ambiente e dos recursos naturais.

Apesar de ser uma atividade milenar, a cada ano a pesca se torna menos atrativa, em virtude das crescentes dificuldades encontradas, principalmente com a diminuição dos estoques pesqueiros e a falta de investimento nesta atividade, sendo a maior parte investida na pesca industrial. Contudo, no cenário brasileiro, alguns estados apresentam cadeias de produção em estágios mais avançados de estruturação, sendo auto sustentáveis no que diz respeito aos insumos básicos e na capacidade de beneficiamento, enquanto outros são menos competitivos e necessitam de maiores investimentos.

Na visão de Rocha *et al.* (2013), investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação são essenciais para elevar o patamar tecnológico e favorecer a competitividade e a sustentabilidade da aquicultura brasileira. O conhecimento das tendências do setor é chave para o desenvolvimento de políticas públicas sólidas, bem como para a avaliação de desempenho de responsabilidade dos sistemas de gerenciamento da cadeia da aquicultura. No entanto, o Brasil, no campo da pesquisa e da inovação, necessita de foco na definição das demandas de pesquisa para o setor.

Para suprir essa necessidade, a Embrapa lidera o projeto BRS Aqua em parceria com o Fundo Tecnológico do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Funtec/BNDES), juntamente com a Secretaria de Aquicultura e Pesca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SAP/Mapa) e o Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). BRS Aqua é o maior projeto de pesquisa em aquicultura já desenvolvido no Brasil, tendo como meta estabelecer a infraestrutura e a pesquisa científica necessárias para atender demandas do mercado da aquicultura brasileira com um custo total de R\$ 57 milhões com 4 anos de duração (São José *et al.*, 2022).

A diversidade da aquicultura brasileira pode ser verificada no mercado consumidor, o qual apresenta um caráter bastante regionalizado, tanto em relação à quantidade consumida por habitante quanto ao tipo de produto consumido localmente. Conforme as últimas estatísticas oficiais publicada pelo extinto Ministério da Pesca e Aquicultura, Brasil (2014), referente ao ano de 2013, o consumo per capita de pescados no Brasil era de, aproximadamente, 10kg/habitante/ano (incluindo os produtos da aquicultura e da pesca extrativa), sendo bem inferior à média mundial de 17 kg/habitante/ano. Entretanto, esse consumo per capita pode variar entre as regiões e estados do país, sendo que, Pará, Amazonas e São Paulo, com 139, 102 e 75kg/habitante/ano, respectivamente, são os três estados brasileiros com maior consumo de pescado, já Mato Grosso do Sul, Roraima e Tocantins, que apresentam, respectivamente, consumos de 3,9, 3,6 e 3,1 kg/habitante/ano são os três estados com mais baixo consumo (Fao, 2018).

Ainda sobre o consumo, conforme dados do IBGE, a produção aquícola brasileira no ano de 2020, foi de 629 mil toneladas, representando um aumento de 5% em relação ao ano anterior de 2019. Em 2020, o Brasil importou, aproximadamente, R\$ 5 bilhões em pescados (Pedroza Filho; Flores; Chaves, 2023).

A aquicultura tem despontado como alternativa para a segurança alimentar da população, pois de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2020), no ano de 2018, a produção total pesqueira e aquícola - peixes, crustáceos, entre outros animais aquáticos, excluindo mamíferos, répteis e plantas - atingiu cerca de 179 milhões de toneladas e correspondeu a aproximadamente 401 bilhões de dólares. Deste total, 46% da produção foi proveniente da aquicultura e, por sua vez, 52% foi destinado à alimentação humana. Esses dados sinalizam que a aquicultura pode contribuir bastante no equilíbrio da demanda de alimentos e sistemas de produção mundial.

Conforme a publicação do *The World Bank* (2013), sobre “*Fish to 2030 - Prospects for Fisheries and Aquaculture*”, a FAO estima que em 2030 a aquicultura será responsável por mais de 60% da produção mundial de pescado para consumo humano. Diante dessa estimativa, vê-se claramente que a tendência dos últimos anos deve continuar nas próximas décadas, com a aquicultura sendo a maior responsável por atender à crescente demanda de pescado em nível mundial.

Diante dos dados estatísticos apresentados sobre a aquicultura, nota-se que a demanda mundial por pescados como peixes, crustáceos e moluscos vem crescendo de forma acelerada em decorrência do aumento populacional e da busca por alimentos mais saudáveis e de alto valor proteico. Sendo assim, constata-se que a aquicultura é uma atividade de grande importância, pois além de contribuir para alimentação mundial, torna o setor relevante para a econômica no Brasil, pois têm a capacidade de gerar renda e emprego.

### 1.1.1 Carcinicultura no Brasil

A criação de crustáceos é uma atividade conhecida como carcinicultura, um ramo específico da aquicultura que pode ser encontrada tanto na forma de cultivo de camarão marinho ou de água doce. Essa é uma atividade econômica muito importante em várias regiões do litoral brasileiro, devido ao elevado valor comercial destes produtos na alimentação humana e por sua geração de emprego e renda.

No Brasil, a carcinicultura iniciou na década de 70 no estado do Rio Grande do Norte, visando a criação de camarões em locais de salinas desativadas. Em conjunto com a EPARN, iniciou-se o processo de adaptação da espécie exótica tigre japonês *Penaeus japonicus*, a qual obteve resultados positivos nos anos iniciais da década, levando a implementação da primeira fazenda de criação de camarões nacional. Contudo, devido a ocorrência de chuvas intensas, após um significativo período de secas, isso gerou instabilidades nos cultivos, causando amplas variações de salinidade, demonstrando a falta de tecnologias necessárias para assegurar o desenvolvimento da produção deste camarão. Esse período ficou conhecido como

sendo a primeira fase da carcinicultura brasileira, caracterizada pelo domínio de sistemas extensivos de baixa densidade de estocagem (Araújo, 2003 *apud* Becker, 2016).

Com o conhecimento adquirido da espécie *Penaeus japonicus* incentivou produtores e técnicos a investir na domesticação de espécies nativas, tais como *L. subtilis*, *Farfantepenaeus paulensis* e *Farfantepenaeus brasiliensis* sendo uma opção para a carcinicultura comercial, marcando assim a segunda fase do camarão cultivado no Brasil. É importante destacar que durante essa fase, intensificou-se a utilização de sistemas semi-intensivos, com melhores práticas no manejo da água e solo e intensificação no uso de rações e isso, expressou em bons resultados, especialmente nas atividades de reprodução e larvicultura. No entanto, apesar do potencial desses camarões, houve baixas produtividades e rendimentos e isso provavelmente foi devido à falta de rações no mercado que atendessem as necessidades nutricionais destas espécies (Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 2017).

Após isso, tentou-se domesticar espécies nativas como o camarão branco, camarão vermelho e o camarão rosa (*Penaeus schimitti*, *Penaeus subtilis* e *Penaeus paulensis*). Durante 10 anos foram desenvolvidos trabalhos de domesticação dessas espécies, no entanto o retorno obtido permitiu apenas cobrir os custos da produção, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas e o domínio do ciclo produtivo dessas espécies. Diante disso, fez-se necessário buscar soluções através de espécies exóticas, iniciando assim na década de 80 o cultivo do camarão de patas brancas (*Litopenaeus vannamei*) (Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 2017).

O Brasil é um país de grande potencial para esta atividade, pois possui uma das maiores reservas de água doce do planeta, além de uma extensa faixa litorânea, clima favorável e imensa biodiversidade, possibilitando assim, condições naturais favoráveis.

Segundo Silva e Martins (2012), a região Nordeste é a que possui condições climáticas muito favoráveis para a prática da carcinicultura, pois apresenta uma extensa faixa costeira e possui um clima quente durante todo ano, o que facilita o desenvolvimento dos organismos permitindo concluir até três ciclos anuais. Sendo assim, o camarão marinho produzido na região litorânea da Nordeste, é um dos principais produtos exportados pelos estados do Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

No entanto, de acordo com Silva e Martins (2012), a criação de camarão possui seus obstáculos, como: aquisição de insumos, devido ao custo com rações, probióticos e entre outros; custos nas aquisições de equipamentos como aeradores; aquisição de pós larvas; técnicos especializados; políticas de crédito e mercado.

Mesmo diante destes obstáculos, a carcinicultura têm grande importância para várias regiões do litoral brasileiro, devido ao elevado valor comercial dos produtos. A criação de camarões de água doce é baseada no camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) e o de água salgada, no camarão cinza (*Litopenaeus vannamei*), sendo que, sua engorda ou recria, é geralmente realizada em viveiros escavados em solo natural ou lagos e lagoas vizinhos a rios e costas (Martins, 2014).

O cultivo de camarão de água doce no Brasil, iniciou-se há mais de 30 anos, sendo três espécies que possuem grande potencial para cultivo, *Macrobrachiu macanthurus*, *M. amazonicum* e *M. carcinus*. Entretanto, a carcinicultura de água doce no Brasil utiliza na maior parte dos empreendimentos, a espécie exótica *M. rosenbergii* (Leite, 2019).

Recentemente, observa-se um período de refinamento nas práticas da carcinicultura de água doce no Brasil, notadamente marcado pela implementação de aprimoramentos técnicos, respaldados por investimentos oriundos do setor privado. O avanço no cultivo do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii*, acompanhado de resultados promissores para determinadas empresas, tem instigado e estimulado os criadores a expandirem suas participações financeiras nesse segmento (Leite, 2019).

Igarashi (2021), comenta que a prática da carcinicultura de água doce viabiliza o estabelecimento de fazendas de camarões em localidades afastadas dos estuários, e inclusive em áreas interiores. Destaca-se, adicionalmente, que essa atividade aquícola é reputada por apresentar baixo impacto ambiental e se alinhar aos princípios da sustentabilidade, sendo passível de adaptação a variadas dimensões de propriedade e modalidades de manejo.

Mesmo com a falta de priorização e de apoio governamental ao setor carcinicultor, em pleno período crítico da pandemia da Covid-19 - sem contar com um mínimo apoio financeiro ou retorno das exportações -, houve um expressivo desempenho produtivo do camarão marinho cultivado no Brasil, entre 2019 (90.000 toneladas) e 2021 (120.000 toneladas),

registrando assim, um incremento de 33,33%. Esses valores foram registrados no interior de Estados como Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Sergipe que, em pouco tempo, mostraram sua força, mesmo sem apoios governamentais, licenciamento ambiental e financiamentos (investimentos e custeio). Mas o que coloca esses estados com estatísticas tão positivas são as condições naturais daquelas áreas e regiões, as quais se mostram favoráveis para a exploração do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Seafood Brasil, 2022).

O Estado do Ceará, como líder nacional, tem impulsionado o crescimento da carcinicultura com o camarão marinho *L. vannamei* nas áreas interiores, apresentando números animadores e expressivos, ou seja, já são 1.865 fazendas de camarão localizadas em 62 municípios (+121,4%), das quais 1.786 (+125,87%) estavam ativas em 2021 em relação à 2016 (Seafood Brasil, 2022).

De acordo com Ximenes e Vidal (2023), a região Nordeste responde por 99,71% da produção nacional de camarão de cultivo, sendo que em 2021 foram produzidas 78,41 mil toneladas. Os principais motivos que resultaram no grande desenvolvimento da atividade na região, proporcionam grande produtividade de camarão são as características climáticas da região, como temperatura elevada e curto período de chuvas. O camarão responde pelo segundo maior valor de produção dentre as espécies cultivadas no Brasil (22,3%), mesmo tendo representado apenas 10% do volume da aquicultura nacional, isso evidencia seu alto valor agregado.

No Nordeste, a produção está concentrada no Ceará (43,0%) e no Rio Grande do Norte (27,02%), que totalizaram 54,90 mil toneladas em 2021, 70,0% da produção nacional muito embora, todos os estados nordestinos tenham aumentado a produção, especialmente o Ceará, Paraíba e Alagoas, com taxas de crescimentos superiores a 20,0% a.a. (Ximenes; Vidal, 2023).

