

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

IARA REIS MARINHO

ATIVIDADE ANESTÉSICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) EM JUVENIS DE TAMBATINGAS (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomum*)

CHAPADINHA - MA

2022

IARA REIS MARINHO

ATIVIDADE ANESTÉSICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) EM JUVENIS DE TAMBATINGAS (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomum*)

Monografia apresentada à coordenação do curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Jane Mello Lopes

CHAPADINHA - MA

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Reis Marinho, Iara.

ATIVIDADE ANESTÉSICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA
Cinnamomum zeylanicum EM JUVENIS DE TAMBATINGAS Colossoma
macropomum x Piaractus brachypomum / Iara Reis Marinho. -
2022.

41 f.

Orientador(a): Jane Mello Lopes.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2022.

1. Frequência ventilatória. 2. Peixes. 3. Sedação.
I. Mello Lopes, Jane. II. Título.

IARA REIS MARINHO

ATIVIDADE ANESTÉSICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) EM JUVENIS DE TAMBATINGAS (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomum*)

Monografia apresentada à coordenação do curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Jane Mello Lopes

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Jane Mello Lopes (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão

Prof^ª. Dr^ª. Yndyra Nayan Teixeira Carvalho Castelo Branco
Universidade Federal do Maranhão

Msc. Rafael Carvalho da Silva
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

CHAPADINHA - MA

2022

A Deus, por conduzir meus passos em todos os momentos da minha vida.

Ao meu pai (*in memoriam*), que continua sendo minha maior força, à minha mãe e aos meus irmãos, por todo apoio incondicional, amor, confiança e incentivo, vocês viveram esse sonho comigo o tempo inteiro.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Talvez não fosse possível a conclusão desta etapa acadêmica sem a contribuição de todos que de alguma forma participaram desta árdua caminhada comigo, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

Primeiramente a Deus, por permitir a realização deste sonho, por todo amor, providencia, socorro presente nas horas de aflição, me guiar e está comigo em todos os momentos da minha vida, sem ele nada seria possível.

Ao meu pai Isauro Rodrigo dos Santos Reis, meu exemplo de amor. Hoje infelizmente não se encontra mais neste plano, mas em vida não mediu esforços para a realização desse sonho, sempre acreditou em mim, me incentivou, me apoiou ininterruptamente, seus ensinamentos e princípios me ajudaram a me tornar uma pessoa cada dia melhor. Agradeço a Deus por ter me dado à honra de ser filha desse homem tão maravilhoso, você está comigo em cada momento da minha vida. Te amo para todo sempre meu eterno e amado pai.

A minha mãe Antonia de Jesus Cardoso Marinho, meu exemplo de vida, que fez o possível para que eu chegasse até aqui e não permitir que eu desistisse mesmo com todas as dificuldades. Agradeço por todo suporte, amor a mim dedicado, pelo apoio incondicional. Sempre serei grata por tudo.

Aos meus irmãos Ieda Reis Marinho, Izakiel Reis Marinho, Iago Marinho Reis, Isabelle Marinho Reis e meu sobrinho Isaac Jhonata Reis dos Santos, por todo apoio sem restrição, palavras de incentivo, vocês viveram esse sonho comigo o tempo inteiro.

Agradeço as minhas amigas Marjorie Kaaely e Maria Ildilene que conheci no meio desta trajetória e se tornaram em tão pouco tempo muito importantes em minha vida, agradeço pelas conversas, palavras de apoio, ensinamentos e por todos os momentos de alegria compartilhados.

A Janayara Costa Souza, por dividir comigo nesse ultimo ano tanto conhecimento, incentivos e carinhos dedicados a mim. Fazer os meus dias serem melhores e ingenuamente felizes, por todo amor, por ser meu ponto de paz em meio a tanto estresse.

A Brenda Carvalho Furtado, minha parceira de trabalhos desde o primeiro período da faculdade, que nos momentos de desespero me faziam enxergar que eu não estava sozinha, por ouvir meus desabafos em momentos de agonia, está ao meu lado, me ajudando nos trabalhos, pela amizade, companheirismo, me ajudando sempre a enfrentar cada momento de dificuldade, pela troca de experiência, se tornando um exemplo de vida para mim.

A Pedro Victor Cardoso e John Lucas Silva, integrantes do meu grupinho de trabalhos,

pela amizade, aprendizagem, momentos de descontração, apesar das brigas durante a realização dos trabalhos vocês tornaram esses momentos mais divertidos.

A minhas amigas Maria Luzia Santos, Janayra Souza, Maria Aparecida Paiva, Allyne Cristina, por todos os momentos de convívio, boas conversas, palavras de conforto, pelas rizadas, companheirismo, amizade e pela melhor troca de experiências que eu obtive de cada um.

A minha orientadora Jane Mello Lopes, pela paciência, dedicação, incentivo, tempo a mim dedicado e por ser uma constante fonte de motivação e inspiração ao longo de todos os anos que passei em seu laboratório.

Aos meus amigos de anos de amizade: Wellington Matos, Marinalda Matos, Ellen e Isabel Cristina, que mesmo distantes sempre me incentivaram a correr atrás dos meus objetivos e torceram por mim.

As minhas tias Clene Reis e Helena Reis, por me acolherem em Chapadinha e por todo ensinamento e apoio.

A todos os meus familiares que contribuíram de alguma forma com a realização deste sonho.

A minha cunhada Nágylla Almeida pela amizade e empréstimo da sua motinha para me locomover até o centro.

A Maciel Garreto, por toda ajuda durante esta caminhada e a todos os amigos e colegas da turma de Ciências Biológicas 2017.1 que conheci ao longo do curso por todos os momentos compartilhados.

Ao Centro de Ciências de Chapadinha e todo seu corpo docente e demais funcionários pela base e ensinamentos repassados e por colaborar de forma significativa para minha formação acadêmica.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA por todo apoio financeiro.

Ao professor Dr. Jefferson Costa de Siqueira pelo apoio e ajuda na análise estatística desse trabalho.

Não me limito a agradecer somente as pessoas citadas acima, peço imensamente perdão a todos que não foram citados e aproveito para agradecer-lhes por tudo.

MEU MUITO OBRIGADA!!

“Sonhe, você vai florescer
depois de todas as dificuldades
Sonhe, mesmo que os começos
Sejam humildes, o futuro será
próspero”

- Min Yoongi

RESUMO

A busca por anestésicos alternativos que não ofereçam riscos aos manipuladores, aos animais e sejam de baixo custo, vem se intensificando nos últimos anos na criação de peixes. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência do óleo essencial de canela (OEC) na sedação, anestesia e recuperação em juvenis de tambatinga ($10,26\text{g} \pm 1,5\text{ g}$ e $8,8\text{ cm} \pm 0,5\text{ cm}$) e a frequência ventilatória (pesos $6,49 \pm 0,5\text{g}$ e $7,40 \pm 0,5\text{ cm}$) quando submetidos a diferentes concentrações do óleo essencial de canela. No primeiro experimento foi avaliado o tempo de indução a sedação, anestesia e recuperação em diferentes concentrações do OEC (10, 15, 25, 50 e $100\ \mu\text{L/L}^{-1}$) além do controle (etanol) com seis repetições cada. No segundo experimento realizou-se a análise da frequência ventilatória (FV) e a qualidade da água nos tempos 0, 1, 2, 4 e 6 horas após a exposição ao OE nas concentrações de 5 e $10\ \mu\text{L/L}^{-1}$, além dos controles (água e etanol $90\ \mu\text{L/L}^{-1}$). O óleo essencial de canela foi eficaz como sedativo e anestésico para tambatingas. Na sedação e anestesia as concentrações que apresentaram menor tempo de indução foram 25, 50 e $100\ \mu\text{L/L}^{-1}$. Na recuperação, as concentrações mais altas do óleo, houve um maior tempo de retorno aos movimentos natatórios normais nos animais. Na concentração de $10\ \mu\text{L/L}^{-1}$, o tempo de retorno foi de 2,75 seg, e nas demais concentrações o tempo se manteve em média de 5 minutos, havendo interação entre o tempo e as concentrações testadas. No segundo experimento, a FV dos animais ao final das 6 horas de exposição, se manteve estável nos tratamentos controle (água e etanol), enquanto a FV diminuiu ($p < 0,05$) nas concentrações de 5 e $10\ \mu\text{L/L}^{-1}$. A qualidade da água se manteve inalterada durante as 6 horas de exposição ao óleo. Não houve mortalidade durante os dois experimentos e após as 48 horas de observação. Considerando a análise do modelo exponencial os resultados indicam que para a anestesia de tambatingas a concentração ideal do OEC é de $21\ \mu\text{L/L}^{-1}$. A concentração de $10\ \mu\text{L/L}^{-1}$ é a mais indicada para o transporte de juvenis de tambatinga e manejo em até 6 horas porque reduz o metabolismo.

Palavras-chave: Eugenol. Frequência ventilatória. Peixes. Sedação.

