



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS**

ELIAS FERNANDES DE MEDEIROS JUNIOR

**ANESTESIA DE JUVENIS DE CURIMBA (*Prochilodus lineatus*, Valenciennes, 1836):
EFEITO DA TEMPERATURA E ANESTÉSICOS**

BELÉM

2016

ELIAS FERNANDES DE MEDEIROS JUNIOR

**ANESTESIA DE JUVENIS DE CURIMBA (*Prochilodus lineatus*, Valenciennes, 1836):
EFEITO DA TEMPERATURA E ANESTÉSICOS**

Dissertação apresentada á Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Aquicultura e Recursos aquáticos tropicais: área de concentração Aquicultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Takata.

Co-orientador: Dr. Glauber David Almeida Palheta.

BELÉM

2016

Medeiros Junior, Elias Fernandes de

Anestesia de juvenis de curimba (*Prochilodus lineatus*, Valenciennes, 1836): Efeito da temperatura e anestésicos / Elias Fernandes de Medeiros Junior. - Belém, 2016.

69 f.

Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2016.

Orientador: Rodrigo Takata.

1. Piscicultura - anestésicos – uso 2. Estresse animal – controle 3. Eugenol 4. Mentol 5. Benzocaína 6. Piscicultura - manejo I. Takata, Rodrigo, (orient.) II. Título.

CDD – 639.3781

ELIAS FERNANDES DE MEDEIROS JUNIOR

ANESTESIA DE JUVENIS DE CURIMBA (*Prochilodus lineatus*, Valenciennes, 1836): EFEITO DA TEMPERATURA E ANESTÉSICOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais: área de concentração Aquicultura, para obtenção do título de Mestre.

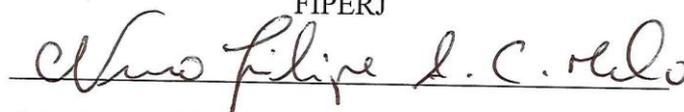
Aprovado, 30 de agosto 2016.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rodrigo Takata- Orientador

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESCA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO -
FIPERJ



Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo- 1º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA



Prof. Dr. Raimundo Aderson Lobão de Souza- 2º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA



Profª Dr. Marileide Moraes Alves- 3º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

AGRADECIMENTOS

A Deus, hoje e sempre, sobretudo belas maravilhosas bênçãos que tem concedido a minha vida, obrigado senhor por sempre atender aos meus anseios.

Ao Professor Rodrigo Takata pela atenção dispensada no desenvolvimento desse trabalho sem o qual ele não teria sido desenvolvido se não fosse a sua atenção ao poder me ajudar nas fases mais difíceis dessa trajetória. Obrigado por tudo!

Agradeço ao meu co-orientador professor Glauber Palheta pela colaboração durante o percurso do mestrado.

Aos membros da banca examinadora, pelas valiosas contribuições a serem dadas.

A Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais e a todo o seu corpo docente. Agradeço também a Dona Osmarina secretária da pós-graduação por sempre estar disponível em me ajudar no que fosse necessário.

A Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior e a FAPERJ pelo auxílio financeiro para a realização do mestrado.

Aos meus queridos "best friend" Evelize Cristina e Akira Uerahara que de forma incondicional me ajudaram no desenvolvimento dessa pesquisa, nos tornamos parceiros de pesquisa e amigos incondicionais. Valeu amigos!

A todos os funcionários da Fundação Instituto de Pesca do Rio de Janeiro em especial aos do escritório de Friburgo-RJ e aos de Cordeiro-RJ. Especialmente ao Sr. Gilson, Amaro, Dione, Jéssica, Jobinho, Leão, Eugenia, Andréa, Jéssica e Ana Paula.

A turma de 2014 de Aquicultura galera gente fina!

A minha esposa Mary Lopes por sempre estar ao meu lado.

A toda minha família. As minhas amadas e queridas avós Joana e Maria *in memoriam*.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Muito Obrigado!

DEDICATÓRIA

Aos meus amados e queridos pais Elias e Socorro!

RESUMO

A intensificação das atividades piscícolas no Brasil tem impulsionado pesquisas voltadas á redução do estresse nos animais cultivados. Nesse cenário, o uso de anestésicos em procedimentos de manejo, tais como: biometria, aplicação de marcadores, seleção de reprodutores, entre outras, contribuem para a manutenção do bem estar dos peixes em cativeiro. A presente dissertação representa mais um avanço no setor aquícola brasileiro por tratar do uso de anestésicos em procedimentos de manejo do curimba *Prochilodus lineatus*. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura e dos anestésicos benzocaína, mentol e eugenol na anestesia de curimba. O trabalho foi desenvolvido na Unidade Didática de Piscicultura de Cordeiro-RJ, pertencente a Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. O trabalho está escrito em dois capítulos. O capítulo I aborda a eficiência do anestésico benzocaína na anestesia de juvenis de curimba mantidos nas temperaturas de 22, 25, 28 e 31°C. No capítulo II é relatado o uso de anestésicos naturais (mentol e eugenol) para anestesia da espécie. Os resultados mostraram que a benzocaína é um anestésico eficiente e seguro para ser utilizado em juvenis de curimba. A temperatura apresenta efeito direto nos tempos de indução e recuperação de juvenis da espécie, sendo que as maiores temperaturas levam a uma rápida indução e recuperação. Para anestesia profunda recomenda-se a concentração de 50 mg L⁻¹ de benzocaína nas temperaturas de 25, 28 e 31°C e 60 mg L⁻¹ na temperatura de 22°C. A anestesia cirúrgica pode ser realizada com segurança na concentração de 50 mg L⁻¹ nas quatro temperaturas. Com relação aos anestésicos naturais, o mentol e eugenol foram eficientes para induzir juvenis de curimba aos estágios de anestesia profunda, podendo ser utilizado para práticas de manejo em atividades de piscicultura. As concentrações indicadas de mentol e eugenol para anestesia de juvenis de curimba, com peso médio de 7 g, são de 60 e 50 mg L⁻¹, respectivamente.