Ainda, segundo Ximenes e Vidal (2023), o Brasil, em 2022 exportou para 57 países, sendo o Nordeste para 43 e a região Norte para 16, e o destino dessas exportações de camarão da região Norte é quase que exclusivamente para o Japão (99,62%), com origem no Pará. Já os destinos das exportações nordestinas de camarão também foram concentrados para o Vietnã (60,89%), Malásia (20,89%) e Estados Unidos (15,17%). Além disso, o setor está trabalhando na prospecção de outro importante mercado, a União Europeia, para onde as

exportações de pescados estão suspensas desde 2018, após auditoria dos europeus no Brasil que concluíram não conformidades em barcos de pesca, afetando os produtos oriundos da pesca e da aquicultura.

Na comparação dos acumulados de janeiro de fevereiro dos últimos cinco anos (2019-2023), observa-se que as exportações começaram 2023 com altas em volume (+3,47%), faturamento (+10,58%) e preço médio (+6,88%). Além de tudo, janeiro foi o mês de recorde nas exportações, com embarque de aproximadamente 1 tonelada de camarão no valor de US\$ 12.135,0 (R\$ 61.440,72 em 4/abril), com valor médio de US\$ 12,17/kg, cerca de R\$ 61,62/kg (em 4/abril) (Ximenes; Vidal, 2023).

Estes números mostram que há um movimento crescente do cultivo de camarão, onde a maioria dos novos produtores são de pequeno porte. Dessa forma, há desafios a serem vencidos como: a transferência de tecnologias de manejo; a qualificação em relação a legislação ambiental; as práticas de sustentabilidade; *marketing* e mercado e também é imprescindível a obtenção de todas as licenças ambientais para a concessão de financiamentos.

Diante do contexto apresentado, a carcinicultura está sendo uma atividade em expansão no Brasil, com grande potencial, principalmente pelo fato de aspectos naturais contribuírem muito a favor da atividade, sendo uma das formas de negócio mais lucrativas que existem, uma vez que o consumo do camarão cresce cada dia mais. O que realmente necessita são incentivos governamentais e políticas sociais mais eficazes para que haja uma melhor distribuição de recursos tecnológicos e capacitação técnico-científica, tanto no cultivo marinho quanto de água doce, de modo que a atividade consiga atingir seu patamar internacional colocando-o em posição relevante.

## 1.2 ESPÉCIE MACROBRACHIUM ROSENBERGII

O cultivo integral de camarões de água doce no território brasileiro teve início há mais de três décadas. Esta espécie destaca-se pelas notáveis características que a tornam propícia ao cultivo, a saber: robustez, precocidade e fecundidade marcantes, além de uma notável

tolerância a distintos índices de salinidade e variações térmicas, associada a uma resistência apreciável a enfermidades. A qualidade superior de sua carne em comparação ao camarão marinho, conferem-lhe distinção apreciável pelo mercado consumidor (Leite, 2019).

Na carcinicultura de água doce, o gênero predominante globalmente é o *Macrobrachium*, sendo o *Macrobrachium rosenbergii* (Figura 1), vulgarmente reconhecido como camarão gigante da Malásia, notável por suas propriedades biológicas e zootécnicas propícias ao cultivo. Destacam-se entre essas características a elevada taxa de fecundidade, o rápido desenvolvimento corporal e a considerável envergadura, capaz de atingir 32 cm de comprimento total e 500 g de peso em seu habitat natural (Valenti; Mallasen; Barros, 2009).

Figura 1 - Camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*)



Fonte: os autores (2023).

Nos diversos países do sul e sudeste asiático como Paquistão, Ceilão, Índia, Tailândia, Malásia, e norte da Austrália e em várias ilhas dos oceanos Índico e Pacífico o camarão *Macrobrachium rosenbergii* da espécie de água doce, é originária de regiões de clima tropicais e subtropicais do Indico-Pacífico. No Brasil, possui várias denominações sendo conhecido como lagostim de água doce, camarão azul, camarão da Malásia, gigante da Malásia, pitu havaiano (Igarashi, 2021).

Os parâmetros ambientais que o Camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) é exposto afeta diretamente o seu sistema imunológico, existe estudos que fazem relação da temperatura acima do ideal com a sua exposição a leveduras e a bactérias. Nesse contexto, é preciso entender que esta espécie pode tolerar uma temperatura na faixa entre 14°C até 35°C, sendo o ideal para o seu crescimento a temperatura de 29°C até 31°C (Kimpapa *et al.*, 2019).

Os camarões da Malásia apresentam o corpo dividido em duas partes: cefalotórax (correspondente à fusão de seis somitos cefálicos e oito torácicos, formando uma peça única - a carapaça) e o abdome (apresenta seis somitos nitidamente diferenciados, seguidos de uma estrutura terminal, pontiaguda - o telso). Cada uma dessas partes é constituída por somitos providos de extremidades pares, denominadas apêndices. Quase que todos os órgãos vitais do camarão da Malásia situam-se no cefalotórax e seu abdômen é constituído especialmente de musculatura (Brown *et al.*, 2010).

Em relação as porções laterais da carapaça, elas contribuem na formação das câmaras branquiais, denominadas branquiostegitos. As brânquias desempenham papel de respiração e manutenção do equilíbrio osmótico. Esta espécie de camarão possui rostro longo, desenvolvido, ultrapassando a extremidade distal do escafocerito, além de ser inclinado para cima na extremidade distal. A margem inferior possui 11 dentes e a superior possui 13 dentes distribuídos irregularmente, sendo três deles pós-orbitais (Brown *et al.*, 2010).

Na espécie, o processo reprodutivo inicia-se entre os seis e oito meses de idade, sendo condicionado ao ciclo intermudas da fêmea, que periodicamente (cerca de quatro vezes por ano) proporciona a produção de óvulos e condiciona seu corpo para a cópula e o período de desenvolvimento embrionário a partir da ocorrência da muda pré-nupcial. A capacidade reprodutiva dos machos desta espécie se distingue através de três tipos morfológicos dos adultos: indivíduos denominados pequenos, de quela laranja e azul. As fêmeas possuem dois ovários localizados no tórax, acima do estômago, de onde partem dois ovidutos que levam os óvulos até as aberturas genitais, localizadas na base do terceiro par de pereiópodos, por onde são eliminados (Brown *et al.*, 2010).

Conforme os anexos da portaria do IBAMA nº 145/98, de 29 de outubro de 1998, a espécie *M. rosenbergii* foi detectada nas bacias hidrográficas brasileiras do Nordeste, São Francisco, Alto-Paraná e Paraná. Sua ocorrência foi registrada em ambiente natural nos Estados do Pará, do Espírito Santo e de São Paulo (Gazola Silva; Melo; Vitule, 2007).

No Brasil, o cultivo de camarão de água doce a única espécie cultivada comercialmente é *Macrobrachium rosenbergii*, sendo que no país vem se destacando entre os maiores produtores mundiais de camarões de água doce, onde a tecnologia de criação já está bem dominada. O cultivo se distribui por 20 estados, sendo que o estado do Espírito Santo se destaca por obter o maior número de criadores e uma cooperativa ativa (Valenti, 2002).

Ainda de acordo com Valenti (2002), os camarões de água doce constituem excelente opção para a aquicultura com baixo impacto ambiental, pois apresentam alto valor unitário, tornando economicamente viável sua produção em sistemas não intensivos; possuem boa capacidade de adaptação a sistemas com troca mínima ou sem troca de água; são altamente resistentes a doenças na fase de engorda; não exigem fornecimento de ração com altos teores de proteína animal, pois são capazes de se alimentar de organismos bentônicos que crescem naturalmente no fundo dos viveiros.

No Brasil, o cultivo de camarão de água doce é uma das atividades aquícolas que mais conseguiu se expandir nos últimos anos, chegando a um crescimento de 6,5%, sendo que esse crescimento se deve ao aumento da demanda do consumo mundial. A produção é realizada por pequenos, médios e grandes produtores e mesmo com crescimento promissor não existe abertura de créditos suficiente para diminuir o custo da produção. O Brasil tem uma estimativa de que pode se registrar um aumento de 104% até 2025 nas produções aquícolas, colocando o Brasil com esta estimativa num cenário de destaque mundial (Kimpara *et al.*, 2019).

Conforme apresentada as estimativas, o cultivo de camarão de água doce pode ser uma atividade atraente e viável economicamente no Brasil, além de promover o desenvolvimento interno no país, gera empregos. No entanto, os empreendedores dessa atividade devem buscar treinamento, pesquisa, extensão, infraestrutura e desenvolvimento de sistemas de comercialização e distribuição, tendo o apoio dos órgãos governamentais.

### 1.3 CANELA-DO-CEILÃO (CINNAMOMUM ZEYLANICUM)

A árvore de canela é uma planta que pertence à família das *Lauraceae* e ao gênero *Cinnamomun*, e compreende aproximadamente 250 espécies que são amplamente distribuídos na China, Índia, Vietnã, Sri Lanka, Seicheles, Austrália e Madagascar (Li; Kong; Wu, 2013). Suas folhas possuem coloração verde-escuras com formato oval-longo mediando de 7-18 cm de comprimento. As flores são amarelas e pequenas, transformando-se em uma fruta arroxeada, com aproximadamente 1 cm, produz apenas uma semente (Hameed *et al.*, 2016; Koketsu *et al.*, 1997; Lima *et al.*, 2005).

A canela-do-ceilão (*Cinnamomum zeylanicum*, Lauraceae) quando bem adaptada ao meio ambiente, se desenvolvem a mais de 500 metros acima do nível do mar, sendo mais comum em regiões abaixo de 200 metros. As cascas e folhas da canela desempenham um papel significativo como condimentos na culinária, na medicina popular e na extração de óleos essenciais. O óleo proveniente das cascas é extensivamente utilizado na indústria alimentícia, incluindo confeitaria, temperos para carnes, refrigerantes do tipo cola, produtos de cuidados bucais, e na indústria farmacêutica, entre outros setores (Russo; Guimarães; Cardoso, 2008).

Existem quatro espécies de canela do gênero *Cinnamomum* economicamente importantes. A primeira é o *Cinnamomum verum*, traduzida como canela verdadeira, é derivada do *Cinnamomum zeylanicum* (Figura 2), nome botânico mais velho da espécie, e também chamada de canela de Ceilão ou de Sri Lanka, uma vez que este país é um fornecedor regular de óleo de casca e folha da canela verdadeira. As outras três principais espécies de canela são *Cinnamomum cassia* ou *Cinnamomum aromaticum*, também chamada de canela da China; *Cinnamomum burmannii*, chamada de canela de Korintje, de Java ou da Indonésia, normalmente encontrado no oeste da Sumatra; *Cinnamomum loureiloi* conhecida como canela Vietnamita ou de Saigon (Wang; Wang; Yang, 2009).

Figura 2 - Exemplar de *Cinnamomum zeylanicum*



Fonte: Lima *et al.* (2005).

Segundo Gruenwald, Freder e Armbruester (2010), conforme as partes da planta utilizadas para a extração do óleo essencial (OE), os compostos predominantes se alteram sugerindo diferentes perfis de atividade. O OE da casca contém a presença do aldeído cinâmico (55%), seguido do eugenol (12%). Já na análise das folhas da canela, 23 constituintes foram identificados, dos quais o eugenol foi o que apresentou maior porcentagem (60%), seguido de b-cariofileno (8,3%), cânfora (7,0%) e linalol (7,0%) (Lima *et al.*, 2005).