ABSTRACT

The search for alternative anesthetics that do not pose risks to handlers, animals and are low cost, has intensified in recent years in fish farming. In this sense, the objective of this research was to evaluate the efficiency of cinnamon essential oil (COE) in sedation, anesthesia and recovery in juvenile tambatinga ($10.26\text{g} \pm 1.5\text{ g}$ and $8.8\text{ cm} \pm 0.5\text{ cm}$) and the ventilatory frequency (weights $6.49 \pm 0.5\text{g}$ and $7.40 \pm 0.5\text{ cm}$) when submitted to different concentrations of cinnamon essential oil. In the first experiment, the time of induction to sedation, anesthesia and recovery was evaluated in different concentrations of COE (10, 15, 25, 50 and $100\ \mu\text{L/L}^{-1}$) in addition to the control (ethanol) with six replications each. In the second experiment, the analysis of the ventilatory frequency (VF) and the water quality was carried out at 0, 1, 2, 4 and 6 hours after exposure to EO at concentrations of 5 and $10\ \mu\text{L/L}^{-1}$, in addition to the controls (water and ethanol $90\ \mu\text{L/L}^{-1}$). Cinnamon essential oil was effective as a sedative and anesthetic for tambatingas. In sedation and anesthesia, the concentrations that presented the shortest induction time were 25, 50 and $100\ \mu\text{L/L}^{-1}$. In recovery, at higher oil concentrations, there was a longer time to return to normal swimming movements in the animals. In the concentration of $10\ \mu\text{L/L}^{-1}$, the return time was 2.75 sec, and in the other concentrations, the time remained on average of 5 minutes, with an interaction between the time and the concentrations tested. In the second experiment, the VF of the animals at the end of the 6 hours of exposure remained stable in the control treatments (water and ethanol), while the FV decreased ($p < 0.05$) at concentrations of 5 and $10\ \mu\text{L/L}^{-1}$. The water quality remained unchanged during the 6 hours of oil exposure. There was no mortality during both experiments and after 48 hours of observation. Considering the exponential model analysis, the results indicate that for tambatinga anesthesia the ideal concentration of COE is $21\ \mu\text{L/L}^{-1}$. The concentration of $10\ \mu\text{L/L}^{-1}$ is the most suitable for transporting tambatinga juveniles and handling within 6 hours because it reduces metabolism.

Keywords: Eugenol. Ventilatory frequency. Fish. Sedation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma para a avaliação da indução a sedação, anestesia e recuperação de peixes após banhos em soluções anestésicas	19
Figura 2 - Exemplares de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	20
Figura 3 - Espécime de Tambatinga	21
Figura 4 - Representação gráfica dos valores observados de sedação, anestesia e recuperação de tambatingas submetidas ao óleo essencial de canela.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características comportamentais dos peixes observadas de acordo com os diferentes estágios de anestesia.	24
Tabela 2 - Frequência ventilatória de juvenis de tambatingas após 6 horas de exposição a água, etanol e diferentes concentrações do OEC.....	31
Tabela 3 - Parâmetros da água observados após 6 horas de exposição de tambatinga ao óleo OEC, água e etanol.	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μL	Microlitro
CCCh	Centro de Ciências de Chapadinha
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
<i>C. zeylanicum</i>	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>
cm	Centímetro
E1	Estágio 1
E2	Estágio 2
E3	Estágio 3
E4	Estágio 4
FV	Frequência Ventilatória
g	Gramma
h	Hora
kg	Quilograma
L	Litro
m	Metro
MA	Maranhão
min	Minutos
ml	Mililitro
NH_3	Amônia não ionizada
O_2D	Oxigênio dissolvido
OE	Óleo essencial
OEC	Óleo essencial de canela
OEs	Óleos essenciais
pH	Potencial de hidrogênio
SNC	Sistema Nervoso Central
s	Segundos
TAM	Amônia total
Temp	Temperatura
UFMA	Universidade Federal do Maranhão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Uso de óleos essenciais com potencial anestésico em manejo de peixes	16
2.2	Indução de peixes à anestesia	17
2.3	Canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	19
2.4	Tambatinga	20
3	OBJETIVOS	22
3.1	Objetivo geral	22
3.2	Objetivos específicos	22
4	METODOLOGIA	23
4.1	Local e animais	23
4.2	Obtenção do óleo essencial	23
4.3	Experimento I: Indução à sedação, anestesia e recuperação	23
4.4	Experimento II: Avaliação da frequência ventilatória	25
4.5	Avaliação da qualidade da água	25
4.6	Análises estatísticas	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1	Experimento I: Sedação-Anestesia-Recuperação	27
5.2	Experimento II: Frequência ventilatória (FV)	30
5.3	Qualidade da água durante a exposição ao OEC	32
6	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A piscicultura brasileira vem se desenvolvendo, com significativos avanços em termos de aumento da produção e profissionalização do setor (PEDROZA et al., 2020), sendo considerada uma atividade agropecuária em crescimento e de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico de todas as regiões do Brasil (LIMA et al., 2005), dispondo de uma grande diversidade de espécies com elevado potencial de cultivo para o setor (DELLA FLORA et al., 2010).

A rotina na piscicultura é composta por uma série de práticas de manejo tais como: biometria, transporte e reprodução induzida. Essas práticas estressam facilmente os peixes, o que ocasiona uma série de efeitos negativos na produção (URBINATI; CARNEIRO, 2005), como a perda de peso e apetite, baixo crescimento, acometimento de doenças, até a morte dos indivíduos (VIDAL et al., 2008), afetando o sucesso na produção, com a consequente perda econômica para este setor (SEGNER et al., 2012).

Neste sentido, o controle do estresse por meio da anestesia protege o peixe e aumenta a eficiência técnica dos procedimentos de manejo, garantindo o bem-estar dos animais (BECKER et al., 2012). Esta prática tem sido cada vez mais discutida dentro de um contexto de ética e bem-estar de animais aquáticos (BARBAS; HAMOY, 2021), sendo preconizada numa escala cada vez maior na aquicultura (SILVA et al., 2019) à medida que a atividade cresce em todo o mundo, impulsionada por uma demanda crescente de pescado (FAO, 2020).

Os anestésicos gerais são substâncias que promovem, de forma reversível, depressão do sistema nervoso central, resultando em perda da sensibilidade e da resposta aos estímulos ambientais (SUMMERFELT; SMITH, 1990). Podem ser classificados como sintéticos ou naturais (obtidos de extratos vegetais). Neste segundo grupo se destacam os óleos essenciais, que correspondem a misturas de substâncias voláteis e lipofílicas obtidas, em sua maioria, por hidrodestilação das plantas (SUMMERFELT et al., 1990; ROSS; ROSS, 2008).

As principais substâncias sintéticas utilizadas na anestesia de peixes são: triclaína metano sulfonato, sulfato de quinaldina e fenoxietanol. Em geral, estas substâncias têm apresentado toxicidade e outros efeitos adversos (GOMES et al., 2001), mesmo em baixas concentrações (READMAN et al., 2013), além de serem altamente custosas (ROUBACH et al., 2005).

Devido a esses fatores há um aumento na demanda pelo uso de produtos anestésicos de baixo custo e de fácil aquisição que sejam seguros tanto ao manipulador quanto ao meio ambiente. Alguns óleos essenciais derivados de plantas têm se mostrado uma alternativa

viável para reduzir o estresse em peixes durante procedimentos de captura e manuseio (SILVA et al., 2013) devido às suas diversas propriedades (por exemplo, anestésica, antioxidante e antimicrobiana), que demonstraram reduzir alterações e, conseqüentemente, melhorar o estado de bem-estar (SOUZA et al., 2019), além de não oferecerem riscos aos manipuladores, apresentarem baixo custo e serem de fácil aquisição (GUÉNETTE et al., 2007).

O eugenol é um fármaco alternativo de origem vegetal (HONCZARYK; INOUE, 2009), sendo um dos principais componentes da canela (*Cinnamomum zeylanicum*), (CHERICONI et al., 2005; LIMA et al., 2005), apresentando-se como uma alternativa para anestésiar e sedar peixes.

Sendo assim, esse trabalho objetivou avaliar a atividade anestésica do óleo essencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) em juvenis de tambatingas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso de óleos essenciais com potencial anestésico em manejo de peixes

Vários fatores bióticos e abióticos, bem como os procedimentos da aquicultura (manejo, transporte ou densidade de estocagem), ativam o sistema de estresse, induzindo efeitos negativos em diferentes processos fisiológicos nos peixes, como crescimento, reprodução e imunidade (SOUZA et al., 2019).

Uma maneira de minimizar esse estresse e consequentemente facilitar o manuseio seria sedar os animais através de OEs (óleos essenciais). Esse procedimento resulta na perda de sensibilidade do animal, que pode ocorrer em diferentes níveis: de uma diminuição a níveis seguros de funções fisiológicas específicas à perda de consciência, caracterizada por sono induzido e relaxamento muscular sem perda das funções vitais do animal (MASSONE, 2011).

A triclaína metano sulfonato, quinaldina, benzocaína e o fenoxietanol são as principais substâncias sintéticas utilizadas na anestesia de peixes e têm sido amplamente utilizadas no Brasil (INOUE et al., 2003). Em geral, estas substâncias têm apresentado toxicidade e outros efeitos adversos, além de serem de alto custo (GOMES et al., 2001; ROUBACH et al., 2005). Alguns efeitos colaterais são observados, como perda de muco, irritação nas brânquias e olhos, e também alguns incômodos aos trabalhadores, sendo necessário o uso de luvas (INOUE et al., 2003).