Palavras chave: Benzocaína; Eugenol; Estresse; Mentol; Manejo; Piscicultura.

ABSTRACT

The intensification of fish production in Brazil has driven research aimed at reducing stress in animals farmed. In this scenario, the use of anesthetics in handling procedures, such as: biometric, markers application, breeding selection and others, contribute to the maintenance of farmed fish well-being. This study represent more one improvement in Brazilian aquaculture by addressing the use of anesthetics in handling procedures of curimba *Prochilodus lineatus*. The aim of this study was to evaluate the effect of temperature and benzocaine, menthol and eugenol anesthetics, in curimba juvenile. The work was developed in the Pisciculture Didactic Unit, belonging to the Fisheries Institute Foundation of Rio de Janeiro State. The work is written in two capters. Chapter I adressed benzocaine anesthetic efficiency in curimba juvenile kepted at temperatures of 22, 25, 28 and 31°C. Chapter II reported the use of natural anesthetics (menthol and eugenol) for the specie anesthesia. The result showed that benzocaine is an efficient anesthetic to be used in curimba juveniles. The temperature has a direct effect on the induction time and recovery of juvenile species, while higher temperatures lead to a rapid induction and recovery. For deep anesthesia it is recommended that the concentration of 50 mg of benzocaine L⁻¹ at temperatures of 25, 28 and 31°C and 60 mg L⁻¹ at temperature of 22°C. The surgical anesthesia can be performed with the concentration of 50 mg L⁻¹ at four temperatures. Regarding natural anesthetics, menthol and eugenol were effective to induce curimba juveniles to deep anesthesia stage and can be used for management practices in fish farming. The indicated menthol and eugenol concentrations for anesthesia of curimba juveniles, with an average weight of 7 g, are 60 and 50 mg L⁻¹ respectively.

Key words: Benzocaine; Eugenol; Stress; Menthol; Management; Pisciculture.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Crescimento da aquicultura mundial e brasileira.....	14
2.2 Características do gênero <i>Prochilodus</i> produção e sistemas de cultivo.....	16
2.3 Uso crescente de anestésico na aquicultura como práticas de manejo e os fatores que interferem na anestesia.....	20
3 OBJETIVOS.....	31
3.1- OBJETIVO GERAL.....	31
3.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
4 EFICIÊNCIA DA BENZOCAÍNA COMO ANESTÉSICO EM JUVENIS DE CURIMBA (<i>Prochilodus lineatus</i>, Valenciennes, 1836), EM DIFERENTES TEMPERATURAS DE ÁGUA.....	43
Resumo.....	43
Abstract.....	43
Introdução.....	44
Material e Métodos.....	45
Resultados e Discussão.....	47
Conclusão.....	50
Agradecimentos.....	50
Referências.....	50
MENTOL E EUGENOL COMO ANESTÉSICO PARA JUVENIS DE CURIMBA (<i>Prochilodus lineatus</i>, Valenciennes, 1836).....	56

Resumo.....	56
Abstract.....	56
Introdução.....	57
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	59
Conclusão.....	62
Agradecimentos.....	63
Referências.....	63
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	68

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos a aquicultura promoveu um aumento considerável na produção de organismos aquáticos dulcícolas (BITTENCOURT et al., 2013). A atividade surge como a mais promissora na área da produção de carne, e inclui segmentos como piscicultura, carcinicultura, malacocultura, ranicultura, algocultura e a criação de quelônios e jacarés (CARMO et al., 2008; CENSO AQUÍCOLA NACIONAL, 2008). No ano de 2013 o Brasil produziu 392.493 toneladas de peixe, oriunda da piscicultura continental. A região Centro-Oeste foi a principal produtora, onde foram contabilizadas a despesca de 105.010 toneladas, o equivalente a 26,8% do total produzido, seguido pelas regiões sul com 88.063 toneladas, o nordeste com 76.393 toneladas, o norte com 72.969 toneladas e o sudeste com 50.058 toneladas (IBGE, 2013).

A produção de peixes em cativeiro ou piscicultura é uma atividade que apresenta um grande potencial no Brasil devido as condições edafoclimáticas ideais para o cultivo de peixes tropicais (LEMOS et al., 2011). No Brasil, a segunda maior atividade aquícola é a criação de camarões ou carcinicultura. Para Fonseca et al. (2009) a criação de camarões em sistemas confinados é a única alternativa viável para suprir a demanda gerada pelo aumento no consumo e pela estagnação da produção pesqueira. Também merece destaque o cultivo de moluscos filtradores, malacocultura, como ostras, mexilhões, vieiras, sururus e sarnambis (SUPLICY, 2005). O cultivo de algas ou algocultura é uma atividade promissora para a maricultura nacional, porém, incipiente, estando concentrada em pequenos empreendimentos ligados a entidades públicas de pesquisa e extensão. O maior gargalo para o desenvolvimento dessa atividade é que ela se consolide como uma atividade comercial (CAVALLI e FERREIRA, 2010; OSTRENSKY et al., 2008).

A ranicultura e a criação de jacarés também são importantes atividades relacionadas a aquicultura no Brasil. No ano de 2008 o país dispunha de 37 unidades produtivas de rãs e seis de jacarés. A produção da *Rana catesbeiana*, principal espécie cultivada, concentrou-se na região sudeste, especialmente nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. Em relação a produção de jacarés a única espécie cultivada foi a *Caiman crocodilos yacare* (jacaré do pantanal), com seis unidades produtivas, sendo três no Mato Grosso, uma no Pará e duas em São Paulo (CENSO AQUÍCOLA NACIONAL, 2008).

O Brasil apresentou uma crescente participação na produção de organismos aquáticos (FAO 2014). De acordo com o MPA (2012), o país vem confirmando sua vocação para a

produção de pescado, o que foi impulsionada em partes pelo “Plano Safra da Pesca e Aquicultura”. O Brasil possui inúmeras espécies nativas com grande potencial para produção; no entanto, a grande maioria necessita de uma série de aportes científicos e tecnológicos para coloca-las em patamar de plena viabilidade zootécnica e econômica (OSTRENSKY et al., 2008).