A canela (*Cinnamomum zeylanicum*) possui em sua grande maioria os compostos cinnamaldeído, eugenol e linalol que representam cerca de 85% da composição total do óleo (Kumar *et al.*, 2016). Além de ser anestésico, a canela possui atividade antimicrobiana contra bactérias e antioxidante (Golomazou *et al.*, 2016; Yuan; Lee; Yuk, 2017). Inclusive, utilizadas em dietas elas atuam como imunoestimulantes em peixes (Santos *et al.*, 2016). E por fim, o óleo essencial da canela (*Cinnamomum zeylanicum*) aumenta a eficácia anestésica e diminui os efeitos genotóxicos e de estresse oxidativo em peixes e crustáceos (Bona, 2021).

Na aquicultura, o *Cinnamomum zeylanicum* foi testada por Golomazou *et al.* (2016) como agente anestésico antiestresse e genoprotetor em dourada (*Spratus aurata L.*); no estudo de Espírito Santo (2016) foi adicionada em dietas para tilápia nilótica (*Oreochromis*

*niloticus*); e no estudo de Ahmad *et al.* (2011) seu extrato foi incluído em dietas para tilápias infectadas por *Aeromonas hydrophila* com melhor desempenho e resistência à infecção quando alimentadas com rações contendo 1% de extrato de canela e confirmando que a *C. zeylanicum* proporciona melhorias na saúde e no desempenho de peixes.

No território brasileiro, atualmente, inexistem dispositivos legais que normatizem o emprego de anestésicos na aquicultura. As orientações delineadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) estão estritamente voltadas aos procedimentos de eutanásia. Nesse cenário, busca-se conformidade com as diretrizes estipuladas pela *Food and Drug Administration* (FDA) ao se fazer necessário o uso de agentes anestésicos. Em outras nações, uma variedade abrangente de substâncias anestésicas tem sido empregada para peixes. Dentre as mais usuais destacam-se o metanossulfonato de tricaína (MS-222), benzocaína, metomidato, 2-fenoxietanol e quinaldina (Toni *et al.*, 2015).

#### 1.4 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais (OE's) são considerados uma das mais importantes matérias-primas para a indústria alimentícia, farmacêutica e de perfumaria, pois possuem peso molecular baixo, apresentam moléculas de natureza terpênica e bioativas e, ainda, são voláteis e lipofílicos (Morais *et al.*, 2009). Esses compostos químicos aromáticos voláteis encontrados no metabolismo secundário das plantas são extraídos de semente, frutos, flores, folhas, brotos, cascas e raízes (Ju *et al.*, 2019).

Estes óleos essenciais (OE) são complexas misturas de compostos bioativos, caracterizados por sua volatilidade, lipofilia, frequentemente aroma acentuado e estado líquido. Compreendem aproximadamente 20 a 60 componentes em diversas concentrações, entretanto, somente dois ou três componentes principais se destacam em concentrações mais elevadas, variando de 20% a 70%, enquanto os demais permanecem em concentrações vestigiais. Em geral, os componentes majoritários exercem influência preponderante nas propriedades biológicas dos óleos essenciais (André *et al.*, 2018).

As plantas medicinais são usadas há séculos na medicina tradicional devido a seu efeito terapêutico (Gonçalves, 2017). Nos dias atuais, percebe-se a utilização de práticas complementares voltadas à saúde com plantas medicinais empregadas na prevenção e até mesmo no tratamento de algumas enfermidades (Szerwieski *et al.*, 2017).

Os óleos essenciais constituem misturas complexas de compostos voláteis e lipofílicos, tipicamente caracterizados por suas propriedades odoríferas e estado líquido. Estes óleos são encontrados em diversos órgãos das plantas. A qualidade desses produtos é influenciada por uma série de fatores ambientais, incluindo, mas não se limitando a, condições climáticas, características do solo, localização geográfica, duração dos períodos diurnos e noturnos, órgão vegetal do qual o óleo foi extraído (tais como caules, flores, folhas, raízes), estágio de desenvolvimento da planta no momento da colheita, método de secagem, período de armazenamento, entre outros elementos relevantes (Correia, 2015).

Considerados compostos altamente bioativos, os óleos essenciais possuem importantes propriedades farmacológicas e biológicas, como anti-inflamatória, antimicrobiana, inseticida e analgésica. Tais propriedades são atribuídas aos diversos compostos voláteis (ácidos, aldeídos e terpenos) presentes nos OE's (Almeida, 2015).

Na aquicultura, a crescente adoção desses compostos como agentes anestésicos destaca-se devido a várias vantagens intrínsecas. Estas incluem a mitigação do impacto ambiental, a diminuição da presença de resíduos em produtos de origem animal, a potencial menor toxicidade e, adicionalmente, a menor onerosidade para a produção (Ventura *et al.*, 2019).

Constituídos de diversas substâncias químicas com propriedades farmacológicas, os OE's estão relacionados aos seus efeitos sobre o sistema nervoso central (SNC) (Passos *et al.*, 2009). Diante disso, compostos com essas propriedades estão sendo utilizados na piscicultura com o intuito de prevenir injúrias físicas, promover a imobilização e reduzir o metabolismo do animal, no entanto, a utilização de OE nesta área corresponde a um novo nicho a ser explorado (Coyle *et al.*, 2007).

A pesquisa sobre a toxicidade de produtos naturais, como os óleos essenciais, é limitada, porém é imperativo exercer cautela em sua utilização devido à possibilidade de efeitos

adversos. Em estudos que exploram diversos quimiotipos do óleo essencial de *Lippia alba*, observou-se que o citral pode induzir efeitos prejudiciais à fisiologia de peixes, demonstrando uma correlação positiva com a ativação de genes relacionados ao estresse. O efeito citotóxico desses óleos essenciais é caracterizado por sua lipofilia, o que implica na capacidade de ultrapassar as barreiras celulares, incluindo a parede celular e a membrana citoplasmática. Isso pode afetar a estrutura de diversas camadas de polissacarídeos, ácidos graxos e fosfolípidios, resultando na permeabilização celular (Ventura *et al.*, 2019).

O *Cinnamomum zeylanicum* são uma espécie muito utilizada na culinária e na indústria farmacêutica por apresentar várias atividades biológicas, dentre elas, propriedades analgésicas, antimicrobiana, antisséptica, antiespasmódico, neuroprotetor, hepatoprotetor, gastroprotetor, e também possui ação no controle dos níveis de lipídeos, reduzindo a concentração de colesterol no sangue (Arumugam; Swamy; Sinniah, 2016).

### 1.5 INFLUÊNCIA DO ESTRESSE NO DESEMPENHO DO CAMARÃO

Diferentes organismos aquáticos têm distintas tolerâncias ao estresse, desse modo, pode haver diferenças na resposta fisiológica em algumas espécies e nas consequências reprodutivas aos estressores. Além disso, nos organismos aquáticos, a fisiologia associada à maturação e à desova está rigorosamente ligada às respostas da fisiologia do estresse. Mas, dependendo do estágio de desenvolvimento do animal, os fatores de estresse têm diferentes consequências reprodutivas e a resposta ao estresse é um processo que requer energia (Tavabe *et al.*, 2015).

Muitas práticas de rotina, como captura, manejo, aglomeração, confinamento e transporte podem gerar estresse e comprometer o estado fisiológico dos camarões, levando a uma redução no seu desempenho e na sua sobrevivência (Cagol, 2020).

Além disso, a temperatura também interfere no estresse, ou seja, a temperatura ideal para a espécie de camarão *Macrobrachium rosenbergii* está na faixa de 29 a 31°C, acima de 35°C o animal sofre estresse, no entanto, ele suporta mais ao calor que ao frio, podendo

umentar a taxa de mortalidade consideravelmente, caso a temperatura apresente-se abaixo de 15°C (Valenti, 2002).

Segundo Valenti (2002), o estresse pode ser definido como um desequilíbrio no estado de homeostase fisiológica do animal, para manter o equilíbrio ele desenvolve mecanismos adaptativos de resposta, sendo que essas respostas ao estresse são classificadas em primária, secundária e terciária. De maneira geral, nos camarões, o efeito primário envolve o aumento da atividade do hormônio hiperglicêmico sob condições estressantes, resultando em alterações secundárias (níveis elevados de glicose e alterações nas enzimas metabólicas) resultam em última análise em efeitos terciários, que se manifestam como alterações no desempenho fisiológico de todo o animal.

De acordo com Tidwell e Coyle (2002), os organismos aquáticos também mobilizam recursos energéticos consideráveis para a reprodução. Os crustáceos quando em condições estressantes, mudam para um metabolismo energético anaeróbico alternativo via glicólise e hiperglicemia, sendo este o processo regulado pelo hormônio hiperglicêmico dos crustáceos (CHH), que foi avaliado como um biomarcador bioquímico de estresse. Nos crustáceos decápodes, o CHH está envolvido principalmente como fator metabolizador, com funções importantes na reprodução e na regulação da muda. Essas condições de estresse podem resultar na indução da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e estresse oxidativo em animais aquáticos. Os crustáceos decápodes, devido às características ecológicas e fisiológicas, incluindo ampla distribuição de habitat, capacidade mínima de mobilidade, características ecológicas bem conhecidas, abundância numérica, adequação para experimentos de laboratório e sensibilidade a diferentes estressores, são excelentes bioindicadores e biomonitores para diferentes contaminantes em água doce.

Segundo Dotta e Piazza (2012), os vários tipos de agentes estressantes, os quais podem ser encontrados no cultivo de camarão têm potenciais imunossupressores para ele, de modo que sua ocorrência é possível afetar a qualidade do produto final de duas formas: provoca alterações bioquímicas no camarão, favorecendo o surgimento de necroses e melanose; e, ocasiona a manifestação de doenças que podem provocar a rejeição do produto por parte do consumidor, assim como a presença de sinais clínicos que difamam o aspecto dos camarões,

deixando-os deformados, opacos, mutilados e/ou manchados. Com isso, o estresse provoca o declínio das defesas naturais dos camarões, deixando-os enfraquecidos e sujeitos às infecções, até mesmo por microorganismos patógenos oportunistas.

Quando o animal está sob condições fisiológicas normais, uma produção de espécies reativas ao oxigênio (EROs) moderada é crucial para o bom funcionamento das células, no entanto, quando uma célula animal perde a sua homeostase entrando um estado de desequilíbrio entre as EROs, isso demonstra que o sistema de defesa antioxidante do animal está comprometido e este efeito é denominado como estresse oxidativo (Barbosa *et al.*, 2010).

Sendo assim, a resposta ao estresse passa por três fases: síndrome geral da adaptação, resistência e exaustão. No início, é uma fase de alerta com uma resposta fisiológica rápida, na sequência, o animal tenta se adaptar e recuperar sua homeostase e em seguida, caso não consiga uma adaptação devido à duração ou intensidade do estresse, o animal entra em exaustão onde compromete a saúde ou até mesmo a sobrevivência do animal (Barbosa *et al.*, 2010).

No Brasil, é crescente a preocupação de órgãos direcionados ao desenvolvimento da Aquicultura com a sustentabilidade da atividade e a avaliação dos riscos a que estão submetidos os animais cultivados. Desta forma, para assegurar a qualidade sanitária desses organismos, bem como do ambiente de cultivo, é necessário o aumento do conhecimento em patologia de organismos aquáticos, o incremento das tecnologias de diagnóstico, e as melhorias nas práticas de manejo (Dotta, Piazza, 2012).

O meio ambiente de cultivo deve estar em equilíbrio constante para que os animais não sofram qualquer tipo de estresse, visto que este tem sido a causa de toda uma problemática, colaborando com a baixa da imunidade do animal, aumentando os índices de mortalidades nos cultivos e conseqüentemente, diminuição da produção para o consumo.

Com isso, diferentes estratégias têm sido propostas como potencialmente benéficas para reduzir os efeitos fisiológicos do estresse em camarões durante o manejo, dos quais os agentes anestésicos assumem importância.