Neste sentido, a busca por novas substâncias anestésicas é fundamental, em especial aquelas que não ofereçam riscos aos manipuladores e aos peixes, tenham baixo custo e sejam de fácil aquisição, como geralmente é o caso de OEs derivados de plantas (GUÉNETTE et al., 2007).

Os OEs apresentaram menores efeitos colaterais do que os compostos sintéticos, o que mostra que eles são uma alternativa viável para reduzir o estresse em peixes durante procedimentos de captura e manuseio (SILVA et al., 2013). O eugenol e o mentol são anestésicos naturais produzidos no Brasil e demonstraram ser eficientes em substituição à benzocaína (GONÇALVES et al., 2008).

Vários estudos descrevem diferentes agentes indutores de anestesia, dentre eles, os óleos essenciais de diferentes plantas como o mentol, o óleo de cravo, melaleuca, *Lippia alba*, eucalipto, *Aloysia triphilla*, *Hesperozygis ringens*, *Ocimum basilicum*, *Cymbopogon flexuosus*, *Citrus auranticus* e *Citrus latifolia* (LORENZO et al., 2002; ROUBACH et al., 2005; GONÇALVES et al., 2008; CUNHA et al., 2010; REZENDE et al., 2012;

ZEPPENFELD et al., 2014; TONI et al., 2014; LIMMA NETTO et al., 2016; BANDEIRA et al., 2018; LOPES et al., 2018).

Os OEs são compostos naturais, voláteis e complexos, formados por hidrocarbonetos, álcoois e aromáticos, caracterizados por um forte odor. São compostos líquidos e lípidos. Constituídos, em sua maioria, por moléculas de natureza terpênica extraídas de qualquer parte de qualquer órgão da planta, como folhas, caules, sementes e flores. Apesar de serem parte do metabolismo secundário das plantas, constituem um importante grupo de matéria-prima para diversos setores da indústria (BAKKALI et al., 2008; MACHADO; FERNANDES JÚNIOR, 2011; MORAIS, 2009).

O uso de óleos essenciais derivados de plantas tem sido foco de estudos em aquicultura devido às suas diversas propriedades (por exemplo, anestésica, antioxidante e antimicrobiana), que têm demonstrado reduzir a atividade bioquímica e endócrina, alterações e, conseqüentemente, melhorar o estado de bem-estar, obtendo-se resultados promissores (SOUZA et al., 2019; SILVA, 2020).

Além disso, suas ações espécie-específicas devem ser claramente estabelecidas, pois podem atuar como estressores por si só, caso suas concentrações e quimiotipos utilizados não sejam adequados. Por esta razão, é necessário avaliar o efeito destas misturas de compostos naturais em diferentes espécies de peixes, desde os marinhos até os de água doce, a fim de encontrar a faixa de concentração ideal e a forma de sua administração para obter a atividade biológica desejada, sem quaisquer efeitos colaterais indesejados (SOUZA et al., 2019).

2.2 Indução de peixes à anestesia

A escolha do anestésico deve nortear-se pelos princípios de ter ação reversível, não deve ser irritante aos tecidos, deve ter seu início de ação rápido e ter duração suficiente para a técnica adotada, proporcionar grau reduzido de toxicidade, deve apresentar potencial suficiente para anestésiar, biocompatibilidade e boas propriedades de penetração à biofase, não desencadear reações alérgicas, ser estável em soluções e sofrer biotransformação rápida no organismo, e estar estéril ou capaz de ser esterilizado sem deterioração (ROSS; ROSS, 2009).

A anestesia de peixes pode ser afetada por fatores biológicos, tais como as diferenças entre as espécies (formato do corpo, tamanho da área branquial) e intraespecíficas, que são as diferenças de tamanho, variações na taxa metabólica e quantidade de gordura corporal (ROUBACH, 2001).

A ação de anestésias pode ser executada, por via injetável, oral ou por meio da imersão dos peixes em uma solução anestésica. Nesta última, que é mais difundida e utilizada, o fármaco é absorvido pelas brânquias e transportado via corrente sanguínea até o sistema nervoso central (SNC), promovendo depressão dose-dependente e levando a um estado de anestesia induzida (ROSS; ROSS, 2008; SUMMERFELT et al., 1990).

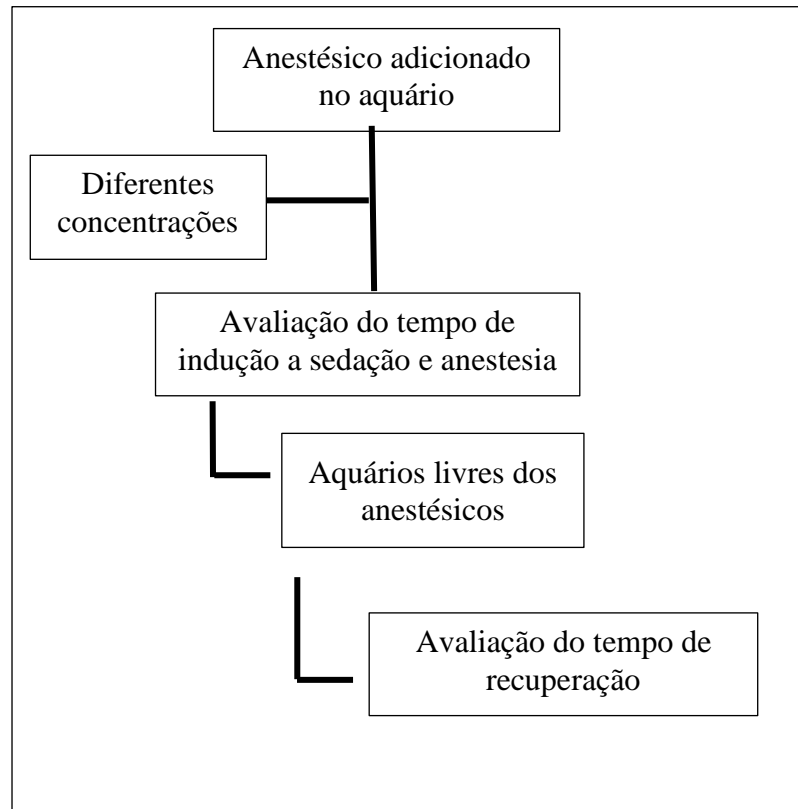
Qualquer fator que afete essa ventilação, como a temperatura, por exemplo, pode comprometer o efeito do anestésico e também a eliminação de seus resíduos (DELBON, 2006). Com aumento da exposição ou concentração do anestésico, primeiro eles acalmam (sedam) um animal e depois causam perda de mobilidade, equilíbrio, consciência e finalmente das reações reflexas (COYLE et al., 2004).

Na literatura, os estágios de anestesia descritos são classificados de acordo com os graus de perda de equilíbrio e alterações na frequência dos batimentos operculares, dessa forma, a determinação do intervalo de tempo adequado para que os peixes atinjam determinados estágios de anestesia é de fundamental importância para o correto planejamento do manejo de peixes (ROSS; ROSS, 2008).

Para fins práticos, a anestesia se resume a três fases: indução, manutenção e recuperação. Essas fases principais têm sido citadas ao longo do tempo na literatura, mas, por vezes, sem consistência. Cada uma dessas fases pode variar em duração de acordo com a droga ou método utilizado, espécie e condições do ambiente, ou, ainda, a depender da qualidade da água (BARBAS; HAMOY, 2021).

Segundo Barbas e Hamoy (2021), a avaliação da indução à anestesia, utilizando banhos anestésicos (Figura 1), bem como da recuperação pós-anestesia em peixes, pode ser feita em aquários com água com a concentração do anestésico e aquário de recuperação com água livre de anestésico. Em todos os casos, o fármaco deve ser solúvel em água. Entretanto, alguns são primeiramente dissolvidos em um solvente orgânico para depois serem diluídos em água (BOWSER, 2001).

Figura 1 - Fluxograma para a avaliação da indução a sedação, anestesia e recuperação de peixes após banhos em soluções anestésicas. Fonte: Adaptado de Roos; Roos, 2008



2.3 Canela (*Cinnamomum zeylanicum*)

A *Cinnamomum zeylanicum* (Figura 2), sinônimo (*Cinnamomum verum*), é uma planta que pertence à família das Laureaceae, pode chegar a nove metros de altura e é coberta por uma casca lisa pálida. É encontrada e conhecida no Brasil como canela-da-índia e canela-do-ceilão. As folhas de coloração verde-escuras possuem um formato oval-longo com 7-18 cm de comprimento. As flores são amarelas e pequenas, transformando-se em uma fruta arroxeada, com aproximadamente 1 cm, produzindo uma única semente (HAMEED et al., 2016; KOKETSU et al., 1997; LIMA et al., 2005).

Figura 2 - Exemplos de *Cinnamomum zeylanicum*



Fonte: Flora Toskana

A canela é uma importante especiaria e cultura aromática com amplas aplicabilidades em aromatizantes, perfumaria, bebidas e medicamentos. Na agricultura, ela é utilizada para controle de nematoides e em fungicidas na arborização urbana. O seu óleo pode ser obtido tanto das cascas como das folhas, mas a composição dos dois é completamente distinta. O óleo obtido da casca é utilizado na aromatização de alimentos, ao passo que o das folhas, na cosmética e na aromaterapia (DIAS et al., 2009; GROSSMAN, 2005).