O rápido crescimento em que se encontra a aquicultura brasileira demonstra a crescente demanda por novas metodologias aplicáveis nos diversos ramos aquícolas (MPA, 2012; FAO, 2014). O manejo de animais vivos e a sedação são técnicas que devem ser estudadas a fim de minimizar os impactos negativos na produção (BITTENCOURT et al., 2012; SOUZA et al., 2013). Coyle et al. (2004) e Gimbo et al. (2008) relataram que os anestésicos são utilizados frequentemente em peixes de criatórios e em animais encontrados na natureza, como um meio de minimizar a hipermotilidade, considerada causadora de injúrias durante os processos de manipulação e transporte.

Os principais fármacos utilizados no setor aquícola para anestesia de peixes são os sintéticos, sendo que a tricafina metano sulfonato (MS222) é o único produto recomendado pela “Food and Drug Administration” (FDA, 2016). No cenário brasileiro a benzocaína atua como substituto do "MS222" em procedimentos de manejo, devido seu preço mais acessível (INOUE et al., 2002). Porém, fatores como a disponibilidade, acessibilidade e o próprio preço desses produtos sintéticos tem impulsionado pesquisas voltadas para a busca de anestésicos naturais, que sejam menos nocivos aos animais em cultivo, produtores e meio ambiente. Entre os trabalhos envolvendo anestésicos naturais podemos citar os desenvolvidos por Façanha e Gomes (2005), que testaram concentrações de mentol para juvenis de tambaqui; os de Souza et al. (2015) que foi pioneiro ao testar o eugenol para juvenis de ariacó *Lutjanus synagris*; Pereira-da-silva et al. (2009) que analisaram o efeito do óleo de cravo (eugenol) na anestesia de juvenis de lambari.

Para o curimba *Prochilodus lineatus* um dos primeiros trabalhos de anestesia foi desenvolvidos por Parma de Croux (1990) que avaliou diferentes concentrações (50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹) do anestésico sintético benzocaína nas temperaturas de 20 e 25°C. Outro trabalho com anestesia de curimba foi desenvolvido por Valente (2009), em que foi avaliado a eficácia do óleo de cravo, benzocaína e do mentol nas concentrações de 100, 125, 150 e 175 mg L⁻¹ na anestesia de adultos de *P. lineatus*, por meio da aspersão branquial. Os anestésicos não apresentaram diferença entre o tempo de indução e recuperação.

Para Diemer et al. (2012) existem poucas informações sobre as concentrações dos anestésicos que devem ser utilizadas para as espécies de peixes nativos criados no Brasil. Cada anestésico exige uma concentração diferente para induzir ao estágio de anestesia desejado, logo é necessário testar as concentrações antes do tratamento definitivo para não ocorrer mortalidade dos animais expostos ao fármaco (ROUBACH; GOMES, 2001).

Os trabalhos sobre cultivo de peixes mostram que a temperatura da água é um fator importante na criação, pois influencia diretamente a ingestão de alimentos, bem como a quantidade de alimento a ser fornecido, horário de arraçoamento, frequência alimentar e ritmo de alimentação, nos diferentes sistemas de criação (FRASCÁ-SCORVO et al., 2001). Para Jian et al. (2003), a temperatura da água é considerada uma das variáveis ambientais mais importantes, por afetar diretamente o metabolismo e conseqüentemente, o consumo de oxigênio, o crescimento e a sobrevivência dos animais. De acordo com Piedras et al. (2004), a temperatura corporal dos peixes é regulada através do sangue, no processo respiratório, quando o sangue passa pelas brânquias o calor metabólico gerado é perdido para o ambiente através da água. A temperatura ótima para os peixes é aquela que lhe proporciona maior crescimento, sendo que algumas espécies apresentam a capacidade de reduzir o consumo de oxigênio quando a temperatura aumenta, mantendo-se o crescimento através da aclimação a temperaturas mais elevadas (MAAREN et al., 1999). Schmidt-Nielsen (1996) relatou que a maioria das espécies apresentam amplas faixas de tolerância a variações de temperatura; entretanto, a faixa de conforto ambiental, que proporciona as condições ideais para o desempenho das funções de crescimento e reprodução são específicas para cada espécie.

A temperatura exerce influência nos tempos de indução e recuperação anestésica, retardando ou prolongando seus efeitos (SCHMIDT-NIELSEN, 1996). Em geral, altas taxas metabólicas estão associadas a elevadas temperaturas (HIKASA et al, 1986; ROSS e ROSS, 2008; PARMA DE CROUX, 1990; GOMES et al, 2001), e nessas condições, a redução nas concentrações utilizadas nos procedimentos de anestesia, associadas a elevação da temperatura poderá contribuir para redução no tempo de indução e recuperação dos animais anestesiados, gerando conseqüentemente, uma economia nos gastos com anestésicos em procedimentos de manejo em piscicultura.

Nesse sentido, sugere-se que pesquisas que visam a anestesia de peixes utilizando anestésicos naturais e sintéticos sejam desenvolvidas para facilitar o manejo da produção. Ainda, deve-se mencionar a importância de se trabalhar a anestesia das espécies nativas em

diferentes temperaturas, haja vista que essas espécies são criadas em regiões com diferentes características climáticas.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Crescimento da aquicultura mundial e brasileira

A aquicultura é a produção de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático, implicando a propriedade do estoque sob cultivo, equiparada a atividade agropecuária (BRASÍLIA, 2009; VALENTI, 2002; OLIVEIRA, 2009). A criação controlada ou parcialmente controlada de animais aquáticos pelo homem é uma atividade que teve início na China, há aproximadamente 4.000 anos, com o monocultivo da carpa (CAMARGO e POUHEY, 2005). As atividades aquícolas comerciais no Brasil iniciaram na década de 1950, com a introdução de espécies exóticas, tais como a carpa, tilápia e truta, que começaram a ser criadas em tanques de pequenas propriedades (DIEGUES, 2006).