## 1.6 USO DE ANESTÉSICO NATURAIS

A palavra “anestesia” deriva do grego antigo *an* (ausência) + *aesthesia* (sensação), que significa “ausência de sensações”, sendo assim, entende-se que anestesia é um processo reversível que provoca perda de sensação de todo ou em parte do corpo e que resulta em depressão da função nervosa, causada por um fármaco (Coyle *et al.*, 2007).

A anestesia, inicialmente concebida por Bailey (1721), como um "defeito da sensação" e posteriormente descrita na Enciclopédia Britânica (1771), como "privação dos sentidos", foi posteriormente refinada por Ross e Ross (2009). Segundo esses autores, a anestesia é caracterizada pela perda de sensibilidade ou insensibilização. Em contrapartida, a sedação é delimitada como um efeito calmante, representando uma fase preliminar à anestesia. Nesse estágio, a indução de sonolência ocorre junto ao entorpecimento da percepção sensorial, podendo incluir alguma analgesia (insensibilidade à dor) ou antinocicepção. Importante notar que, na sedação, não se verifica a perda completa da percepção sensorial ou do equilíbrio (*apud* Takamura, 2011).

A prática do cultivo de camarões de água doce tem experimentado um notável crescimento nos últimos anos, sendo a espécie *Macrobrachium rosenbergii* preponderante nesse cenário. Contudo, um dos desafios significativos na expansão desse cultivo específico reside na obtenção de animais de alta qualidade em todas as fases de desenvolvimento, sendo esta uma questão multifacetada que envolve diversos fatores, notadamente a adequação da dieta. O hepatopâncreas, um órgão de singular importância no camarão, é o local onde ocorrem a maioria das rotas metabólicas associadas à utilização e/ou armazenamento de nutrientes. Informações bioquímicas detalhadas acerca da atividade metabólica de um organismo podem desempenhar um papel crucial na seleção de componentes a serem incorporados em formulações de rações. Isso se deve ao fato de que o perfil enzimático de um indivíduo está diretamente correlacionado com seus hábitos alimentares e a dieta a que são submetidos. A abordagem de utilizar plantas ou princípios ativos naturais na nutrição animal tem se destacado como um campo de pesquisa de grande relevância. Isso se deve, em parte, à existência de relatos que evidenciam as atividades

biológicas de diversas plantas e/ou compostos isolados, os quais demonstram melhorias no equilíbrio fisiológico dos animais e, conseqüentemente, em seu desempenho zootécnico (Escorsin *et al.*, 2019).

Nesses últimos anos, os crustáceos têm recebido atenção especial devido ao aumento na sua produção, da conscientização ambiental em relação à biodiversidade e da necessidade em se reduzir o estresse decorrente dos procedimentos utilizados. Sendo assim, alguns estudos reportaram a utilização de alguns anestésicos em diversos procedimentos, e também relacionando os potenciais anestésicos com variáveis biológicas e físico-químicas (Rocha *et al.*, 2013).

O uso de agentes anestésicos como medida de redução dos efeitos fisiológicos do estresse em camarões, durante seu manejo, tem assumido papel de destaque dentre as estratégias propostas (Saydmohammed; Pal, 2009). Neste contexto, o uso de óleos essenciais e extratos de plantas aromáticas como anestésicos para organismos aquáticos tem sido amplamente estudado nos últimos anos (Cagol, 2020), uma vez que estes são mais fáceis de serem encontrados, mais baratos, além de menos tóxicos, tanto para os organismos aquáticos quanto para as pessoas envolvidas em seu manejo (Palomera *et al.*, 2016).

Conforme Vicente (2014), entre os produtos sintéticos mais utilizados na anestesia da piscicultura e da carcinicultura no Brasil, estão o metanosulfonato de tricafina (MSS-222), a benzocaína e o 2-fenoxietanol. Mas, de modo geral, os anestésicos sintéticos apresentam alto custo e efeitos adversos nos animais, sendo assim, alguns pesquisadores têm apresentado alternativas com produtos naturais, derivados de plantas como os óleos essenciais de cravo e menta para utilização de anestésicos em crustáceos. Um exemplo foi o eugenol, principal constituinte do óleo de cravo, o qual apresentou respostas positivas quando da sua utilização em *Litopenaeus vannamei* e *Macrobrachium rosenbergii* (Coyle *et al.*, 2007).

Segundo Maricchiolo e Genovese (2011), o uso de anestésicos naturais já vem sendo adotado para vários organismos aquáticos e têm demonstrado efeitos positivos em relação ao seu desempenho produtivo, sua eficiência de utilização dos nutrientes, seu aumento da taxa de crescimento, sua resistência ao estresse, sua imunidade e proteção contra patógenos,

além de se destacarem por serem substâncias naturais e seguras para o meio ambiente e animais.

Atualmente, anestésicos à base de óleos essenciais, têm exibido resultados bastante satisfatórios podendo substituir o uso de anestésicos sintéticos. E, de acordo com Silva *et al.* (2019), existem extrativos provenientes de fontes naturais como óleos essenciais de plantas, os quais apresentam vasto potencial para utilização como anestésicos na aquicultura. Estes produtos naturais, extrativos vegetais têm papel fundamental no avanço das pesquisas, visto que alguns óleos essenciais (OE's) já estão bem estabelecidos, como é o caso dos compostos eugenol e o mentol, provindos principalmente do óleo de cravo (*Eugenia caryophyllata*) e da menta (*Mentha sp.*), respectivamente. Além destes, nos últimos anos a pesquisa tem apresentado outras opções de OE's como a Lúcia-lima - *Aloysia tryphila*, erva cidreira brasileira - *Lippia alba*, melaleuca - *Melaleuca alternifolia*, alfavaca - *Ocimum gratissimum*, jambú - *Spilanthes acmella*, apresentando resultados bastante satisfatórios como anestésicos em organismos aquáticos, como peixes e crustáceos.

Conforme Lewbart e Mosley (2012), durante o ciclo de produção de camarões, diferentes procedimentos laboratoriais ocorrem, envolvendo atividades desde a captura, as biometrias, a coleta de amostras, a troca de tanques, até as flutuações dos parâmetros físicos e químicos da água, cujo manejo inadequado gera estresse.

Diante disso, é fundamental encontrar anestésicos alternativos, os quais sejam seguros e eficazes para crustáceos. Nesse caso, deve ser realizado um estudo detalhado da espécie, o seu limite de tolerância ao composto, bem como o procedimento mais adequado para a realização da indução anestésica.

Em geral, têm-se utilizado banhos de imersão em camarões, onde o anestésico pode ser diluído diretamente na água ou previamente em solvente orgânico, desta forma, o anestésico será absorvido principalmente pelas brânquias, chegando ao sistema circulatório e bloqueando algumas ações reflexas. No caso da definição do tempo adequado ou circunstância para anestesia, requer estudos para uma melhor compreensão de todas essas interações (Lewbart; Mosley, 2012).

De acordo com Ross e Ross (2009), para uma avaliação da eficiência do anestésico, é preciso definir tempos de indução para sedação, anestesia e recuperação. Além disso, avaliação visual do comportamento, natação e reação a estímulos externos também se faz importante. A sedação do camarão é caracterizada pela diminuição da sensibilidade, quando ele entra num estado de tranquilidade; mas, em contrapartida, quando ocorre a imobilização, inconsciência e analgesia são características da anestesia. O efeito eficaz vai depender da dose anestésica utilizada e do tempo de exposição, sendo que para camarões, são definidos dois estágios de anestesia: o primeiro corresponde a sedação, caracterizada pela perda parcial de equilíbrio e presença de resposta a estímulos externos; e o segundo a anestesia, caracterizada pela perda total do equilíbrio, mas sem resposta a estímulos externos.

Diante do contexto apresentado, é possível concluir que atualmente os óleos essenciais já são uma realidade implantada no universo dos anestésicos disponíveis para uso na aquicultura, e muitas são as alternativas com eficácia anestésica já comprovadas e seguras.

## 1.7 ESTÁGIOS DA ANESTESIA

O procedimento anestésico abrange diversos componentes, englobando sedação, imobilização, inconsciência (narcose), amnésia e analgesia. A sedação se caracteriza pela redução da sensibilidade, enquanto a anestesia geral induz um estado de inconsciência, amnésia, imobilização e alívio da dor. Um mesmo agente pode ser designado como sedativo (calmante) e/ou anestésico, dependendo da concentração ou dose aplicada, do tempo de exposição e, conseqüentemente, do efeito resultante no organismo vivo (Toni *et al.*, 2015).

Dada a crescente atenção e preocupação com o estresse em peixes, impulsionada pelos seus impactos adversos tanto no âmbito produtivo quanto econômico, foram concebidas algumas técnicas com o intuito de mitigar ou reduzir o estresse. Essas abordagens centram-se na aplicação de métodos de sedação e anestesia (Takamura, 2011).

Embora a anestesia, pareça reduzir o impacto de agentes estressores, é imperativo estabelecer concentrações seguras de fármacos anestésicos a fim de prevenir efeitos adversos

na prática. A administração excessiva de anestésicos pode induzir alterações metabólicas indesejadas ou, até mesmo, resultar na mortalidade dos animais (Ventura *et al.*, 2019).

Segundo Parodi *et al.* (2012), para camarões são definidos dois estágios de anestesia (Tabela 1):

Tabela 1 - Estágio de anestesia em camarões

<b>Estágio</b>	<b>Descrição</b>	<b>Resposta Comportamental</b>
1	Sedação	Perda parcial de equilíbrio e presença de resposta a estímulos externos
2	Anestesia	Perda total do equilíbrio, mas sem resposta a estímulos externos

Fonte: Parodi *et al.*, (2012).

## 2 METODOLOGIA DO ESTUDO

Aqui são apresentadas as hipóteses do estudo, os objetivos, dos quais foram separados por um objetivo geral e três objetivos específicos.

### 2.1 HIPÓTESES DO ESTUDO

Os anestésicos naturais são potencialmente mais favoráveis ao ambiente, mais rentáveis e mais seguros do que as drogas sintéticas para a gestão e o bem-estar dos organismos aquáticos. O uso do óleo essencial *Cinnamomum zeylanicum* vem se mostrando uma grande alternativa na variedade de plantas para aplicação em animais aquáticos, sendo assim, a ideia da pesquisa apresenta potencial para colaborar no alívio do estresse do camarão *Macrobrachium rosenbergii* produzido em água doce, pois geralmente o estresse nesses animais pode afetar a sua reprodução, o seu desenvolvimento e o seu crescimento. Assim sendo, torna-se importante pesquisar as seguintes hipóteses:

- 1) A concentração ideal do óleo essencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) para anestésiar o camarão (*Macrobrachium rosenbergii*) é de 2.000  $\mu\text{L L}^{-1}$ .
- 2) A concentração de 2.000  $\mu\text{L L}^{-1}$  de OE de Canela causa algum dano tecidual no camarão gigante da Malásia quando exposto a ele.

### 2.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial anestésico do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* para o camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii*.

### 2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estabelecer a concentração adequada do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* para anestésiar o camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii*;

- b) Determinar o tempo de indução e recuperação da anestesia;
- c) Avaliar os tecidos do hepatopâncreas e das brânquias após a exposição ao óleo essencial;
- d) Avaliar parâmetros bioquímicos (glicose e lactato);
- e) Avaliar se o anestésico (óleo essencial) é capaz de bloquear as respostas de estresse.

## 2.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

A aquicultura vem se ampliando significativamente nos últimos anos, devido ao aumento na procura de alimentos mais saudáveis e nutritivos, com isso a produção de animais aquáticos cresce a cada ano. À medida que essa atividade expande há uma preocupação com a produção e o desenvolvimento sustentável do setor, exigindo mudanças no cultivo dessas espécies. Cada espécie tem suas peculiaridades para uma boa adaptação e desenvolvimento.