De acordo com as partes da planta utilizadas na extração do OE, os compostos majoritários se alteram sugerindo diferentes perfis de atividade (GRUENWALD et al., 2010). O OE da casca contém a presença do aldeído cinâmico (55%), seguido do eugenol (12%). Já na análise das folhas da canela, vinte e três 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).

Na aquicultura, a *C. zeylanicum* foi testada como: agente anestésico antiestresse e genoprotetor em dourada (*Spratus aurata L.*) por Golomazou et al. (2016); adicionada em dietas para tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), como no estudo de Do Espírito et al. (2016); seu extrato também 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 (AHMAD et al., 2011).

2.4 Tambatinga

Híbrido produzido a partir do cruzamento da fêmea do tambaqui (*Colossoma macropomum*) com o macho da pirapitinga (*Piaractus brachypomu*) é conhecido popularmente como tambatinga (Figura 3) (HASHIMOTO et al., 2012). Apresenta cor clara,

com as pontas das nadadeiras caudal e anal de cor avermelhada, sendo essa coloração herdada da pirapitinga. Possui hábito alimentar onívoro, e pode alcançar até mais de 15 kg de peso corporal (CRUZ et al., 2006).

Figura 3 - Espécime de Tambatinga



Fonte: Autora do trabalho

A tambatinga é superior em relação às suas espécies parentais quanto ao crescimento e à produtividade (HASHIMOTO et al., 2012). Além disso, apresenta melhor conversão alimentar em comparação ao tambaqui e à pirapitinga, isto deve-se ao fato da tambatinga possuir rastros branquiais mais desenvolvidos, possibilitando maior eficiência no processo de utilização do fitozoplâncton presente na água de cultivo (KUBITZA, 2004; PAULA et al., 2009).

A espécie possui facilidade para atingir o peso comercial em curto período de tempo e com baixos níveis de proteína bruta na dieta, o que representa economia com custo de ração (SILVA-ACUÑA; GUEVARA, 2002).

Segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura (2013), a tambatinga apresenta melhor rendimento de carcaça, o que despertou grande interesse das indústrias de pescado. Conseqüentemente, a produção desse peixe híbrido vem crescendo, pois foi de 4.915,6 toneladas em 2010 para 14.326,4 toneladas em 2011, representando aumento de mais de 190%.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a atividade anestésica do óleo essencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) em juvenis de tambatingas (*Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomum*) e a frequência ventilatória quando submetidos a diferentes concentrações do OE de canela, no período de 6 horas.

3.2 Objetivos específicos

- ❖ Investigar a ação do OE de canela como sedativo/anestésico, o tempo de indução e recuperação em tambatingas;
- ❖ Avaliar a frequência ventilatória e a sobrevivência de tambatingas quando submetidos a diferentes concentrações do OE de canela, no período de 6 horas;
- ❖ Avaliar a qualidade da água durante a exposição ao óleo, no período de 6 horas.

4 METODOLOGIA

Foram realizados dois experimentos diferentes: o primeiro experimento avaliou o tempo de indução a sedação, anestesia e a recuperação dos animais durante 30min de exposição ao óleo essencial de canela. No segundo experimento, foi avaliada a frequência ventilatória dos animais e a qualidade da água após 6 horas de exposição ao OEC. Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFMA), da Universidade Federal do Maranhão, registro 23115.004974/2016-46.

4.1 Local e animais

Os experimentos foram realizados no setor de Piscicultura, do Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão (UFMA/CCCh), utilizando 66 juvenis de tambatingas obtidos de uma piscicultura comercial na região.

No setor de piscicultura os peixes foram mantidos durante 15 dias em tanques externos (6 m³) de alvenaria, continuamente aerados para aclimação até o início dos experimentos. Durante esse período, os animais foram alimentados à vontade com ração comercial, duas vezes ao dia. Vinte quatro horas antes dos experimentos e durante a exposição ao óleo, os peixes não foram alimentados.

4.2 Obtenção do óleo essencial

O óleo essencial da *C. zeylanicum* utilizado neste estudo foi adquirido de uma empresa comercial do Rio Grande do Sul. O óleo foi extraído a partir das folhas da planta por destilação e arraste a vapor d'água. O produto é 100% puro, natural e orgânico. O principal constituinte foi o eugenol (86%), segundo dados cedidos pela empresa.

4.3 Experimento I: Indução à sedação, anestesia e recuperação

Nos testes de indução à anestesia foram utilizados aquários de plástico contendo 1 L de água, com sistema de aeração constante mantido por pedra porosa acoplada a um aerador. Para cada tratamento foram utilizados seis juvenis (n=6) coletados aleatoriamente e submetidos individualmente as soluções anestésicas. Cada peixe foi usado apenas uma vez.

Os juvenis com peso médio de $10,26 \pm 1,5$ g e comprimento de $8,8 \pm 0,5$ cm foram submetidos a diferentes concentrações do OEC: 5, 10, 15, 25, 50 e $100 \mu\text{L/L}^{-1}$, que, em razão de sua natureza oleosa, foram previamente diluídas em etanol (1:10). Além das concentrações testadas os peixes foram expostos ao controle etanol ($900 \mu\text{L/L}^{-1}$). O tempo máximo de exposição ao óleo foi de 30min. O tempo de indução a cada estágio foi monitorado por meio de cronômetro digital e seguiu a metodologia descrita em Lopes et al. (2018).

A determinação dos estágios anestésicos foi realizada pela ação de estímulos externos (toque na cauda do animal com bastão de vidro sem usar de força bruta) e avaliação comportamental dos peixes (leve perda de resposta a estímulos externos, o nado errático e a perda total de resposta).

Os estágios de indução à anestesia (Tabela 1) avaliados neste estudo foram adaptados de Small (2003).

Tabela 1 - Características comportamentais dos peixes observadas de acordo com os diferentes estágios de anestesia.

Estágio	Comportamento característico
E1	Sedação leve: Agitação constante, movimentos semelhantes ao fuçar
E2	Sedação: Pouca reação a estímulos externos, perda parcial do equilíbrio, natação errática
E3	Anestesia: Total perda de equilíbrio, sem locomoção
E4	Recuperação: Recuperação da posição de nado e da capacidade de nadar

Fonte: (Adaptado de SMALL, 2003)

Após a indução a anestesia ou o tempo máximo de observação, os juvenis de tambatingas foram transferidos para aquários de igual volume (1 L), aerados, livres do óleo essencial, para observação do tempo de recuperação. Foram considerados recuperados quando apresentaram natação normal e resposta de reação a estímulos externos. O tempo máximo de observação da recuperação foi de 30min. As observações foram realizadas sempre pelo mesmo observador.

Após a recuperação, os animais foram pesados e agrupados de acordo com o protocolo anestésico e transferidos para caixas de 500 L, onde foram observados por 48h, em relação a comportamento anormal ou mortalidade.

Os parâmetros físico-químicos da água foram avaliados em cada tratamento tanto na indução a anestesia quanto na recuperação.

4.4 Experimento II: Avaliação da frequência ventilatória

Um segundo experimento foi realizado com outros animais (n=6) (peso $6,49 \pm 0,5$ g e comprimento $7,40 \pm 0,5$ cm) para avaliar a frequência ventilatória (FV) quando expostos ao OE de canela. A FV das tambatingas foi quantificada pela contagem visual dos movimentos operculares a cada 20 segundos sucessivos (total 1min), através de um cronômetro (Adaptado de ALVARENGA; VOLPATO, 1995) nos tempos 0, 1, 2, 4 e 6 horas após a exposição ao OE. As concentrações utilizadas neste experimento foram de $5 \mu\text{L/L}^{-1}$ e $10 \mu\text{L/L}^{-1}$, além das duas soluções controle (etanol e água). A escolha das concentrações neste segundo experimento levou em conta aquelas em que os peixes permanecem somente nos estágios E1 e E2, caracterizados pelo decréscimo das reações ao estímulo externo (sedação). A concentração de etanol usada na diluição do óleo foi de $90 \mu\text{L/L}^{-1}$, baseado na concentração de maior diluição do OE testado (1:10). Os parâmetros de qualidade de água foram avaliados nos tempos 0, 1, 2, 4 e 6 horas.

4.5 Avaliação da qualidade da água

A temperatura e os níveis de oxigênio dissolvido foram avaliados com auxílio de um oxímetro digital (AT-160), o pH da água, com auxílio de um pHmetro digital (DMPH-2 pH), a amônia total, pelo método colorimétrico e a amônia não ionizada, pela relação amônia total/temperatura/pH (Alfakit).