Segundo dados da organização das nações unidas para alimentação e agricultura FAO (2014), a produção aquícola mundial apresenta-se em contínuo crescimento, atingindo no ano de 2012 um novo recorde mundial de produção, com 90,4 milhões de toneladas. Essa produção foi oriunda do pescado de criação, 66,6 milhões de toneladas, e da produção de algas, 23,8 milhões de toneladas (FAO, 2014). A China continua ocupando o primeiro lugar como maior produtora de pescado do mundo. Seu consumo per capita de pescado aumentou 6% entre os anos de 1990 e 2010, totalizando 35,1 kg de pescado/pessoa em 2010 (FAO, 2014).

A aquicultura brasileira é praticada principalmente em regime semi-intensivo de produção e, com exceção da carcinicultura, é sustentada por pequenos produtores (OSTRENSKY e SOTO, 2008). Desenvolvida em todas as Unidades da Federação, a aquicultura nacional apresenta várias espécies e níveis tecnológicos de produção, que podem ser adaptados às mais diversas condições sociais, econômicas, ecológicas e tecnológicas do país (IBGE, 2013). O Brasil possui grande potencial para o desenvolvimento da aquicultura devido à sua vasta área territorial (8,5 milhões de km²), alta disponibilidade de água potável, extensa orla marítima (8698 km²) e condições climáticas favoráveis (IBGE, 2013).

Os dados estatísticos oficiais retrataram que a produção da aquicultura brasileira é baseada principalmente no cultivo de espécies exóticas, com pouco destaque para as espécies

nativas. Baldisserotto e Gomes (2013), por meio de uma extensa revisão que culminou no lançamento do livro "Espécies nativas para piscicultura no Brasil", mostraram que existem diversas espécies de peixe em potencial para a piscicultura brasileira. As informações existentes a respeito das técnicas de criação são focadas para as espécies pirarucu *Arapaima gigas*, o curimba *Prochilodus* spp, a piracanjuba *Brycon orbignyanus*, a matrinxã *Brycon amazonicus*, o pacu *Piaractus mesopotamicus*, dentre outras. Associado ao grande avanço nos trabalhos relacionados a produção de organismos aquáticos nativos, também merece destaque o lançamento do primeiro livro direcionado a nutrição de espécies nativas pela NUTRIAQUA (FRACALOSSI e CYRINO, 2012).

Flores e Pedroza Filho (2013) inferiram que um considerável potencial de crescimento da aquicultura brasileira se situa nos grandes reservatórios das usinas hidrelétricas, onde foram criados parques aquícolas pelo extinto Ministério da Pesca e Aquicultura. Os 219 reservatórios hidrelétricos, situados em 22 estados da federação, abrangem uma área total de 3,14 milhões de hectares de lâmina d'água. Associado a essa tendência, no ano de 2009 foi efetivada a inclusão de 926 áreas em quatro parques aquícolas para criação da pirapitinga *Piaractus brachyomus* (Cuvier, 1818) em tanques-rede, no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, no Estado do Pará. A estimativa de produção foi de 13,4 mil toneladas por ano (BRABO et al., 2013).

Segundo Almeida Júnior e Lobão (2013), na Amazônia oriental, o Estado do Pará com seus vastos territórios alagados dominados por várzeas e mangues, a aquicultura ainda é recente, mais de grande potencial para o Estado. Nesse cenário, De-Carvalho et al. (2013) verificaram que no Pará predomina a piscicultura continental, praticada em vários municípios paraenses, com modalidades de criação diversificadas, desde a subsistência até grandes produtores, com a produção voltada para o mercado interestadual. Em 2013, a produção aquícola do estado do Pará foi de 5.055 toneladas, representando 1,3% da produção nacional; em relação a produção de formas jovens a unidade federal contribuiu com 9.632 milheiros, o que representou 1,2% da produção brasileira. O tambaqui lidera a produção no estado, com 2.850 toneladas, seguido pelos híbridos tambacu e tambatinga (1.591 toneladas). Também merece destaque a produção dos siluriformes, como o pintado (101 toneladas); outras espécies da bacia amazônica como o matrinxã, piau e pacu apresentaram as seguintes produções: 63, 68 e 71 toneladas, respectivamente. As espécies que menos contribuíram para a piscicultura

paraenses foram pirarucu (34 toneladas), curimba (32 toneladas), tucunaré (6 toneladas) (IBGE, 2013).

A aquicultura praticada no estado do Pará apresenta grandes possibilidades de crescimento, isso é devido a implantação de vários cursos relacionados a criação de organismos aquáticos, como é o caso das graduações em Engenharia de Pesca implantado a mais de dez anos na Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA, na Universidade Federal do Pará/UFPA, Campus Bragança e na Universidade Federal do Oeste do Pará/UFOPA. Ainda, vale a pena destacar os cursos de Tecnologia em Aquicultura oferecido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará e dos cursos técnicos em Aquicultura, também oferecidos pelo IFPA. A oferta de profissionais capacitados contribuirá de forma decisiva para o aumento da produção de proteína de pescado na região Amazônica. Também merece destaque a implantação do curso de Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais pela UFRA, que tem como objetivo maior formar profissionais capacitados para atuarem na docência em disciplinas relacionadas aos setores da pesca e aquicultura na região norte do país.

2.2 Características do gênero *Prochilodus*: produção e sistemas de cultivo

As espécies do gênero *Prochilodus*, no qual encontra-se o curimba, estão entre os grupos mais amplamente distribuídos e abundantes que vivem nos rios sul-americanos, possuindo representantes na Colômbia, Peru, Venezuela, Bolívia, Argentina, Uruguai, Paraguai e Brasil (LÓPEZ et al., 1993; FONSECA et al., 2013). O curimba, nativo da América do Sul, também é popularmente conhecido como curimatã, curimatá e curimatã-pacu, sendo peixe de piracema, que atinge tamanho de 27 a 44 cm, com hábito alimentar detritívoro (SANTOS, 2006; GONÇALVES et al., 2010; FONSECA et al., 2013; FISHBASE, 2015). Galdioli et al. (2002) ressaltaram que além de apresentar hábito alimentar detritívoro, o curimba apresenta outras vantagens, como a boa palatabilidade de sua carne e elevada taxa de crescimento.