Como por exemplo, o camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* foi introduzido no Brasil há décadas e obteve fácil adaptação por conta do clima favorável ao seu desenvolvimento, porém quando o animal está estressado, impacta consideravelmente na produção brasileira, pois afeta sua reprodução, seu desenvolvimento e seu crescimento. Em geral, o estresse é o principal fator que leva a alterações fisiológicas indesejáveis, acarretam consequências no estado de saúde, aumentam a suscetibilidade a doenças e causam perdas na produtividade e lucro do setor.

Para sanar esse problema e a produção continue expandindo, estudos estão sendo realizados com o uso de anestésicos naturais, como o óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum*, pois essa substância reduz o metabolismo dos animais, deixando-os mais tranquilos e evitando assim, o estresse no manejo. Embora os anestésicos ajudem muito durante um evento estressante, este precisa estar na concentração e tempo adequado para cada espécie.

Diante deste contexto, este estudo vem para avaliar o potencial anestésico do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* para o camarão de água doce *Macrobrachium*

*rosenbergii*, comprovando sua eficácia, ou não, assim como verificar se o mesmo causa algum dano tecidual.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no laboratório de organismos aquáticos - LOA do Instituto Federal Catarinense (IFC) - Campus Araquari. O projeto não foi submetido ao Comitê de Ética e Bem-Estar Animal, pois estudos com invertebrados não necessitam deste tipo de autorização.

#### 3.1 ANIMAIS

Os camarões *Macrobrachium rosenbergii* utilizados no presente estudo foram adquiridos do *Point* do Camarão - Aquicultura Santo Helena do estado do Rio de Janeiro. Transportados por via aérea até o aeroporto da cidade de Navegantes, e deste até o Instituto Federal Catarinense (IFC) - Campus Araquari/SC, via transporte rodoviário.

Os animais (1000 unidades) foram adquiridos quando se encontravam na fase juvenil I, criados até a fase adulta no setor de aquicultura do Instituto Federal Catarinense (IFC) - Campus Araquari/SC.

#### 3.2 ÓLEO ESSENCIAL DE CINNAMOMUM ZEYLANICUM

O óleo essencial (OE) de Canela, *Cinnamomum zeylanicum*, foi adquirido comercialmente da empresa Terra flor®, o qual foi obtido por hidrodestilação das folhas dessa espécie. Tendo como componente majoritário o Eugenol. Devido à característica hidrofóbica do óleo essencial foi realizada sua diluição (1:10) em etanol (95 %) para facilitar a dissolução na água.

### 3.3 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE INDUÇÃO E RECUPERAÇÃO

Antes de iniciar o experimento, os animais ficaram em adaptação nas condições do laboratório por 15 dias em um sistema de recirculação com renovação d'água de 200% /dia e foto período 12 horas luz - 12 horas escuridão.

Os parâmetros de qualidade da água (oxigênio dissolvido: 7,1 mg L<sup>-1</sup>; amônia total: 0,00 mg L<sup>-1</sup>; nitrito: 0,00 mg L<sup>-1</sup>; temperatura: 26,5°C; e pH: 6,72) foram monitorados diariamente. Neste experimento foram utilizados 50 (cinquenta) camarões (peso médio de 16,39 g ± 5,76 g), os quais foram distribuídos em 5 tanques de 50 L (Figura 3), 10 animais por concentração (700, 1.000, 2.000 e 2.500 µL L<sup>-1</sup>) e mais 10 animais para o grupo controle (contendo 2 litros de água mais 22,5mL de álcool a 95%). Foram alimentados três vezes ao dia (10:00, 14:00, e 18:00h), com ração comercial (Gabitech 1,6 mm para camarões marinhos - umidade máxima 10%, proteína bruta mínima 40%, extrato etéreo mínimo 10%, fibra bruta máxima 4% e material mineral máximo 14%), sendo privados da alimentação 24 horas antes da execução dos experimentos.

As fezes e alimentos não consumidos foram retirados do tanque por sifonagem 30 minutos após a alimentação. Os animais foram capturados individualmente e colocados em um recipiente para observação, contendo 2 litros de água sob aeração constante e a concentração de óleo essencial a ser avaliada (700, 1.000, 2.000 e 2.500 µL L<sup>-1</sup>). Os estágios de anestesia foram observados (Figura 4).

Quando o animal não reagia a um estímulo externo (tocado com auxílio de uma pipeta), e apresentava total perda de equilíbrio e tônus muscular (não se movia ao ser tocado), e baixa frequência de movimentos branquiais; o tempo de indução foi anotado. Em seguida, o animal foi retirado do recipiente, pesado e colocado em um recipiente contendo somente água e aeração, para recuperação, e o tempo cronometrado.

Quando o animal apresentava o comportamento da pré-anestesia, o tempo de recuperação foi anotado (Weber *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2019). Na sequência, os animais foram colocados em caixas de polietileno (50 L), agrupados de acordo com a concentração do óleo essencial a qual foram submetidos. Permaneceram em observação por 24 horas para

avaliar a sobrevivência. O tempo máximo de observação para indução e recuperação de cada animal foi de 30 minutos.

Figura 3 - Tanques onde os animais permaneceram para a realização da experimentação



Fonte: os autores (2023).

Figura 4 - Determinação do tempo de indução após exposição ao OE



Fonte: os autores (2023).

### 3.4 AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E HISTOLÓGICOS

Para a avaliação dos parâmetros bioquímicos (glicose e lactato) e histológicos (hepatopâncreas e brânquias) foram utilizados 30 animais, alocados em 10 tanques, contendo 50 L de água (3 camarões por tanque). Os camarões foram divididos em 3 grupos, sendo 10 exemplares para o tratamento controle (sem exposição ao anestésico e sem exposição ao ar), 10 exemplares expostos à concentração ideal do OE ( $2.000 \mu\text{L L}^{-1}$ ) e posteriormente expostos ao ar por 15 minutos (Tratamento 0) e os outros 10 exemplares sem exposição ao anestésico e posteriormente exposto ao ar por 15 minutos (Tratamento 1).

Os animais foram avaliados individualmente e retirados todos ao mesmo tempo do tanque (um tanque por vez), sendo um camarão levado imediatamente para coleta da hemolinfa e na sequência retirada do cefalotórax (controle). Os demais animais (2), um deles foi inserido em um recipiente de 2 L, contendo somente água, com aeração constante (T1), e o outro foi inserido em um recipiente contendo água e o OE  $2.000 \mu\text{L L}^{-1}$  e aeração (Tratamento 0). Uma vez induzido a anestesia, os dois exemplares foram retirados dos recipientes e colocados em um aquário sem água, onde ficaram expostos ao ar durante 15 minutos (Figura 5), após esse tempo foi coletada a hemolinfa e na sequência o cefalotórax de ambos.

Figura 5 - Exposição dos *Macrobrachium rosenbergii* ao ar para indução ao estresse



Fonte: os autores (2023).

Para extração da hemolinfa, foram utilizadas seringas de 1 mL (agulhas 23 G) mantidas sob refrigeração até o momento da coleta. Após a coleta, a hemolinfa foi armazenada em micro tubos tipo eppendorf de 1,5 mL, contendo fluoreto de sódio, fornecido pelo Laboratório Vetex, e mantida sob refrigeração constante até a chegada ao laboratório, onde foi processada.

Após a coleta do cefalotórax, esse foi pesado e armazenado em fracos contendo solução fixadora de Davison, para posterior retirada do hepatopâncreas e das brânquias.

Em relação ao preparo da solução fixadora de Davison, foram utilizados 5 litros de fixador composto por  $1/3$  de etanol absoluto +  $1/3$  de água destilada +  $2/9$  de formol 10% +  $1/9$  de ácido acético glacial.

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as informações obtidas foram submetidas ao teste de *Kolmogorov-Smirnov* para avaliar a normalidade da distribuição dos dados e, ao teste de *Levene* para avaliar a homogeneidade das variâncias. Como não foi observada homogeneidade de variâncias dos dados, estas foram submetidas ao teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* e, quando ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, foi aplicado o teste de comparações múltiplas. Todas as análises estatísticas foram realizadas observando-se um nível de significância de 5 %.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL

A caracterização química do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* foi fornecida pela empresa Terraflor® Aromoterapia (Figura 6). Com um total de 57 componentes, dos quais o Eugenol se destaca com a maior concentração (76,35%).

Figura 6 - Caracterização química do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum*

R.Time	Name	Area%			
14.875	alpha-Pinene	0.02	37.513	(E)-Cinnamaldehyde	1.04
15.866	Camphene	0.01	38.684	Safrole	0.40
16.520	Benzaldehyde	0.04	39.770	(E)-Cinnamyl alcohol	0.02
17.542	beta-Pinene	0.03	42.490	alpha-Cubebene	0.01
18.133	Myrcene	0.09	43.048	Eugenol	76.35
18.843	2-Carene	0.01	43.833	Hydrocinnamyl acetate	0.05
19.309	alpha-Phellandrene	2.06	44.429	alpha-Copaene	0.29
19.467	delta-3-Carene	0.07	45.270	beta-Elemene	0.01
19.994	alpha-Terpinene	0.05	45.803	Methyleugenol	0.01
20.493	para-Cymene	0.14	46.287	cis-beta-Caryophyllene	0.01
20.811	Limonene	0.42	47.267	beta-Caryophyllene	6.96
20.935	beta-Phellandrene	0.04	48.409	Aromadendrene	0.02
21.025	1,8-cineole	0.44	48.662	(E)-Cinnamyl acetate	1.43
21.875	trans-beta-Ocimene	0.00	49.472	alpha-Humulene	0.26
22.746	gamma-Terpinene	0.00	50.611	Germacrene D	0.01
23.571	cis-Linalool oxide (furanoid)	0.01	51.527	beta-Selinene	0.00
24.626	Terpinolene	0.03	51.638	Viridiflorene	0.03
25.543	Linalool	3.24	51.916	Bicyclogermacrene	0.03
25.747	Unidentified	0.02	52.061	alpha-Murolene	0.01
29.893	Benzyl acetate	0.03	52.883	Eugenyl acetate	2.49
30.668	Borneol	0.02	53.228	delta-Cadinene	0.05
30.765	Unidentified	0.00	56.719	Spathulenol	0.02
31.251	Terpinen-4-ol	0.03	57.060	Caryophyllene oxide	0.19
31.645	para-Cymen-8-ol	0.01	58.671	Humulene epoxide II	0.04
32.239	alpha-Terpineol	0.13	60.179	Unidentified	0.01
32.800	alpha-Phellandrene epoxide	0.01	61.188	Unidentified	0.02
34.561	Hydrocinnamic alcohol	0.02	62.004	14-Hydroxy-9-epi-Z-Caryophyllene	0.02
35.986	Chavicol	0.06	67.200	Benzyl benzoate	3.17
36.201	2-Phenethyl acetate	0.01			
					100.00

Fonte: Terraflor Aromaterapia (2021).

### 4.2 DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS DE INDUÇÃO E RECUPERAÇÃO

Todas as concentrações do OEC induziram anestesia. Não foram observadas mortalidades dos animais após a exposição ao OE. Não houve diferenças estatísticas quanto ao tempo de indução entre as concentrações de 700 e 1.000  $\mu\text{L L}^{-1}$ , e entre as concentrações de 2.000 e 2.500  $\mu\text{L L}^{-1}$ . Entretanto, houve diferenças estatísticas quando comparada as

concentrações de 700 e 1.000  $\mu\text{L L}^{-1}$  com as concentrações de 2.000 e 2.500  $\mu\text{L L}^{-1}$  quanto ao tempo de recuperação. Não há diferenças entre as concentrações de 700, 1.000 e 2.000  $\mu\text{L L}^{-1}$ , tampouco entre as concentrações de 1.000, 2.000 e 2.500  $\mu\text{L L}^{-1}$ . Entretanto, a concentração de 700  $\mu\text{L L}^{-1}$  diferiu estatisticamente da concentração de 2.500  $\mu\text{L L}^{-1}$  quanto ao tempo de recuperação.