4.6 Análises estatísticas

Os dados foram expressos como média \pm erro padrão e submetidos ao teste de Levene para verificar a homogeneidade das variâncias e Shapiro-Wilk para verificar a normalidade. A atividade anestésica (tempo de sedação, anestesia e recuperação) foi avaliada por regressão linear e a frequência ventilatória dos animais, após 6 horas de exposição ao óleo de canela, foram determinadas pela análise de variância (ANOVA), quando houve diferenças significativas, aplicou-se o teste de comparação de médias ($p < 0,05$). Para estudar o efeito do

óleo essencial sobre o tempo necessário para alcançar cada uma das etapas (sedação/anestesia/recuperação) foi ajustado o modelo exponencial:

$$Y_i = A + B (1 - e^{-C(Dose - D)}) + e_i;$$

em que: A = tempo estimado para alcançar cada etapa utilizando a menor concentração de óleo (10 µL/L); B= diferença entre o tempo estimado com a menor dose testada e o tempo em que a resposta da etapa cessa; C= coeficiente de inclinação da curva; D= menor concentração testada (10 µL/L); e = base do logaritmo neperiano (2,718282) e e_i = erro associado aos valores observados e estimados. As concentrações necessárias para alcançar 95% do tempo em que a resposta cessa em cada etapa foram estimadas pela expressão: $(\ln 0,05)/C + D$. As análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional SAS 9.0, por meio dos procedimentos PROC GLM para análise de variância e PROC NLIN para ajuste dos demais modelos (SAS, 2002).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento I: Sedação-Anestesia-Recuperação

Não houve mortalidade durante ou após 48 horas de observação. Durante o primeiro contato com o anestésico, o comportamento dos peixes foi seguido pelo padrão comportamental de hiperatividade, caracterizado pelo nado agitado contra as paredes do aquário (E1). O mesmo padrão de euforia inicial e movimentos rápidos no aquário foi observado por Inoue et al. (2011) e também em outras espécies de peixes que foram induzidas à anestesia com eugenol, como pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (SANCHEZ et al., 2014) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) (CAVALI et al., 2020).

Nos estágios de indução à sedação e anestesia, o comportamento dos peixes foi o mesmo observado por Vidal (2008), seguindo este modelo: hiperatividade, natação lenta, parada do animal na posição dorso ventral. Em alguns casos, com leve inclinação para um dos lados, perda da reação aos estímulos externos e táteis. Com o passar do tempo, houve perda total de respostas.

O uso do etanol (grupo controle) não induziu os animais a nenhum dos estágios anestésicos. A menor concentração testada ($5 \mu\text{L/L}^{-1}$) causou apenas sedação leve nos animais e não induzindo aos estágios E2, E3 durante os 30 minutos de exposição ao óleo. As demais concentrações avaliadas do OEC (10, 15, 25, 50 e $100 \mu\text{L/L}^{-1}$) induziram os peixes aos três estágios de indução à anestesia, como mostrado na figura 4.

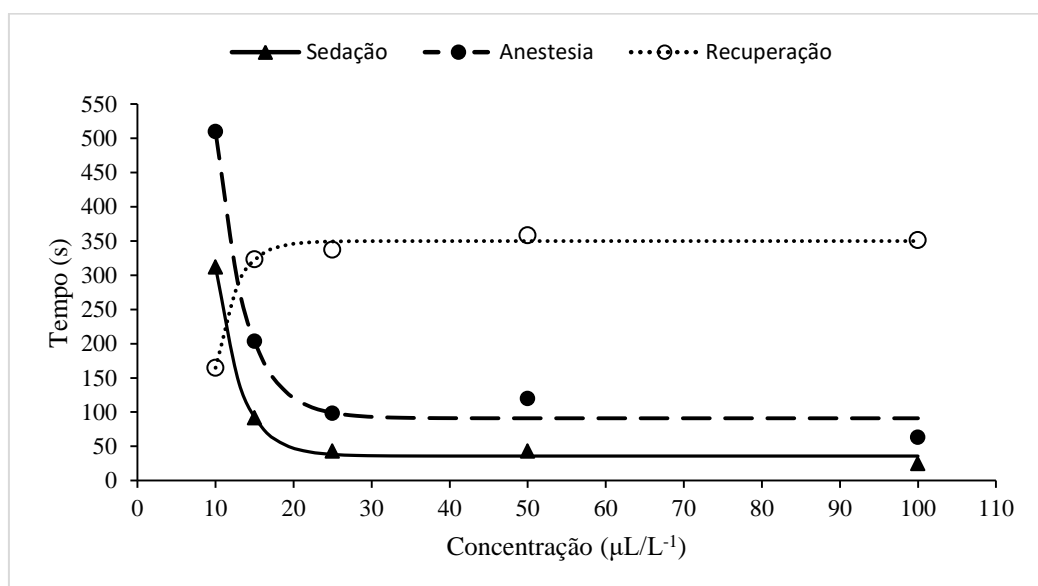


Figura 4 - Representação gráfica dos valores observados de sedação, anestesia e recuperação de tambatingas submetidas ao óleo essencial de canela. $Y^1 = \text{Tempo} = 311,9 - 276,1 * 1 - e^{-0,317 * (\text{Conc} - 10)}$

($R^2=0,99$; $P<0,0001$); $Y^2 = \text{Tempo} = 509,5 - 418,5 * (1 - e^{-0,264 * (\text{Conc} - 10)})$ ($R^2=0,98$; $P<0,0001$); $Y^3 = \text{Tempo} = 164,7 + 185,2 * (1 - e^{-0,381 * (\text{Conc} - 10)})$ ($R^2=0,98$; $P<0,0001$). As equações representam a relação entre o tempo de sedação (Y^1), anestesia (Y^2) e recuperação (Y^3) do OE, y = tempo para atingir os estágios (segundos). Os valores são médias \pm SEM

O tempo de sedação (Figura 4) na concentração de $10 \mu\text{L/L}^{-1}$ foi em torno de 5 minutos. Este tempo é considerado alto e não é recomendado pela literatura como ideal. A concentração de $15 \mu\text{L/L}^{-1}$ sedou os animais em menos de 2 minutos, e as demais concentrações foram eficientes para promover este estágio em menos de 40 segundos, sendo que na concentração de $100 \mu\text{L/L}^{-1}$ o tempo de indução a sedação foi de 36 segundos.

O tempo para a perda total de reação à manipulação (estágio E3 - Anestesia) (Figura 4) foi maior na concentração de $10 \mu\text{L/L}^{-1}$, os peixes levaram cerca de 8 minutos para anestesiarem, já as concentrações acima de $25 \mu\text{L/L}^{-1}$, apresentaram menor tempo de indução em relação à concentração mais baixa. Essas concentrações induziram os animais ao estágio anestésico em menos de 2 minutos. A concentração de $100 \mu\text{L/L}^{-1}$, entretanto, permitiu que os peixes atingissem o estágio E3 mais rapidamente, apresentando o tempo de indução à anestesia em 1 minuto.

O OEC utilizado neste estudo contém o eugenol como uma das principais substâncias ativas (86%). Segundo alguns autores, diminui os efeitos do estresse causado pelo manejo (INOUE et al., 2005) e apresenta ação rápida à anestesia profunda (WOODY et al., 2002; HAJEK et al., 2006).

O aumento da concentração de OEC na água implicou na redução do tempo para indução desses animais aos estágios de sedação. Este efeito também foi observado na utilização do óleo de cravo (100% de eugenol) na sedação de pirapitinga, seu parental (SLADKI et al., 2001).

No estudo realizado por Gonçalves (2008) testando o eugenol (principal constituinte do OEC) como anestésico para juvenis de pacu (10 mg/L^{-1}) não foi observado anestesia em menos de 1h, descartando a possibilidade do uso desta concentração em procedimentos anestésicos para a espécie.

Em estudo com molinésia *Mollinnesia sp.* Dos Santos (2016), relata que a concentração de eugenol de 10 mg/L^{-1} apresentou um maior tempo médio para anestesia em relação aos demais tratamentos. Desta forma o autor não indica, o uso do eugenol nesta concentração. Com tambatinga o presente estudo observou resultados semelhante com a mesma concentração.

O tempo recomendado por Ross e Ross (2008) é de no máximo 6 minutos para que o óleo seja considerado ideal como anestésico. Para biometria, manuseio de peixes em geral e reprodutores, o estágio de anestesia profunda normalmente deve ser atingido em 1 a 3 minutos (ROUBACH; GOMES, 2001). As concentrações de 15 a 100 $\mu\text{L}/\text{L}^{-1}$ foram capazes de preencher estes requisitos descartando a concentração de 10 $\mu\text{L}/\text{L}^{-1}$ de OEC para anestesia em peixes.

Na fase de recuperação, nossos resultados foram semelhantes aos apresentados por Vidal et al. (2007), que avaliaram a influência das diferentes concentrações de eugenol para indução e recuperação de tambaqui e matrinxã, observando que, conforme o aumento das concentrações, o período de recuperação aumenta significativamente.

De acordo com nossos resultados em relação a recuperação, todas as concentrações testadas são eficazes para manejos rotineiros e biometria dos peixes, pois não excederam os 5 minutos. Segundo Duarte et al. (2015), um bom anestésico deve apresentar efeito de recuperação que não ultrapasse 5 minutos.

Park et al. (2003) indicam até 10 minutos como tempo desejável para a recuperação da anestesia, tornando todas as concentrações testadas em tambatinga dentro do considerado como ideal para a recuperação anestésica. Para Neiffer e Stamper (2009), a recuperação maior que 10 minutos pode indicar uma dose excessiva ou um animal comprometido fisiologicamente.

Em tambatinga a concentração de 10 $\mu\text{L}/\text{L}^{-1}$ induziu um retorno dos movimentos natatórios mais rápido (2,75min) que as demais concentrações. Nas concentrações mais altas, os animais apresentaram uma recuperação mais prolongada, entretanto, sem diferença significativa entre os tratamentos (15; 25; 50 e 100 $\mu\text{L}/\text{L}^{-1}$) (Figura 4).