De acordo com Fontenele (1953) e Ihering, (1934), as espécies do gênero *Prochilodus* são de importância comercial em todas as regiões no Brasil, em especial no nordeste brasileiro. No norte do país o curimba é uma das espécies mais capturadas nas pescarias extrativistas. Gonçalves e Batista (2008) relataram que a espécie foi uma das mais desembarcadas no ano de 2001 e 2002, representando 31,30% e 18,08% respectivamente. A

espécie *Prochilodus lineatus* é muito apreciada na culinária nordestina e sua comercialização tem sido promissora (MURGAS et al., 2007).

A produção aquícola brasileira de curimba foi verificada em 22 estados da federação, sendo praticada em 179 municípios. Num total foram produzidas 2.774 toneladas, desse montante a região norte foi a que mais contribuiu, com 1.353 toneladas, seguido pelas regiões nordeste 1.250 toneladas, sul 75 toneladas, centro-oeste 72 toneladas e sudeste com 23 toneladas. A produção gerou uma receita líquida de R\$ 18.713,00. O estado mais produtivo foi o Maranhão, com 1.180 toneladas (IBGE, 2013).

No Norte, o estado de Rondônia foi o maior produtor de curimba no período de 2012, com 604 toneladas, seguido pelos estados do Acre com 400 toneladas, Amazonas com 266 toneladas, Tocantins com 51 toneladas e com menor produção o Pará com 32 toneladas. Com relação a produção de curimba por município, a cidade de Itapuã, do Oeste em Rondônia, foi o maior produtor, registrando-se 600 toneladas, seguido pelo município de Igarapé do Meio (MA) e Benjamin Constant (AM), com produção de 173 e 100 toneladas, respectivamente (IBGE, 2013).

No nordeste do estado do Pará, assim como em outras regiões do Brasil, o curimba é criado em sistemas de policultivo, sendo uma espécie secundária em relação as demais produzidas. Na região estudada é a terceira espécie mais produzida (CORRÊA et al., 2010). Almeida et al. (2015) criaram juvenis de curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) em policultivo com camarão canela, e observaram que a alta densidade do camarão influenciou o desempenho zootécnico dos juvenis. Os autores recomendaram a relação 3,5 peixes de 15 g de peso médio inicial para 5 camarões no policultivo. Nunes et al. (2006) estudaram o policultivo de tilápia-do-Nilo, tambaqui, carpa comum e curimba em dois níveis de biomassa inicial 75 (P 75) e 207 kg ha⁻¹ (P207). Os autores observaram mortalidade elevada de curimba em ambas biomassas, P75 (22%) e P207 (24,6%). Quando estocados com tilápia, o crescimento do curimba ficou comprometido, evidenciando uma provável competição alimentar entre as espécies em sistemas e policultivo.

Silva et al. (1990) desenvolveram estudo com o curimba consorciado com suínos. Os principais resultados mostraram que os animais tiveram um rendimento de carcaça de 67,2%, a média de proteína na carne foi de 18,4% (base úmida) e a média de pH muscular foi de 6,24. Ainda, a qualidade bacteriológica da carne do curimatã-pacu parece não ter sofrido influência

da fertilização diária dos tanques com dejetos frescos de suínos, pois não foi encontrado coliformes totais (NMP), coliformes fecais (NMP), *Escheria coli* (NMP) ou isolado de bactérias do gênero *Salmonella* na carne do curimatã-pacu, e as contagens de microrganismos psicotróficos mostraram-se baixas.

A criação de curimba em ambientes confinado foi testado por Parma de Croux (1992). O autor observou que a espécie se adapta com facilidade ao ambiente de cativeiro; porém, nesse ensaio houve desuniformidade do lote no final do período de criação. Na natureza, o *P. lineatus* consegue aproveitar uma elevada variedade de alimentos, por ser uma espécie que se adapta a diferentes condições ambientais, principalmente devido as adaptações morfológicas, apresentando pequenos dentículos e lábios que permitem a espécie aproveitar tanto o perifíton na fase jovem, quanto os detritos na fase adulta (BAYO e YUAN, 1996). Furuya et al. (1999) observaram que o curimba se adapta bem a dietas formuladas e que a associação entre a dieta e plâncton contribui para o ganho em peso.

A piscicultura do curimba em tanque-rede está sendo realizada na região nordeste do Brasil. Costa et al. (2015), a partir de um sistema agroecológico de alimentação, forneceram dieta formulada comercial com 35% de proteína bruta e plâncton para juvenis de *Prochilodus cearaensis*. Os animais atingiram 125 g em dez meses de criação e as fêmeas apresentaram maior crescimento. Os autores enfatizaram que devido as características da culinária nordestina, o cultivo do curimatã em tanque-rede se deu com o objetivo de obter fêmeas maduras, que seriam destinadas a produção do ‘caviar do sertão’. Essa pesquisa inicial apontou que a produção dessas fêmeas até o seu estado reprodutivo contribuirá para amenizar a pressão sobre os estoques naturais, pois o animal que é capturado na natureza tem somente suas gônadas retiradas e as carcaças são descartadas no próprio local de pesca.

No município de Tabatinga-AM o curimba representa 11,3% das espécies em criação, cuja produção se destina ao mercado local. A atividade se caracteriza por apresentar um baixo nível tecnológico, sem acompanhamento do crescimento dos peixes em criação, e a oferta de dieta formulada somente foi observada em 50% das pisciculturas. As demais propriedades forneciam resíduos agrícolas, como frutas, raízes e sobras alimentares (NAKAUTH et al., 2015).