O aumento da concentração do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* provocou a redução do tempo para indução e o aumento no tempo de recuperação desses animais (Gráficos 1 e 2). Os animais utilizados neste experimento, não apresentaram diferença significativas entre si quanto ao peso (Tabela 2). Sendo que, a concentração considerada ideal foi de 2.000  $\mu\text{L L}^{-1}$ . Essa concentração produziu tempo de indução de 3,40 minutos e tempo de recuperação de 5,63 minutos, próximo do que é considerado ideal segundo (Marking; Meyer, 1985).

Os animais submetidos a maior concentração de álcool utilizada para diluição do OE (22,5 mL) não apresentaram nenhum dos estágios anestésicos, confirmando o efeito inerte do etanol (95%).

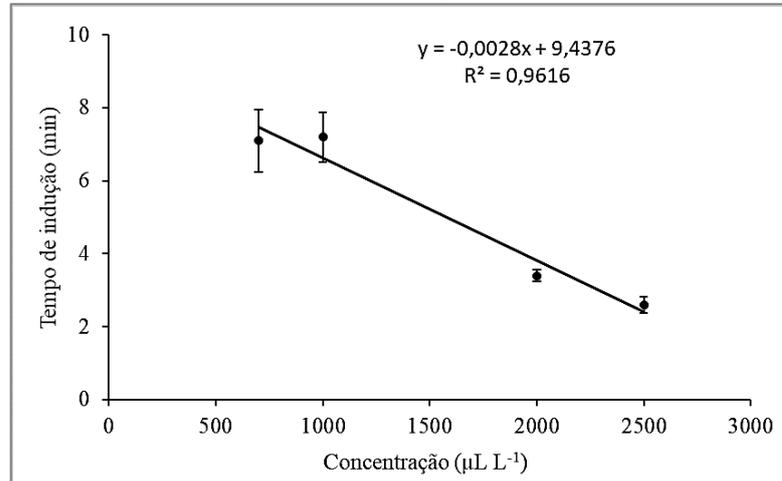
Os tempos de indução e recuperação, estão representados na Tabela 2, onde as letras sobrescritas diferentes na mesma coluna significam diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ). Os valores são expressos como média  $\pm$  desvio padrão.

Tabela 2 - Determinação dos tempos de indução e recuperação

Concentração		Tempo de indução	Tempo de recuperação
( $\mu\text{L L}^{-1}$ )	Peso (g)	(min)	(min)
700	14,85 $\pm$ 6,55 <sup>a</sup>	7,10 $\pm$ 2,69 <sup>a</sup>	4,84 $\pm$ 4,31 <sup>a</sup>
1.000	16,86 $\pm$ 6,15 <sup>a</sup>	7,20 $\pm$ 2,15 <sup>a</sup>	4,74 $\pm$ 1,76 <sup>ab</sup>
2.000	16,66 $\pm$ 3,87 <sup>a</sup>	3,40 $\pm$ 0,52 <sup>b</sup>	5,63 $\pm$ 2,21 <sup>ab</sup>
2.500	14,20 $\pm$ 5,90 <sup>a</sup>	2,60 $\pm$ 0,70 <sup>b</sup>	14,63 $\pm$ 10,76 <sup>b</sup>

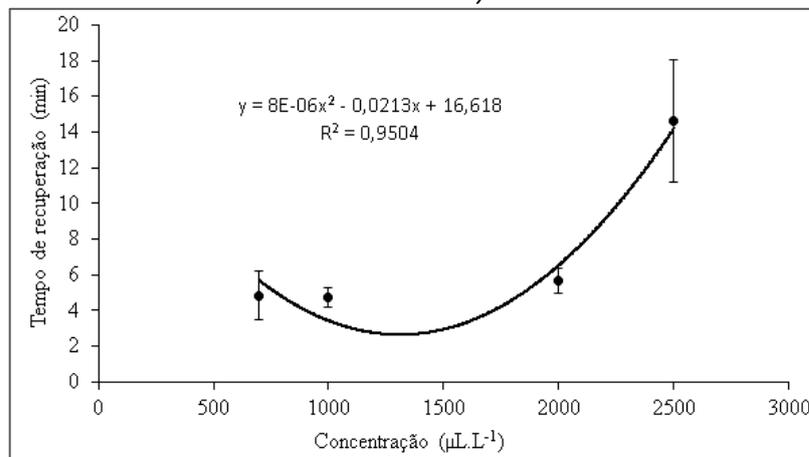
Fonte: os autores (2023).

Gráfico 1 - Tempos de indução à anestesia do *Macrobrachium rosenbergii* após exposição ao óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum*



Fonte: os autores (2023).

Gráfico 2 - Tempos de recuperação à anestesia do *Macrobrachium rosenbergii* após exposição ao óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum*



Fonte: os autores (2023).

### 4.3 ANÁLISE DE GLICOSE E LACTATO

A hemolinfa de cada exemplar foi coletada e transportada para o Laboratório Vetex, localizado no município de Camboriú/SC, sob orientação da veterinária responsável. Porém, a escolha do anticoagulante (fluoreto de sódio) sugerida pelo laboratório não foi apropriada, coagulando as amostras e não permitindo o seu processamento e análise, por isso o resultado foi inconclusivo.

#### 4.4 ANÁLISE HISTOLÓGICA DO HEPATOPÂNCREAS E DAS BRÂNQUIAS

O hepatopâncreas e as brânquias foram coletados, pesados e armazenados em recipiente contendo solução fixadora. No entanto acredita-se que houve uma deficiência no processo de fixação, motivo pelo qual ocorreu a autólise de grande parte das amostras, não permitindo seu processamento. Em razão disso, não obtive-se resultados conclusivos.

## 5 DISCUSSÃO

Com o aumento da concentração do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum*, cujo componente majoritário é o eugenol, observou-se a redução do tempo para indução e o aumento no tempo para recuperação. Resultado semelhante foi observado por Reis (2022) em um estudo com juvenis de *Macrobrachium amazonicum* (3,54 g), utilizando o óleo essencial de cravo (*Syzygium aromaticum*) 500  $\mu\text{L L}^{-1}$ , cujo componente principal também é o eugenol. Becker (2021), observou efeito similar ao utilizar OE de *Ocimum gratissimum* (componente majoritário também o eugenol) 100  $\mu\text{L L}^{-1}$  como anestésico para o camarão rosa - *Farfantepenaeus paulensis* (5,96 g). Palomera *et al.* (2016), também constatou essa característica em seu estudo utilizando OE de *Syzygium aromaticum* (300  $\mu\text{L L}^{-1}$ ) como anestésico para o *Macrobrachium tenellum* (1,10 g).

Nós consideramos como concentração ideal 2.000  $\mu\text{L L}^{-1}$ . Apesar de não ter cumprido os requisitos propostos por Marking e Meyer (1985) como anestésico ideal (indução em até 3,00 minutos e recuperação em até 5,00 minutos), foi a concentração que mais se aproximou quanto aos tempos de indução (3,40 minutos) e recuperação (5,63 minutos). De Souza Valente *et al.* (2023) avaliaram o óleo essencial de *Ocimum gratissimum* (componente majoritário é o eugenol), como anestésico em *Macrobrachium rosenbergii* (0,40 g). Eles consideraram como concentração adequada 400  $\mu\text{L L}^{-1}$ , de modo que, essa concentração é muito menor que a observada nesse estudo em questão (2.000  $\mu\text{L L}^{-1}$ ). Essa diferença de concentração a maior poderia ser justificada pela maior massa corporal dos animais utilizados nesse estudo em questão, aproximadamente 36 vezes mais pesados do que os utilizados por De Souza Valente *et al.* (2023). Saydmohammed e Pal (2009) avaliaram o eugenol em *Macrobrachium rosenbergii* adultos (32,00 g), e consideraram como a melhor concentração avaliada 800  $\mu\text{L L}^{-1}$ , concentração inferior ao observado nesse estudo. Entretanto, o tempo de indução observado por Saydmohammed e Pal (2009) foi de 21 minutos e a recuperação de 55 minutos, tempos muito superiores aos observados nesse estudo, e distante dos estudos de Marking e Meyer (1985) que consideraram como premissa para um anestésico ideal.

Tang *et al.* (2022) ao avaliar o eugenol (300 mg L<sup>-1</sup>) como anestésico em camarões *Litopenaeus vannamei* (12,00 g), observaram tempos de indução de 5,6 minutos e recuperação de 9,5 minutos. Os animais utilizados em nosso trabalho foram maiores, tinham massa corpórea um pouco superior (16,39 g) aos utilizados por Tang *et al.* (2022). A concentração necessária do OE de *Cinnamomum zeylanicum*, utilizada nesse estudo (2.000 µL L<sup>-1</sup>) foi superior a utilizada por Tang *et al.* (2022). Essa diferença poderia ser explicada por não se tratar de eugenol, e sim de um óleo essencial cujo um dos componentes é o eugenol. Outro ponto a discutir é a massa corporal dos animais. Normalmente animais mais pesados necessitam de uma concentração maior para induzir anestesia. Não obstante, a concentração mais elevada por nós utilizada, nos proporcionou um tempo de indução e recuperação mais adequados, próximo do recomendado por Marking e Meyer (1985).

Dito isto, a reação a um agente anestésico manifesta variações significativas não apenas entre distintas espécies, mas também entre indivíduos pertencentes à mesma espécie. Tais disparidades de resposta são suscetíveis as características farmacocinéticas e/ou farmacodinâmicas individuais. Estes parâmetros, por sua vez, podem ser sensivelmente influenciados por fatores biológicos, como peso e composição corporal, estágio de desenvolvimento, taxa de crescimento, condição fisiológica e estado de saúde (Zahl; Samuelsen; Kiessling, 2012).

## 6 CONCLUSÃO

Ao término deste estudo constatou-se que o óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* ( $2.000 \mu\text{L L}^{-1}$ ) pode ser utilizado como anestésico para o camarão *Macrobrachium rosenbergii* quando se deseja uma indução e recuperação rápida (próximo dos 3 a 5 minutos respectivamente). Além disso, evidenciou-se que esta concentração não provocou mortalidade nos animais em até 24 horas após a utilização, sendo assim, pode ser considerado seguro para uso no *Macrobrachium rosenbergii*. No entanto, mais estudos são necessários para avaliar possíveis alterações nos órgãos e tecidos.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, Mohammad H. et al. Effect of different levels of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*, NEES) on growth performance, feed utilization, whole-body composition and entropathogenic *Aeromonas hydrophila* - challenge of all male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. fingerlings. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 7, p. 32-34, 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10454438.2011.626350>. Acesso em: 09 ago. 2023.
- ALMEIDA, Marcia Pedrozo *et al.* Explorando a química e a atividade antifúngica de óleos essenciais: Uma proposta de projeto para a Educação Básica. **Latin American Journal of Science Education**, v. 2, 2015. Disponível em: [http://www.lajse.org/may15/12126\\_Almeida.pdf](http://www.lajse.org/may15/12126_Almeida.pdf). Acesso em: 05 set. 2023.
- ANDRÉ, Weibson Paz Pinheiro *et al.* Óleos essenciais e seus compostos bioativos no controle de nematoides gastrintestinais de pequenos ruminantes. **Acta Scientiae Veterinaries**, v. 46, n. 1, p. 01-14, jan. 2018.
- ARUMUGAM, Greetha; SWAMY, Mallappa Kumara; SINNIAH, Uma Rani. *Plectranthus amboinicus* (Lour.) **Spreng**: botanical, phytochemical, pharmacological and nutritional significance. *Molecules*, v. 21, n. 4, p. 369, 2016. Disponível em: [http://www.lajse.org/may15/12126\\_Almeida.pdf](http://www.lajse.org/may15/12126_Almeida.pdf). Acesso em: 05 set. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. **Anuário 2023 - Peixe BR da piscicultura**: a força do peixe brasileiro. São Paulo, p. 65, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). **Histórico da carcinicultura no Brasil**. 2017. Disponível em: <http://www.abccam.com.br/historico2.html>. Acesso em: 11 dez. 2023.
- BAILEY, Nathan *et al.* An universal etymological English dictionary (1721). **(No Title)**, 1721.
- BARBOSA, Kiriague Barra Ferreira *et al.* Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, p. 629-643, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/Fvg4wkYjZPgsFs95f4chVjx/>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- BECKER, Alessandra Janaína *et al.* Potencial anestésico de diferentes óleos essenciais para duas espécies de camarões, *Farfantepenaeus paulensis* e *Litopenaeus vannamei* (Decapoda, Crustacea). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51, n. 12, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/9My9cgsqVxGrFHpLHXVjkdn/abstract/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 31 out. 2023.