Prince e Powell (2000) afirmam que o alto tempo de recuperação apresentado por peixes anestesiados com eugenol pode ser adequado em biometrias, cirurgias ou manejo de desova, visto que nestas manipulações, é necessário que o peixe permaneça anestesiado por um longo período de tempo depois de ser removido da solução anestésica.

O uso de agentes anestésicos deve ser realizado com a mínima concentração eficiente (SOUZA et al., 2012), imobilizar rapidamente os peixes e resultar em uma recuperação sem prejuízos ao animal (AYDIN e BRABAS., 2020). Deve ser amplamente disponível, ter boa relação custo-benefício e apresentar baixa ou nenhuma toxicidade, além de ocasionar o mínimo de hiperatividade e estresse ao animal (BAGHERI; IMANPOOR, 2011). Fatores como baixo custo e facilidade tanto na obtenção quanto na aplicação devem ser considerados, quando se opta por um determinado produto com esta função (GRESSLER et al., 2017).

Cavale et al. (2020) relataram que o eugenol mostrou eficácia anestésica em tambaqui na concentração de 26,5 mg/L a uma temperatura de 31 ° C, sendo esta concentração, segundo os autores, a mais indicada para as práticas rotineiras nas pisciculturas. Neste contexto, o óleo essencial de canela enquadra-se como um anestésico ideal para a tambatinga nas maiores concentrações avaliadas neste experimento (25, 50 e 100 $\mu\text{L/L}^{-1}$).

Considerando a relação custo-benefício utilizou-se neste estudo, o modelo exponencial com o objetivo de avaliar a melhor dose em relação ao menor tempo de exposição, considerando 95% da resposta assintótica, a concentração do óleo essencial de canela mais adequada para a fase de sedação foi de 19,45 $\mu\text{L/L}^{-1}$ em 52s. Na anestesia a concentração de 21,35 $\mu\text{L/L}^{-1}$ a partir de 112s e na recuperação a concentração de 17,86 $\mu\text{L/L}^{-1}$ a partir de 350s.

Acima destas concentrações o tempo se estabiliza, mostrando que essas concentrações apresentam o mesmo efeito que as maiores doses testadas, desta forma podendo reduzir o custo do produtor, evitando desperdícios e maiores gastos econômicos.

Segundo Souza (2010) este modelo apresenta dificuldades no estabelecimento do nível-ótimo na maioria das vezes em situações em que variáveis econômicas não são consideradas nas análises. As exigências obtidas por modelos exponenciais podem estar sujeitas a crítica, uma vez que são estimadas com base na proporção da resposta escolhida arbitrariamente, situando-se, na maioria das vezes, entre 95% e 98% da resposta máxima ou assintótica (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Apesar das críticas ele descreve de forma detalhada os pequenos acréscimos na resposta animal, que permite a associação de variáveis econômicas para o estabelecimento do nível ótimo e ajustes aos dados obtidos em ensaios dose-resposta. O modelo é capaz de detectar pequenas diferenças no desempenho que são economicamente importantes. E, por fim, permite calcular o lucro marginal em conformidade com o custo marginal para determinar o nível mais viável economicamente (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). O que o torna de grande utilidade quando o interesse é determinar o nível ótimo de um determinado produto do ponto de vista econômico e pode ser valioso em decisões práticas (SIQUEIRA, 2009).

5.2 Experimento II: Frequência ventilatória (FV)

A maioria dos anestésicos para peixes tem efeito inibitório sobre o sistema respiratório, o que resulta em menor frequência (KEENE et al., 1998), mas este efeito pode

variar dependendo da concentração do anestésico (ROOHI; IMANPOOR, 2015). A FV é uma importante ferramenta na avaliação do estresse (TEIXEIRA, 2015). De acordo com Barreto e Volpato (2004) o anestésico entra no sistema circulatório do animal através das brânquias e da pele, bloqueando os reflexos (efeito inibitório no sistema respiratório), porém as brânquias são a principal rota de entrada e de ventilação branquial. Um aumento na VF pode indicar maior estresse e/ou metabolismo (LOPES et al., 2018).

Neste estudo, a FV dos peixes submetidos as concentrações de 5 e 10 $\mu\text{L/L}^{-1}$ de OEC nos tempos 0; 1; 2; 4 e 6 horas é apresentada na tabela 3. Durante as 6 horas de exposição, os tratamentos controle (água e etanol) se mantiveram estáveis em relação ao tempo zero (Tabela 2). A exposição as concentrações 5 e 10 $\mu\text{L/L}^{-1}$ de OEC por 6h manteve os batimentos operculares da tambatinga abaixo de 40 batimentos/ min^{-1} , evidenciando o estado de sedação leve nos animais.

Nas duas concentrações testadas de OEC observou-se a redução da FV dos animais em relação ao grupo controle a partir de 1 hora de exposição e se mantendo até 6 horas (Tabela 2). Observou-se interação entre o tempo e as concentrações testadas, ou seja, à medida que aumentou o tempo ocorreu diminuição na FV ($P < 0,05$).

Em *Cyprinus carpio* anestesiados com óleo de hortelã foi observado que a VF primeiro aumentou e depois diminuiu gradualmente com concentração crescente de anestésico em comparação com peixes do grupo controle (ROOHI; IMANPOOR, 2015). Eugenol e o óleo essencial de *Lippia alba* (rica em eugenol) também reduziu a FV em *Rhamdia* sp. (BECKER et al., 2012).

Tabela 2 - Frequência ventilatória de juvenis de tambatingas após 6 horas de exposição a água, etanol e diferentes concentrações do OEC.

Tempo (h)	Concentração ($\mu\text{L/L}^{-1}$) OEC			
	Água	Etanol	5	10
0	37,40 \pm 1,55ABa	35,40 \pm 1,55ABa	30,20 \pm 1,55Ba	39,40 \pm 1,55 Aa
1	32,00 \pm 1,55Aa	32,20 \pm 1,55Aa	23,40 \pm 1,55Bab	25,20 \pm 1,55Bb
2	37,60 \pm 1,55 Aa	33,80 \pm 1,55Aa	24,40 \pm 1,55Bab	23,20 \pm 1,55Bb
4	33,80 \pm 1,55Aa	31,80 \pm 1,55Aa	25,40 \pm 1,55Bab	21,00 \pm 1,55Bb
6	35,00 \pm 1,55Aa	37,80 \pm 1,55 Aa	25,20 \pm 1,55Bab	21,20 \pm 1,55Bb

Os valores são médias \pm SEM. Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferenças significativas entre os tratamentos no mesmo tempo. Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre tempos no mesmo tratamento (Análise de variância – ANOVA seguida do teste Duncan).

A associação entre o uso de anestésicos e a diminuição da frequência ventilatória foi relatada em Tilápia do Nilo por Moreira et al. (2010) usando eugenol. Essa redução da frequência ventilatória (batimentos operculares) segundo Park et al. (2009) está relacionada com a diminuição do metabolismo e consumo de oxigênio.

5.3 Qualidade da água durante a exposição ao OEC

Após 6 horas de exposição ao óleo de canela, os parâmetros de qualidade da água permaneceram sem alteração, não apresentando diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos testados (Tabela 3). O oxigênio dissolvido ficou entre 8,1 e 8,8 mg/L. Cyrino et al. (2010) afirmam que níveis acima de 5 mg/L são considerados ideais para a produção de peixes tropicais. A temperatura se manteve estável em 26 °C e dentro da faixa ideal considerada por Leira et al. (2017). Segundo os autores, peixes oriundos de águas tropicais geralmente vivem bem com temperaturas entre 24 e 28 °C. O pH permaneceu na faixa de 6,04 a 7,03, dentro da faixa recomendada para tambatingas (6,5 a 9,0), conforme Baldisserotto e Gomes. (2005).

Tabela 3 - Parâmetros da água observados após 6 horas de exposição de tambatinga ao óleo OEC, água e etanol.

	Concentração EOCZ			
	Água	Etanol*	5 $\mu\text{L}/\text{L}^{-1}$	10 $\mu\text{L}/\text{L}^{-1}$
O ₂ D	8.3 \pm 0.09	8.4 \pm 0.13	8.8 \pm 0.12	8.1 \pm 0.11
Temperatura	26.80 \pm 0.26	26.25 \pm 0.63	26.61 \pm 0.04	26.69 \pm 0.62
pH	6.93 \pm 0.15	7.03 \pm 0.09	6.04 \pm 0.16	6.19 \pm 0.36
TAN	0.2 \pm 0.09	0.3 \pm 0.06	0.40 \pm 0.04	0.38 \pm 0.03
NH ₃	0.001	0.002	0.001	0.001

*concentração etanol 90 $\mu\text{L}/\text{L}$; O₂D: Oxigênio dissolvido; TAN: Amônia total (mg/L); NH₃: Amônia não ionizada.

Não houve diferença nos níveis de TAN e NH₃ entre os tratamentos. Para a amônia total é recomendado valor menor que 0,5 mg/L e a toxicidade pode aumentar em função do pH. Em relação à amônia não ionizada é recomendável que não exceda 0,05 mg/L para peixes tropicais, acima desse limite pode reduzir o crescimento e baixar a eficiência alimentar (LEIRA et al., 2017).