O conhecimento dos aspectos biológicos, nutricionais e de manejo são fatores determinantes para o desenvolvimento da criação de espécies nativas, ainda mais quando

estão na fase inicial de desenvolvimento. Rojas et al. (2004) observaram que larvas de curimba apresentaram melhor desempenho quando estocadas em viveiros com alcalinidade em torno de 34,67 mg de $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$. Isso deve ter ocorrido devido a proliferação de fitoplâncton, pois a clorofila-*a* nessa alcalinidade foi de 4,10 $\mu\text{g L}^{-1}$. Soares et al. (2003) verificaram que larvas de curimba são altamente vulneráveis a larvas de Odonata, dessa maneira o produtor deve tratar quimicamente o viveiro antes da estocagem das fases jovens dos peixes. Marques et al. (2007) constataram que a medida que as formas jovens de *P. lineatus* passaram a se desenvolver apresentaram preferência alimentar por protozoários e algas, principalmente diatomáceas do perifíton. Koberstein e Durigan (2001) averiguaram que larvas de curimbatá (*Prochilodus scrofa*) apresentaram uma boa aceitação da dietas formuladas a partir do nono dia de vida.

Mounic-Silva e Leite (2013) verificaram que *Prochilodus nigricans* na natureza tem preferência por águas mais escuras, como as verificadas no rio Negro, apresentando um melhor estado nutricional, pois as águas pretas possuem detritos com alta qualidade proteica. Galdioli et al. (2000) formularam quatro dietas para juvenis de *P. lineatus* que diferiram entre as fontes proteicas: farelo de soja mais farinha de peixe; somente farelo de soja; farelo de soja mais farelo de canola e farelo de soja mais levedura desidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) pelo método "spray-dried". Segundo os autores um baixo desempenho foi observado para os juvenis alimentados com a dieta contendo levedura desidratada. Os baixos níveis de metionina e cistina podem ter causado um desbalanceamento dietético dos aminoácidos sulfurados, o que levou a uma diminuição no crescimento dos animais alimentados com essa dieta. Estudos futuros são necessários para entender melhor a exigência da espécie pelos aminoácidos indispensáveis.

O curimba *P. lineatus* é uma espécie de interesse para a piscicultura brasileira e pacotes tecnológicos tem sido desenvolvidos no intuito de estabelecerem práticas de manejo adequadas ao desenvolvimento da cadeia de produção, principalmente os relacionados aos fatores nutricionais (BONFIM et al., 2005; PAIXÃO e HANCZ, 1989; FURUYA et al., 1999). De uma maneira geral, observa-se que o curimba tem um grande potencial para a aquicultura; no entanto, a falta de conhecimento da espécie em sistemas de criação e dos manejos adequados para a rotina na produção são empecilhos para impulsionar a produção da espécie. A presente pesquisa visa romper mais uma barreira para a produção do curimba,

trazendo informações importantes para o uso consciente de anestésicos que facilite o manejo durante o ciclo de produção.

2.3 Uso de anestésicos na aquicultura como práticas de manejo e os fatores que interferem na anestesia.

De acordo com Sedgwick (1986), o uso de anestésicos no manejo de peixes teve sua origem a partir de observações dos indígenas americanos, que colocavam rotenona *Derri elliptica* para sedar e capturar os peixes na natureza. Na aquicultura a anestesia pode ser utilizada para minimizar o estresse físico ou danos causados por alta densidade de estocagem, captura, manuseio entre outros (TONDOLO, 2011). De acordo com Ross e Ross (2008) em trabalhos de pesquisa ou na prática veterinária, pode haver a necessidade de tornar os animais inconscientes ou aliviar a dor, sem interferir nos processos fisiológicos.

O anestésico mais utilizado no Brasil para fins de procedimentos em piscicultura é a benzocaína (FAÇANHA e GOMES, 2005). É um produto cristalino, quimicamente similar a Tricaína Metano Sulfonato (MS222), pouco solúvel em água devendo ser dissolvido em acetona ou etanol; geralmente a solução estoque é preparada a partir de uma proporção de 100 g L⁻¹ devendo ser estocada ao abrigo da luz (PÉREZ-GIANESELLI e FLORES-QUINTANA, 2009). O anestésico é bastante útil na anestesia de espécies de água doce e marinha e, em geral, as doses efetivas para indução variam de 25 a 50 mg L⁻¹, dependendo da temperatura da água, estado fisiológico e nutricional dos animais, fases de desenvolvimento dentre outros fatores (ROSS e ROSS, 2008).

O óleo de cravo é uma substância fenólica obtida da destilação das folhas, caules e flores do cravo-da-índia *Syzygium aromaticum* (MAZZAFERA, 2003). O eugenol é o componente principal (80-95%) do cravo-da-índia e possui atividade antiviral, bactericida e fungicida (OLIVEIRA e ABREU FILHO, 2012). Segundo Inoue et al. (2003) o eugenol é um produto de uso interno consagrado na odontologia como componente (misturado ao óxido de zinco) de preenchimentos temporários para restaurações. De acordo com Ross e Ross (2008) o fármaco é utilizado desde a antiguidade no tratamento de dores de cabeça e outros tipos de dores.

O mentol é extraído de óleos essenciais da planta *Mentha arvensis* conhecida também com hortelã, planta medicinal e aromática com várias aplicações industriais (MATOS, 2000). De acordo com Façanha e Gomes (2005) uma das vantagens em se utilizar o

mentol como anestésico para peixes é que este é utilizado em farmácias de manipulação, sendo facilmente encontrado no mercado a baixo custo. A Tabela 1 apresenta os principais resultados alcançados com o uso de anestésicos para as espécies de peixes neotropicais.

Tabela 1. Uso de anestésicos no manejo de espécies neotropicais.