BECKER, Alessandra Janaína. **Utilização de anestésicos na sedação e transporte de juvenis do camarão branco *Litopenaeus vannamei***. 2016, 68 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2016.

BONA; Alliny Magalhães. **Mitigando a toxicidade do óleo de cravo-da-índia durante a anestesia de tilápias (*Oreochromis niloticus*)**. 2021, 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Vila Velha, Vila Velha, 2021. Disponível em: <https://repositorio.uvv.br/bitstream/123456789/886/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20FINAL%20DE%20ALLINY%20MAGALH%C3%83ES%20BONA.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2023.

BONFA NETO, Dovival. O estado mundial da pesca e aquicultura em 2020. **Mares: Revista de Geografia e Etnociências**, v. 2, n. 2, p. 111-114, 2021. Disponível em: <http://revistamares.com.br/index.php/files/article/view/88>. Acesso em: 09 set. 2023.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Pesca e aquicultura**. Palmas: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-pesca-e-aquicultura/>. Acesso em: 26 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**. Brasília-DF. 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura de 2011**. Brasília, DF, fev. 2012.

BRASIL. Lei n. 11.959, de 29 de junho de 2009. Dispõe sobre a política nacional de desenvolvimento sustentável da aquicultura e da pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei n° 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do decreto-lei n° 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília/DF, 30 jun. 2009. Disponível em: Base Legislação da Presidência da República - Lei n° 11.959 de 29 de junho de 2009 ([presidencia.gov.br](http://presidencia.gov.br)). Acesso em: 31 out. 2023.

BROWN, John Henry *et al.* **Biology Freshwater Prawns- Biology and Farming**, New Delhi, India. p. 18-39. 2010.

CAGOL, Luana *et al.* **Utilização de óleos essenciais de *Lippia alba* (erva-cidreira) e *Aloysia triphylla* (erva-Luiza) para *Macrobrachium rosenbergii***. 2020, p. 73. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4907>. Acesso em: 31 out. 2023.

CAMPOS, Juliéli Horn Guerreiro. **Identificação de consumidores e condições de comercialização de camarão no município de Rio Verde – Goiás**. 2021. p. 60. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos) - Instituto Federal De Educação,

Ciência e Tecnologia Goiano Campus Rio Verde, Rio Verde, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1970>. Acesso em: 23 dez. 2023.

CLAUDINO, Andressa. **Com crescimento expressivo em SP, piscicultura brasileira comemora aumento nas exportações**. 02 out. 2023. São Paulo. Disponível em: [https://www.agricultura.sp.gov.br/pt/b/com-crescimento-expressivo-em-sp-piscicultura-brasileira-comemora-aumento-nas-exportacoes?fbclid=IwAR005OLXFRC3vJtJz5zkQa7guNFyHe8e6uSRNiXY\\_AomV\\_phvm2bKlylC88](https://www.agricultura.sp.gov.br/pt/b/com-crescimento-expressivo-em-sp-piscicultura-brasileira-comemora-aumento-nas-exportacoes?fbclid=IwAR005OLXFRC3vJtJz5zkQa7guNFyHe8e6uSRNiXY_AomV_phvm2bKlylC88). Acesso em: 12 dez. 2023.

CORREIA, Alcinéa Malzete. **Uso dos óleos essenciais *Eugenia caryophyllata*, *Melaleuca alternifolia* e *Ocimum basilicum* como anestésicos e analgésicos em peixes-palhaços *Amphiprion clarkii***. 2015. p. 61. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/158403>. Acesso em: 10 jan. 2024.

COYLE, Shawn D. *et al.* Comparative efficacy of anesthetics for the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 36, n. 3, p. 282-290, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00332.x>. Acesso em: 23 dez. 2023.

DE SOUZA VALENTE, Cecília *et al.* Anaesthetic effect of clove basil (*Ocimum gratissimum* L.) essential oil on the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*, De Man 1879) exposed to different water pHs. **Aquaculture International**, p. 1-13, 2023.

DOTTA, Geovana; PIAZZA, Rômi Sharon. **Manejo e sanidade no cultivo**. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2012. Disponível em: <https://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/1398/Manejo%20e%20Sanidade%20no%20Cultivo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 dez. 2023.

ESCORSIN, Keveen Jhonathan Soares *et al.* Perfil bioquímico do camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) suplementado com extrato de alecrim (*Rosmarinus Officinalis*) na dieta. **Anais da IX Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica - IX JIC**, p. 1-4, 2019. Disponível em: <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/JORNADA/article/view/11499>. Acesso em: 23 nov. 2023.

ESPIRITO SANTO, Amanda Hastenreiter. **Inclusão de canela em dietas para tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. 2016, 43 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-ADMMX9>. Acesso em: 15 dez. 2023.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action.** Rome, n. Sofia, p. 244, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca9229en>. Acesso em: 23 nov. 2023.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018.** Meeting the sustainable development goals. Rome. 2018. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en?details=I9540EN>. Acesso em: 23 nov. 2023.

FAO (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.** Sustainability in action. Rome, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2023.

GAZOLA-SILVA, Fernando Francisco; MELO, Sérgio Grand; VITULE, Jean Ricardo Simões. *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae): possível introdução em um rio da planície litorânea paranaense (PR, Brasil). **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v. 36, n. 1-2-3-4, p. 83-90, 2007. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/acta/article/view/12295>. Acesso em: 26 nov. 2023.

GOLOMAZOU, Eleni *et al.* Anesthetic and genotoxic effect of medicinal plant extracts in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). **Aquaculture**, v. 464, p. 673-682, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848616304173>. Acesso em: 23 nov. 2023.

GONÇALVES, Fabrício Custódio de Moura. **Menta (Mentha x piperita L.) cultivada com aplicação de ácido salicílico:** avaliações fotossintéticas e bioquímicas. 2017, 129 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Botucatu, 2017. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP\\_583f6f96b87338764976854f0fb5f74e](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_583f6f96b87338764976854f0fb5f74e). Acesso em: 23 nov. 2023.

GRUENWALD, Joerg; FREDER, Janine; ARMBRUESTER, Nicole. Cinnamon and health. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 50, n. 9, p. 822-834, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20924865/>. Acesso em: 19 dez. 2023.

HAMEED, Imad Hadi; ALTAMEME, Huda Jasin; MOHAMMED, Ghaidaa Jihadi. Evaluation of antifungal and antibacterial activity and analysis of bioactive phytochemical compounds of *Cinnamomum zeylanicum* (Cinnamon bark) using gas chromatography-mass spectrometry. **Oriental Journal of Chemistry**, v. 32, n. 4, p. 1769, 2016. Disponível em: [https://www.orientjchem.org/pdf/vol32no4/OJC\\_Vol32\\_No4\\_p\\_1769-1788.pdf](https://www.orientjchem.org/pdf/vol32no4/OJC_Vol32_No4_p_1769-1788.pdf). Acesso em: 23 nov. 2023.

HERRERA, Leandro Amaral. **Algicultura**. Instituto de Pesquisa Ambientais (IPA), São Paulo, p. 1-33, 2023. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/pgibt/sites/242/2023/10/algicultura\\_leandro\\_herrera\\_2023.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/pgibt/sites/242/2023/10/algicultura_leandro_herrera_2023.pdf). Acesso em: 22 nov. 2023.

IGARASHI, Marco Antônio. Cultivo de camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii*: aspectos técnicos e econômicos. **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 9, n. 3, p. 180-194, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/105523/cultivo-do-camarao-de-agua-doce-macrobrachium-rosenbergii-de-man-em-viveiros-no-sul-do-brasil-sob-diferentes-densidades-e-taxas-de-estocagem>. Acesso em: 22 nov. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **PPM - Pesquisa da Pecuária Municipal**, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>. Acesso em: 23 nov. 2023.

INOUE, Luís Antônio Kioshi Aoki, NETO, Cristiano dos Santos, MORAES, Gilberto. Clove oil as anesthetic for juveniles of matrinxã *Brycon cephalus*. **Cienc Rural**, v. 33, n. 5, out. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/jj/cr/a/TWR5VKtGysZgg6DCKYL8btn/>. Acesso em: 22 nov. 2023.

JU, Jian *et al.* Application of essential oil as a sustained release preparation in food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 92, p. 22-32, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224419300159>. Acesso em: 15 nov. 2023.

KIMPARA, Janaina Mitsue *et al.* **Camarão-da-malásia**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

KOKETSU, Midori *et al.* The bark and leaf essential oils of *cinnamon* (*Cinnamomum verum* Presl) grown at Paraná, Brazil. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p.281-285, set./dez. 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/xN3tfXnqkBdT4958RZ4Drck/abstract/?lang=en>. Acesso em: 18 dez. 2023.

KUBITZA, Fernando *et al.* Panorama da piscicultura no Brasil: espécies cultivadas, sistemas de produção, perfil tecnológico e de gestão e os principais canais de mercado da piscicultura. **Panorama da Aqüicultura**, v. 22, n. 133, p. 16-31, 2012. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/panorama-da-piscicultura-no-brasil-parte-ii-3/>. Acesso em: 10 set. 2023.

KUMAR, Vikas *et al.* Herbs: Composition and Dietary Importance. **Encyclopedia of Food and Health**, v. 3, p. 332–337, 2016. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/herbs>. Acesso em: 15 nov. 2023.

LEITE, Karina. **Avaliação in vivo do extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) como antioxidante em camarões (*Macrobrachium rosenbergii*) e efeitos sobre a composição centesimal da carne**. 2019. 64 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, PR, 2019. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3097>. Acesso em: 10 set. 2023.

LEWBART, Gregory A.; MOSLEY, Conny. Clinical anesthesia and analgesia in invertebrates. **Journal of exotic pet medicine**, v. 21, n. 1, p. 59-70, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1557506311002242>. Acesso em: 18 ago. 2023.

LI, Yan-qun; KONG, De-xin; WU, Hong. Analysis and evaluation of essential oil components of cinnamon barks using GC–MS and FTIR spectroscopy. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 269-278, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669012002622>. Acesso em: 20 set. 2023.

LIMA, Maria da Paz *et al.* Constituintes voláteis das folhas e dos galhos de *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Lauraceae). **Acta amazônica**, v. 35, p. 363-366, jul./set. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/zKdSFrDZH5mYtZ9gkSnnBSL/>. Acesso em: 10 set. 2023.

MARICCHIOLO, Giulia; GENOVESE, Lucrezia. Some contributions to knowledge of stress response in innovative species with particular focus on the use of the anesthetics. **The Open Marine Biology Journal**, v. 5, n. 1, 2011. Disponível em: <https://benthamopen.com/ABSTRACT/TOMBJ-5-24>. Acesso em: 12 out. 2023.