A utilização de água de boa qualidade, com temperatura adequada, aliada ao uso de substâncias com ação sedativa ou anestésica, auxilia na diminuição do estresse, à medida que reduz a atividade e o metabolismo dos peixes, minimiza injúrias físicas, excreção de metabólicos tóxicos e proporciona grande economia de oxigênio (OLIVEIRA, 1999). Não foi observado mortalidade durante os experimentos nem 48h após.

6 CONCLUSÃO

Considerando a análise do modelo exponencial usado, os resultados indicam que a concentração ideal do óleo essencial de canela para a anestesia de juvenis de tambatingas é de $21 \mu\text{L}/\text{L}^{-1}$. Para manejo ou transporte desta espécie em até 6 horas, a concentração de $10 \mu\text{L}/\text{L}^{-1}$ do OEC é a mais indicada porque reduz o metabolismo dos animais.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M. H.; EL MESALLAMY, A. M.; SAMIR, F.; ZAHRAN, F. 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.
- ALVARENGA, C. D.; VOLPATO, G. L. Agonistic profile and metabolism in alevins of the Nile tilapia. *Physiology & Behavior*, v. 57, n. 1, p. 75-80, 1995.
- AYDIN, B.; BARBAS, L. A. L. Sedative and anesthetic properties of essential oils and their active compounds in fish: A review. *Aquaculture*, v. 520, p. 734999, 2020.
- BAGERI, T.; IMANPOOR, M. R. The efficacy, physiological responses and hematology of Persian Sturgeon, *Acipenser persicus*, to clove oil as an anesthetic agent. *Turkish journal of fisheries and aquatic sciences*, v. 11, n. 3, p. 477-483, 2011.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils—a review. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, p. 446 - 475, 2008.
- BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Ed. UFMS, 2005. 470 p.
- BANDEIRA, J. G.; ABREU, M. S.; ROSA, J. G.; dos SANTOS, P. C. G.; HEINZMANN, B. M.; CARON, B. O. BALDISSEROTTO, B.; BARCELLOS, L. J. G. *Lippia alba* and *Aloysia triphylla* essential oils are anxiolytic without inducing aversiveness in fish. *Aquaculture*, v. 482, p. 49-56, 2018.
- BARBAS, L. A. L., HAMOY, M., MELLO. 2021a. Anestesia e sedação em peixes: avaliação, produtos utilizados e implicações éticas. *Aquicultura na Amazônia: Estudos Técnico-científicos e Difusão de Tecnologias*, p. 294-307, 2021.
- BARRETO, R. E.; VOLPATO, G. L. Stress responses of the fish Nile tilapia subjected to electroshock and social stressors. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 39, p. 1605-1612, 2006.
- BECKER, A. G.; PARODI, T. V.; HELDWEIN, C. G.; ZEPPEFELD, C. C.; HEINZMANN, B. M.; BALDISSEROTTO, B. Transportation of silver catfish, *Rhamdia quelen*, in water with eugenol and the essential oil of *Lippia alba*. *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 38, p. 789-796, 2012.
- BOWSER, P. R. Anesthetic options for fish. In: *Recent Advances in Veterinary and Analgesia: Companion animals*. **International Veterinary Information Service**. Ithaca, Nova York, EUA, 2001.

CAVALI, J.; LIMA, T. O.; PORTO, M. O., FERREIRA, E.; NUNES, N. N. S.; SOUSA, R. G. C. Eugenol dosages in the anesthetic induction of Amazonian Tambaqui under different temperatures. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 8631-8643, 2020.

CHERICONI, S.; PRIETO, J. M.; IACOPINI, P.; CIONI, P.; MOLELI, I. In Vitro Activity of the Essential Oil of *Cinnamomum zeylanicum* and Eugenol in Peroxynitrite-Induced Oxidative Processes. **J. Agric. Food Chem**, v. 53, n. 12, pág. 4762-4765, 2005.

COYLE, S. D.; DURBOROW, R. M.; TIDWELL, J. H. Anaesthetics in Aquaculture, 6 pp. **SRAC Publication**, v. 3900, 2004.

CRUZ, A. G.; MELO, A. E. E. F.; SOBREIRA, C. B.; MAZETO M. D.; NAOE L. K. **Densidade x biomassa:** piscicultura. Boletim Técnico. Palmas. 2006. 13 p.

CUNHA, M. A.; BARROS, F. M. C.; GARCIA, L. O.; VEECK, A. P. L.; HEINZMANN, B.M.; LORO, V. L.; EMANUELLI, T.; BALDISSEROTTO, B. Essential oil of *Lippia alba*: a new anesthetic for silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 306, n. 1-4, p. 403-406, 2010.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n. (Suplemento), p.68 - 87, 2010.

DELBON, M. C. **Ação da Benzocaína e do Óleo de Cravo sobre parâmetros fisiológicos de tilápia, *Oreochromis niloticus*.** 2006. Dissertação (Mestrado em aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

DELLA FLORA, M. A.; et al. Biologia e cultivo do dourado (*Salminus brasiliensis*). **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 1, p. 7-14, 2010.

DIAS, V. L. N. **Fitodisponibilidade de metais, caracterização nutricional, constituição química, avaliação da atividade antioxidante e antibacteriana do óleo essencial extraído das folhas da *Cinnamomum zeylanicum* Breyn.** 2009. 115 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Parnaíba, João Pessoa, 2009.

DO ESPIRITO, S. A. H.; et al. **Inclusão de canela em dietas para tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*).** 2016. 43 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

DOS SANTOS, E. S.; DA SILVA, T. G.; DE FREITAS, R. M.; Diferentes concentrações de eugenol na anestesia de molinésia *Mollienesia* sp. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 9, n. 2, p. 10-18, 2016.

DUARTE, J. S.; HONORATO, C. A.; SANTOS, T. R. Tempo de indução e recuperação da anestesia do eugenol para beta (*Bettas splendens*). **Revista Brasileira de Ciências Veterinária**, v. 22, n. 3-4, p. 176-179, 2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture.** 2020. 244 p.

GOLOMAZOU, E. et al. Anaesthetic and genotoxic effect of medicinal plant extracts in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). **Aquaculture**, v. 464, p. 673-682, 2016.

GOMES, L. C. et al. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society, Baton Rouge**, v. 32, n. 4, p. 426-431, 2001.

GONÇALVES, A. F. N.; SANTOS, E. C. C.; FERNANDES, J. B. K.; TAKAHASHI, L. S. Mentol e eugenol como substitutos da benzocaína na indução anestésica de juvenis de pacu. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, p. 339-344, 2008.

GRESSLER, L. T.; SILVA, L. L.; HEINZMANN, B. M. Anestésicos em animais aquáticos. **Farmacologia aplicada à aquicultura**. UFSM, Santa Maria, v. 1, p. 467-537, 2017.

GROSSMAN, L. **Óleos essenciais na culinária, cosmética e saúde**. São Paulo: Optonline, p. 300, 2005.

GRUENWALD, J.; FREDER, J.; ARMBRUESTER, N. *Cinnamon and Health*. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, n. 9, p. 822-834, 2010.

GUÉNETTE, S. A.; UHLAND, F. C.; HÉLIE, P.; BEAUDRY, F.; VACHON, P. Pharmacokinetics of eugenol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 266, p. 262-265, 2007.

HAJEK, G. J.; KLYSZEJKO, B.; DZIAMAN, R. The anaesthetic effect of clove oil on common carp, *Cyprinus carpio* L. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 36, p. 93-97, 2006.

HAMEED, I. H.; ALTAMEME, H. J.; MOHAMMED, G. J. 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.

HASHIMOTO, D. T.; SENHORINI, J. A.; FORESTI, F.; PORTO-FORESTI, F. Interspecific fish hybrids in Brazil: management of genetic resources for sustainable use. **Reviews in Aquaculture**, v. 4, p. 108 – 118, 2012.

HONCZARYK, A.; INOUE, L. A. K. A. Anestesia do pirarucu por aspersão direta nas brânquias do eugenol em solução aquosa. **Ciência Rural**, v.39, p.577-579, 2009.

INOUE, L. A. K. A.; AFONSO, L. O. B.; IWAMA, G. K.; MORAES, G. Efeito do óleo de cravo na resposta de estresse do matrinxã (*Brycon cephalus*) submetido ao transporte. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 289-295, 2005.

INOUE, L. A. K. A.; BOIJINK, C. L.; RIBEIRO, P. T.; SILVA, A. M. D.; AFFONSO, E. G. Avaliação de respostas metabólicas do tambaqui exposto ao eugenol em banhos anestésicos. **Acta Amazonica**, v. 41, p. 327 - 332, 2011.

INOUE, L. A. K. A.; SANTOS, N.; CRISTIANO dos; MORAES, G. Clove oil as anaesthetic for juveniles of matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869). **Ciência Rural**, v. 33, p. 943-947, 2003.

KEENE, J. L. et al. The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, v. 29, p. 89-101, 1998.

KOKETSU, M.; GONÇALVES, S. L.; GODOY, R. L. O. The bark and leaf essential oils of *cinnamom* (*Cinnamomum verum* Presl) grown at Paraná, Brazil. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p.281-285, set./dez. 1997.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. **Panorama da Aquicultura**. Rio de Janeiro, v.14, n.82, p. 49-55, mar/abr. 2004a.