Espécie	Anestésico	Concentrações mg L ⁻¹ efetivas	Temperatura (°C)	Referências	Objetivos do Manejo de Anestesia
<i>Colossoma macropomum</i>	Mentol	100	Não relatado	Façanha e Gomes (2005)	Biometria
<i>Colossoma macropomum</i>	Eugenol	20	29	Inoue <i>et al.</i> (2011)	Biometria
<i>Colossoma macropomum</i>	Eugenol	65	27	Roubach <i>et al.</i> (2005)	Biometria
<i>Prochilodus lineatus</i>	Benzocaína	100-200	20 e 25	Parma de Croux (1990)	Biometria
<i>Prochilodus lineatus</i>	Eugenol, Benzocaína e mentol	100	18,4	Valente (2009)	Manejo reprodutivo por aspersão branquial
<i>Brycon cephalus</i>	2-Phenoxyethanol	250	25,7	Inoue <i>et a.</i> (2004)	Biometria
<i>Brycon cephalus</i>	Eugenol	60	25,8	Barbosa <i>et al.</i> (2007)	Biometria
<i>Astyanax altiparanae</i>	Benzocaína	100	23,6	Gimbo <i>et al.</i> (2008)	Biometria
<i>Astyanax altiparanae</i>	Óleo de cravo	50	22	Pereira da Silva <i>et al.</i> (2009)	Biometria
<i>Astyanax altiparanae</i>	Mentol	50	22	Pereira da Silva <i>et al.</i> (2014)	Biometria
<i>Lutjanus synagris</i>	Eugenol	50	Não relatado	Souza <i>et al.</i> (2015)	Biometria
<i>Rhamdia voulezi</i>	Eugenol	50	23	Diemer <i>et al.</i> (2012)	Biometria
<i>Arapaima gigas</i>	Eugenol	30-60	Não relatado	Honczaryk e Inoue (2009)	Biometria
<i>Salminus brasiliensis</i>	Mentol	60	Não relatado	Pádua <i>et al.</i> (2010)	Biometria
<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>	Mentol	150	26,9	Sanchez <i>et al.</i> (2014)	Biometria
<i>Lophiosilurus alexandri</i>	Eugenol	120	28,1	Ribeiro <i>et al.</i> (2013)	Biometria

Na produção, os peixes são afetados por várias injúrias, como captura, superpopulação, mudanças na temperatura, barulho excessivo e o próprio transporte (OLIVEIRA et al., 2009; DIEMER et al., 2012). Os anestésicos são importantes na piscicultura para reduzir o estresse e mortalidade no manejo (FAÇANHA e GOMES, 2005; GIMBO et al., 2008). O estresse pode ser entendido como a reação biológica do peixe a estímulos ameaçadores, a qual pode variar de acordo com a severidade e duração do estímulo, bem como com a genética e a domesticação dos animais (TAKAHASHI et al., 2006), e em condições aguda e/ou crônica podem levar os animais a morte (CYRINO et al., 2010).

A eficácia e a segurança de qualquer anestésico variam entre as espécies, o estágio de desenvolvimento e as condições ambientais (KING et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2011). Os fatores bióticos e abióticos podem alterar ou mediar a eficácia de processos de anestesia em peixes, entre o grupo de fatores biológicos que podem interferir nos procedimentos de anestesia podem ser citados: as espécies de peixes, as diferenças genéticas, tamanho ou peso dos animais, o sexo e o estado de maturação sexual, o conteúdo lipídico, a condição corporal, o estado de infecção e nutricional e as condições de estresse (ROSS e ROSS, 2008; PARK et al., 2008; ZAHL et al., 2009).

Alguns anestésicos como o MS222 e a benzocaína apresentam características hidrofóbicas o que pode contribuir para o prolongamento dos processos de anestesia em peixes com excesso de gordura, ou em fêmeas em idade reprodutiva (ROSS e ROSS, 2008). De acordo com Zahl *et al.* (2009) os peixes, ao passarem por estresse, apresentam tempo de indução reduzidos, enquanto o tempo de recuperação é prolongado. Tal afirmativa foi confirmada quando os autores submeteram *Gadus morhua* a concentração de 40 mg de MS222L⁻¹ e observaram que os peixes submetidos ao estresse agudo foram anestesiados rapidamente, em menos de 4 minutos.

Os peixes são animais ectotérmicos sendo seu metabolismo diretamente influenciado pelas condições do meio. Entre os principais fatores abióticos que influenciam na anestesia de peixes pode citar-se: temperatura, pH, salinidade e o conteúdo mineral do meio ambiente. A temperatura é uma importante variável a ser considerada, principalmente porque alguns anestésicos como o MS222 e a benzocaína podem exigir doses altas em temperaturas altas para induzir a anestesia. O pH da água exerce influência na eficácia das soluções anestésicas a medida que agita as moléculas podendo contribuir para reações de estresse. A água do mar

apresenta diferentes constituições iônicas podendo modificar os efeitos dos anestésicos entre os animais aquáticos (ROSS e ROSS, 2008).

Diversos produtos com a finalidade de atenuar o estresse em peixes durante as práticas de manejo vêm sendo sugeridos no Brasil, porém, alguns ainda necessitam de confirmações científicas a respeito de sua eficácia (INOUE e MORAES, 2007). No Brasil ainda não existem leis que regulamentem o uso de anestésicos para peixes (FAÇANHA e GOMES, 2005). O único documento legal para o assunto é a Resolução nº 714, de 20 de junho de 2002, que dispõem sobre procedimentos e métodos de eutanásia em animais, e dá outras providências. Na ausência da legislação aplicável ao uso dos anestésicos no Brasil procura-se seguir as recomendações da "Food and Drug Administration" (FDA).

O único anestésico aprovado pela FDA (2016) para uso em peixes é a tricafina metano sulfonato (MS222) (FAÇANHA e GOMES, 2005; VELASCO-SANTAMARÍA et al., 2008). Esse fármaco é comercializado em dólar, tornando seu preço inviável aos pequenos produtores brasileiros, como consequência, os piscicultores têm procurado produtos substitutos para a anestesia dos peixes.