MARTINS, André Luiz. Como montar uma criação de camarão. **Sebrae**, 2014. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-criacao-decamarao,aa197a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 11 dez. 2023.

MARKING, Leif L.; MEYER, Fred P. Are better anesthetics needed in fisheries? **Fisheries**, v. 10, n. 6, p. 2-5, 1985. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/1548-8446%281985%29010%3C0002%3AABANIF%3E2.0.CO%3B2>. Acesso em: 10 set. 2023.

MORAIS, Lilia Aparecida Salgado *et al.* Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/577686/influencia-dos-fatores-abioticos-na-composicao-quimica-dos-oleos-essenciais>. Acesso em: 19 dez. 2023.

OSTRENSKY, Antônio; BORGHETTI, José Roberto; SOTO, Doris. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília/DF: FAO, 2008.

PALOMERA, Martín Alonso Aréchiga *et al.* Evaluation of natural extracts with anesthetic properties in juveniles *Macrobrachium tenellum*. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 11, n. 3, p. 251-257, 2016. Disponível em: [https://panamjas.org/pdf\\_artigos/PANAMJAS\\_11\(3\)\\_251-257.pdf](https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_11(3)_251-257.pdf). Acesso em: 12 dez. 2023.

PARODI, Thaylise V. *et al.* Anesthetic activity of the essential oil of *Alysia triphylla* and effectiveness in reducing stress during transport of albino and gray strains of silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 2, p. 323-334, 2014.

PASSOS, Carolina S. *et al.* Terpenóides com atividade sobre o Sistema Nervoso Central (SNC). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 140-149, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/LyGb5WhfnX9nNM87nGJ535H/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

PEDROZA FILHO, Manoel Xavier; FLORES, Roberto Manolio Valladão; CHAVES, Thais Castelo Branco. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento: o mercado consumidor de produtos da aquicultura no Brasil**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, p. 1-34, set. 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1156970/1/Boletim-PD28.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023.

PEDROZA FILHO, Manoel Xavier; FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza; PENA JÚNIOR Marcos Antônio Gomes. **Revista Econômica NE**, Fortaleza, v. 51, n. 4, p. 159-176, out./dez., 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222307/1/ren-2020.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023.

REIS, Talison Cley de Castro. **O potencial do eugenol como anestésico para juvenis de *Macrobrachim amazonicum* (HELLER, 1862)**. 2022. 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Bragança/PR, 2022. Disponível em: [https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/4348/1/TCC\\_PotencialEugenolAnestesico.pdf](https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/4348/1/TCC_PotencialEugenolAnestesico.pdf). Acesso em: 10 jan. 2024.

ROCHA, Carlos Magno Campos da *et al.* Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 8, p. 4-6, ago. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/fBzHsxNCwB5RmQGTqZfk7jb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 nov. 2023.

ROSS, Lindsay G.; ROSS, Barbara. **Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals**. John Wiley & Sons, 2009.

ROUBACH, Rodrigo; GOMES, Levy Carvalho. O uso de anestésicos durante o manejo de peixes. **Panorama Aquicultura**, v. 11, n. 66, p. 37-40, 2001. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/o-uso-de-anesteticos-durante-o-manejo-de-peixes/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

RUSSO, Floripes do Carmo; GUIMARÃES, Mary de Araujo; CARDOSO, Luiz Eduardo. **Desenvolvimento de um gel anestésico contendo óleo essencial de canela (*cinnamomum zeylanicum blume*)**. XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação - Universidade do Vale do Paraíba, p. 1-3, 2008. Disponível em: [https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2008/anais/arquivosINIC/INIC1300\\_01\\_O.pdf](https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosINIC/INIC1300_01_O.pdf). Acesso em: 23 nov. 2023.

SANTOS, Welliene M. *et al.* Cinnamon (*Cinnamomum sp.*) inclusion in diets for Nile tilapia submitted to acute hypoxic stress. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 54, p. 551-555, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464816302868>. Acesso em: 12 dez. 2023.

SÃO JOSÉ, Flaviano Fernandes de *et al.* **Mapeamento de viveiros escavados para aquicultura no Brasil por sensoriamento remoto**. Campinas: Embrapa Territorial, 2022.

SAYDMOHAMMED, Manush; PAL, Asim Kumar. Anesthetic effect of eugenol and menthol on handling stress in *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 298, n. 1-2, p. 162-167, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848609008473>. Acesso em: 10 ago. 2023.

SEAFOOD BRASIL. **Anuário 2022**. n. 45, p. 11, 2022. Disponível em: <https://www.seafoodbrasil.com.br/>. Acesso em: 13 dez. 2023.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DO CEARÁ. Escola Estadual de Educação Profissional (EEEP). **Aquicultura - Introdução à Pesca e à Aquicultura**. Curso Técnico em Aquicultura. 2011. Disponível em: [https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2011/01/aquicultura\\_introducao\\_a\\_pesca\\_e\\_a\\_aquiculturacapa.pdf](https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2011/01/aquicultura_introducao_a_pesca_e_a_aquiculturacapa.pdf). Acesso em: 23 nov. 2023.

SILVA, Eduardo da *et al.* Assessment of induction and recovery times of anesthesia in *Astyanax bimaculatus* using 2-phenoxyethanol and the essential oils of *Melaleuca alternifolia* and *Ocimum gratissimum*. **Aquaculture Research**, p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.14404>. Acesso em: 19 dez. 2023.

SILVA, Jorge Luiz Mariano; MARTINS, Juliana Schmaltz. Competitividade e parcela de mercado: uma análise do constant market share para o mercado de camarão brasileiro. **Revista**

**Econômica do Nordeste**, v. 43, n. 1, p. 125-138, 2012. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/ren/article/view/197/175>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SKAR, Malene W. *et al.* Development of anesthetic protocols for lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.): Effect of anesthetic concentrations, sea water temperature and body weight. **PLoS One**, v. 12, n. 7, p. e0179344, 2017. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0179344>. Acesso em: 12 set. 2023.

SZERWIESKI, Laura Ligiana Dias *et al.* Use of medicinal plants by primary care elderly. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v. 19, n. 4, 2017. Disponível em: <https://https%3A%2F%2Frevistas.ufg.br%2Ffen%2Farticle%2Fdownload%2F42009%2F22841%2F&usg=AOvVaw2k4dk5Sik20DsUir9wfmR5&opi=89978449>. Acesso em: 12 out. 2023.

TAKAMURA, Angela Emi. **Efeito de anestésicos em girinos e rãs pós-metamórficas de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*)**. 2011. p. 361. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2251/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2023.

TANG, Yunyu *et al.* Pharmacokinetics studies of eugenol in pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) after immersion bath. **BMC Vet. Res.**, v. 18, p. 1-13, mar. 2022. Disponível em: [10.1186/s12917-022-03145-3](https://doi.org/10.1186/s12917-022-03145-3). Acesso em: 10 out. 2023.

TAVABE, Kamram Rezaei *et al.* Effects of Water Hardness and Calcium: Magnesium Ratios on Reproductive Performance and Offspring Quality of *Macrobrachium rosenbergii*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 46, n. 5, p. 519-530, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jwas.12217>. Acesso em: 20 dez. 2023.

TEIXEIRA, Rafael Rivas. **Óleo essencial de *aloyisia triphylla* (L'HER.) Britton no sistema produtivo de tilápia do Nilo: manejo e transporte**. 2015. p. 72. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2015. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFBA-2\\_18a352a7b8e344a241c7ce364a195d20](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFBA-2_18a352a7b8e344a241c7ce364a195d20). Acesso em: 23 dez. 2023.

TIDWELL, Jonh Henry; COYLE, Suan. **Evaluation of factors effecting survival during the transportation of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii***. Final Report for 2002 Federal-State Marketing Improvement Program Kentucky State University. 2002.

THE WORLD BANK. Fish to 2030 Prospects for Fisheries and Aquaculture. **Agriculture and environmental ser vices department discussion paper**, v. 3, n. 83177-GLB, p. 1-80, dec. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/019/i3640e/i3640e.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2023.

TONI, Cândida *et al.* Stress response in silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to the essential oil of *Hesperozygis ringens*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 41, p. 129-138, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25403153/>. Acesso em: 27 dez. 2023.

VALENTI, Wagner Cotroni; MALLASEN, Margarete; DE BARROS, Helenice Pereira. Sistema de recirculação e rotina de manejo para larvicultura de camarões de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em pequena escala. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 1, p. 141-151, 2009. Disponível em: <https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/view/845/829>. Acesso em: 20 dez. 2023.

VALENTI, Wagner Cotrini. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões de água doce. **Simpósio Brasileiro de Aquicultura - Anais**, Goiânia, p. 99- 106, 2002. Disponível em: [https://www.caunesp.unesp.br/Home/publicacoes/cpil\\_valenti\\_situacao-atual-perspectivas-e-novas.pdf](https://www.caunesp.unesp.br/Home/publicacoes/cpil_valenti_situacao-atual-perspectivas-e-novas.pdf). Acesso em: 20 dez. 2023.

VALENTI, Wagner Cotrini. Criação de camarões de água doce. *In: Congresso de Zootecnia, 12º, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais... p. 229-237.* Disponível em: [https://www.caunesp.unesp.br/Home/publicacoes/cpil\\_valenti\\_criacao-de-camaroes.pdf](https://www.caunesp.unesp.br/Home/publicacoes/cpil_valenti_criacao-de-camaroes.pdf). Acesso em: 20 dez. 2023.

VENTURA, Arlene Sobrinho *et al.* Características do anestésico alternativo de erva cidreira (*Lippia alba*) e alecrim pimenta (*Lippia sidoides*) em peixes. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, Recife, v. 13, n. 3, p.416-428, jul-set, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1130598/caracteristicas-do-anestesico-alternativo-de-erva-cidreira-lippia-alba-e-alecrim-pimenta-lippia-sidoides-em-peixes>. Acesso em: 23 dez. 2023.

VICENTE, André Luiz. O uso de anestésicos no manejo de peixes. 20 abril 2014. **O Gia - Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais**. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/o-uso-de-anestesia-no-manejo-de-peixes/>. Acesso em: 19 dez. 2023.

WANG, Rui; WANG, Ruijiang; YANG, Bao. Extraction of essential oils from five cinnamon leaves and identification of their volatile compound compositions. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 2, p. 289-292, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856408001240>. Acesso em: 20 out. 2023.

WEBER, Robilson Antônio *et al.* The efficacy of 2-phenoxyethanol, metomidate, clove oil and MS-222 as anesthetic agents in the Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858). **Aquaculture**, v. 288, n. 1-2, p. 147-150, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848608008478>. Acesso em: 20 out. 2023.

XIMENES, Luciano Feijão; VIDAL, Maria de Fátima. Carcinicultura. **Caderno Setorial - ETENE**, Fortaleza, ano 8, n.274, p. 1-11, mar. 2023. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1736/4/2023\\_CDS\\_274.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1736/4/2023_CDS_274.pdf). Acesso em: 13 dez. 2023.

YUAN, Wenqian; LEE, Hui Wen; YUK, Hyun-Gyun. Antimicrobial efficacy of Cinnamomum javanicum plant extract against *Listeria monocytogenes* and its application potential with smoked salmon. **International Journal of Food Microbiology**, v. 260, p. 42-50, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28843123/>. Acesso em: 18 out. 2023.

ZAHL, Iger Hilde; SAMUELSEN, Ole, KIESSLING, Abders. Anesthesia of farmed fish: implications for welfare. **Fish Physiology Biochemistry**, v. 38, p. 201-218, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22160749/>. Acesso em: 10 out. 2023.

ZAHL, Inger Hilde *et al.* Anesthesia induces stress in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). **Fish physiology and Biochemistry**, v. 36, p. 719-730, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19680764/>. Acesso em: 10 out. 2023.