LEIRA, M. H.; CUNHA, L. T.; BRAZ, M. S.; MELO, C. C. V.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em Pisciculturas. **PUBVET**, v. 11, n.1, p.11-17, Jan/ 2017.

LIMA, M. P.; ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A.; SILVA, T. M. D.; FERNANDES, C. S. Constituintes voláteis das folhas e dos galhos de *Cinnamomum zeylanicum blume* (Lauraceae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 3, p. 363-366, jul./set. 2005.

LIMMA-NETTO. J. D.; SENA. A.C.; COPATTI. C.E. Essential oils of *Ocimum basilicum* and *Cymbopogon flexuosus* in the sedation, anesthesia and recovery of tambacu (*Piaractus mesopotamicus male x Colossoma macropomum female*). **Bol. Inst. Pesca**, v. 42, p. 727-733, 2016.

LOPES, J. M. SOUZA, DE. F., SCHINDLER, B.; PINHEIRO, C. G.; SALBEGO, J.; DE SIQUEIRA, J.; HEINZMANN, B. M.; BALDISSEROTTO, B. Essential oils from *Citrus x aurantium* and *Citrus x latifolia* (Rutaceae) have anesthetic activity and are effective in reducing ion loss in silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 2, p. 170-152, 2018.

LORENZO, D.; PAZ, D.; DELLACASSA, E.; DAVIES, P.; CAÑIGUERAR, S. Essentials oils of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia* from Uruguay. **Brasilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, p. 519-524, 2002.

MACHADO, B. F. T.; FERNANDES, J.; A. Óleos essenciais: Aspectos gerais e usos em terapias naturais. **Cadernos Acadêmicos**, v. 3, p. 105 - 127, 2011.

MASSONE, F. **Anestesiologia veterinária: farmacologia e técnicas: texto e atlas colorido**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. Acesso em: 16 jun. 2022. 2011.

Ministério da Pesca E Aquicultura - MPA. 2013. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. 2011. Brasília, DF, 60p.

MORAIS L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2 (Suplemento – CD Rom), 2009.

MOREIRA, F. V.; BASTOS, J. F. A.; SANTOS, M. R. V.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B. Chemical composition and cardiovascular effects induced by the essential oil of *Cymbopogon citratus* DC. Stapf, Poaceae, in rats. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, p. 904 - 909, 2010 b.

NEIFFER, D. L.; STAMPER, M. A. Fish sedation, anesthesia, analgesia, and euthanasia: Considerations, methods, and types of drugs. **ILAR Journal**, v. 50, n. 4, p. 343-360, 2009.

OLIVEIRA, A. M. B. M. S. Estresse dos peixes em piscicultura intensiva, Tópicos Especiais em Piscicultura Tropical Intensiva. **Revista Brasileira de Saúde e Produção**, v.7, n. 2, p. 164-168, 1999.

PARK, I. S., et al. Anaesthetic effect of lidocaine hydrochloride-sodium bicarbonate and MS-222 on the greenling (*Hexagrammos otakii*). **Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 36, n. 5, p. 449-453, 2003.

PARK, I. S.; PARK, M. O.; HUR, J. W.; KIM, D. S.; CHANG, Y. J.; KIM, Y. J.; PARK, J. Y.; JOHNSON, S. C. Anesthetic effects of lidocaine-hydrochloride on water parameters in simulated transport experiment of juvenile winter flounder, *Pleuronectes americanus*. **Aquaculture**, v. 294, p. 76 - 79, 2009.

PAULA, F. G.; et al. **Desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*), de pirapitinga (*Piaractus brachypomum*), e do híbrido tambatinga (*C. macropomum* x *P. brachypomum*) mantidos em viveiros fertilizados, na fase de engorda**. 2009. 57 f. Dissertação (Mestre em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária, Goiânia, 2009.

PEDROZA, F.; MANOEL, X.; et al. O mercado de peixes da piscicultura no Brasil: estudo do segmento de supermercados. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2020.

PRINCE, A.; POWELL, C. Clove oil as an anaesthetic for invasive field procedures on adult rainbow trout. **North Am. J. Fish. Manage**, v. 20, p. 1029-1032, 2000.

READMAN, G. D.; et al. Do fish perceive anaesthetics as aversive?. **PLoS One**, v. 8, n. 9, p. e73773, 2013.

REZENDE, F. P.; VIANNA, R. A.; LANNA, E. A. T.; **Uso de óleos essenciais de cravo-da-índia, melaleuca, eucalipto e menta na sedação de peixe**. In: **Embrapa Pesca e Aquicultura-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, n 5, 2012, Palmas. Unir, consolidar e avançar: anais. Palmas: AQUABIO, 2012.

ROOHI Z, IMANPOOR M R. The efficacy of the oils of spearmint and methyl salicylate as new anesthetics and their effect on glucose levels in common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) juveniles. **Aquaculture**. 2015; 437:327-32.

ROSS, L. G.; ROSS, B. **Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals**. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science; 2008.

ROSS, L. G.; ROSS, B. **Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals**, 3rd ed. Blackwell, London, UK. p. 222. 2009.

ROUBACH, R. et al. Eugenol as an efficacious anaesthetic for tambaqui, *Collossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, v. 36, n. 11, p. 1056-1061, 2005.

ROUBACH, R.; GOMES, L. C. O uso de anestésicos durante o manejo de peixes. **Panorama da Aquicultura**, n. 66, p.37-40. 2001.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2007. 262 p.

SANCHEZ, M. S. S.; RODRIGUES, R. A.; NUNES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. DAS.; FANTINI, L. E.; CAMPOS, C. M. Efeito do mentol e eugenol sobre as respostas fisiológicas do pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2799-2807, 2014.

SEGNER, H.; SUNDH, H.; BUCHMANN, K.; DOUXFILS, J.; SUNDELL, K. S.; MATHIEU, C.; et al. Health of farmed fish: its relation to fish welfare and its utility as welfare indicator. **Fish physiology and biochemistry**, v. 38, n. 1, p. 85-105, 2012.

SILVA, D. R. **Efeitos do óleo de cravo no comportamento da tilápia do nilo**. 2020. 27 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2020.

SILVA, E.; Deschamps, G.; Jatobá, A.; Schleder, D. D.; Preto, A. L.; et al. Uso de óleos essenciais como alternativa para anestésicos sintéticos na aquicultura. **Aquaculture Brasil**, p. 18-21, jan/fev, 2019.

SILVA, L. D. L.; et al. Anesthetic activity of Brazilian native plants in silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 2, p. 443-451, 2013.

SILVA-ACUNÃ, A., GUEVERA, M. Evaluación de dos dietas comerciales sobre el crecimiento del híbrido de *Collossoma macropomum x Piaractus brachypomus*. **Zootecnia Tropical**, v. 20, n. 4, p. 449-459, 2002.

SIQUEIRA, J. C. de et al. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina digestível para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1732-1737, 2009.

SLADKY, K. K.; et al. Comparative efficacy of tricaine methanesulfonate and clove oil for use as anesthetics in red pacu (*Piaractus brachypomus*). **AJVR, Schaumburg**, v. 62, n. 3, p. 337-342, 2001.

SMALL, B. C. Anesthetic efficacy of metomidate and comparison of plasma cortisol responses to tricaine methanesulfonate, quinaldine and clove oil anesthetized channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v. 218, p. 177- 185, 2003.

SOUZA, C. F.; et al. Essential oils as stress-reducing agents for fish aquaculture: a review. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 785, 2019.

SOUZA, F. A. **Escolha dos níveis nutricionais na determinação do nível-ótimo e no ajuste de modelos estatísticos utilizados em ensaios dose-resposta**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

SOUZA, R. A. R.; CARVALHO, C. V. A.; NUNES, F. F.; SCOPEL, B. R.; GUARIZI, J. D.; TSUZUKI, M. Y. Efeito comparativo da benzocaína, mentol e eugenol como anestésicos para juvenis de robalo peva. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, p. 247 - 255, 2012.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide: statistics**. 5.ed. Cary: SAS Institute, 1985. 956p.

SUMMERFELT, R. C. Anesthesia, surgery, and related techniques. **Methods for fish biology**, 1990.

TEIXEIRA, R. R., **Óleo essencial de *Aloysia triphylla* (L'HER.) Britton no sistema produtivo de Tilápia do nilo: manejo e transporte**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

TONI, C. et al. Fish anesthesia: effects of the essential oils of *Hesperozygis ringens* and *Lippia alba* on the *biochemistry* and physiology of silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 3, p. 701-714, 2014.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. (2005). Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P, **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. 1. ed. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 171 - 194, 2005.

VIDAL, L. V. O.; et al. Influência do peso de juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) à ação anestésica do eugenol. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.8, n.3, p. 212-216, 2007.

VIDAL, L. V. O.; et al. Eugenol como anestésico para a tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1069-1074, 2008.

WOODY, C. A.; NELSON, J.; RAMSTAD, K. Clove oil as an anaesthetic for adult sockeye salmon: field trials. **Journal of Fish Biology**, v.60, p.340-347, 2002.

ZEPPENFELD, C. C.; TONI, C.; BECKER, A. G.; MIRON, D. S.; PARODI, T. V.; et al. Physiological and biochemical responses of silver catfish, *Rhamdia quelen*, after transport in water with essential oil of *Aloysia triphylla* (L'Herit) Britton. **Aquaculture**, v. 418, p. 101-107, 2014.