É essencial o conhecimento da concentração ideal do anestésico para a indução ao estágio desejado de anestesia (ROSS e ROSS, 2008). As características das fases de indução (ROSS e ROSS, 2008) e recuperação (HIKASA et al., 1986) encontram-se na Tabela 2 e 3. De acordo com Keene et al. (1998), um anestésico eficiente tem como características principais atuação rápida, em torno de 3 minutos; curto tempo de recuperação, por volta de 5 minutos, e facilidade em sua utilização, com baixos riscos para os animais e ao manipulador. Cunha (2007) informou que o conhecimento de métodos que permitam intervenções, com o mínimo de interferência nas funções vitais e fisiológicas dos peixes são importantes para evitar a morte dos animais durante o manejo.

Tabela 2. Estágio de anestesia segundo Ross e Ross (2008).

Estágio	Descrição	Resposta comportamental em peixes
I	Sedação leve	Reativos a estímulos externos; movimentos reduzidos, batimentos operculares mais lentos; equilíbrio normal.
II	Sedação profunda	Perda total da reatividade aos estímulos externos, exceto forte pressão; leve queda do movimento opercular; equilíbrio normal.
III	Narcole	Perda parcial do tônus muscular, natação errática, aumento dos movimentos operculares; reativos apenas a forte estímulo tátil ou vibração.
IV	Anestesia profunda	Perda total de tônus muscular; perda total de equilíbrio; batimento opercular lento, porém regular.
V	Anestesia cirúrgica	Ausência total de reação, mesmo a forte estímulo; movimentos operculares lentos e irregulares; batimentos cardíacos lentos; perda total de todos os reflexos.
VI	Colapso medular	Parada da ventilação; parada cardíaca; morte eventual.

Tabela 3. Estágios de recuperação segundo Hikasa et al. (1986).

Estágio	Resposta comportamental
I	Retorno parcial do equilíbrio e da capacidade de nado.
II	Recuperação total do equilíbrio.
III	Nado e reação a estímulos externos ainda vacilantes.
IV	Total recuperação do equilíbrio e capacidade normal de nado.

A benzocaína é um dos principais anestésicos utilizados para a imobilização de peixes durante o manejo (INOUE et al., 2002; BITTENCOURT et al., 2012). Além de ser o produto mais fácil acesso no Brasil quando comparado ao MS222 (GOMES et al., 2001). Trabalhando com lambari do rabo amarelo Gimbo et al. (2008) submeteram os juvenis a quatro concentrações de benzocaína 50, 75, 100 e 125 mg L⁻¹. Os autores recomendaram que para a anestesia da espécie a dosagem a ser utilizada é de 100 mg L⁻¹, por induzir os animais à anestesia profunda em aproximadamente um minuto e levá-los a recuperação total do manejo em três minutos.

Okamura et al. (2010) relataram que a benzocaína é classificada como anestésico local, embora atue de forma sistêmica em peixes, agindo no sistema nervoso central. Em experimento realizado com juvenis de tilápias nas concentrações de 60, 120, 180 e 240 mg L⁻¹ aplicado em peixes de quatro faixas de peso (5,15, 81, e 172 g), os autores verificaram que a menor concentração levou a um maior tempo para os animais atingirem o último estágio, ou seja, a perda total dos reflexos a estímulos externos. A concentração recomendada para a anestesia de tilápias, com peso entre 5 e 172 g, foi de 190 mg de benzocaína L⁻¹.

Inoue et al. (2010) submeteram juvenis de matrinxã *Brycon amazonicus* a duas concentrações de benzocaína, 10 e 15 mg L⁻¹, em manejo de transporte em sacos plásticos, durante seis horas para avaliar resposta ao estresse. Os resultados demonstraram que o cortisol plasmático aumentou de 6 para 33 µg.dl⁻¹, independente da presença de benzocaína, e a glicose plasmática passou de 95 mg.dl⁻¹ para 180 mg.dl⁻¹ em todos os grupos amostrados, com retorno aos valores basais após 24 horas de recuperação. Os autores constataram que o fármaco exerceu pouco efeito preventivo ao estresse no transporte de juvenis de matrinxã.

O eugenol ou óleo de cravo vem sendo utilizado com sucesso na indução à anestesia de peixes. Honczaryk e Inoue (2009) avaliaram o eugenol como anestésico para o pirarucu *Arapaima gigas*. Os autores aspergiram o anestésico nas brânquias dos animais nas concentrações de 30 e 60 mg L⁻¹ de eugenol. Na menor concentração, as respostas do pirarucu foram mais lentas, tanto para a indução quanto para a recuperação à anestesia. A maior concentração proporcionou maior quantidade do anestésico nas lamelas branquiais e, conseqüentemente, os animais apresentaram um menor tempo para a indução. O anestésico eugenol também foi testado para o bagre de água doce jundiá *Rhamdia voulezi* (Diemer et al. 2012). Os autores testaram quatro concentrações de eugenol (50, 75, 100 e 125 mg L⁻¹) em diferentes classes de peso (32,5; 75; 150; 300 e 450 g). Os resultados demonstraram que as

concentrações de eugenol propostas foram eficientes para anestésiar os jundiás nas classes de peso testadas até o estágio de anestesia profunda, e a concentração de 50 mg L⁻¹ foi a recomendada para todas as classes de tamanho.

Juvenis de matrinxã *B. amazonicus* foram submetidos a anestesia com eugenol (BARBOSA et al., 2007). Os autores observaram que a concentração de até 60 mg L⁻¹ foi adequada para o matrinxã de 126 g. Vidal et al. (2007) encontraram resultados semelhantes ao de Barbosa et al. (2007), sendo que o menor tempo de indução foi encontrado com o uso de concentrações acima de 125 mg L⁻¹. O menor tempo de recuperação foi observado na menor concentração de eugenol (50 mg L⁻¹). Os autores sugeriram que a concentração de 50 mg L⁻¹ é a recomendada para a indução de juvenis de matrinxã com 3,3 g. Inoue et al. (2005) testaram o efeito do óleo de cravo nas concentrações de 1, 5 e 10 mg L⁻¹ na resposta ao estresse em matrinxã, quando submetidos ao transporte em sacos plásticos. Os autores observaram que o anestésico reduziu as principais respostas ao estresse, como os níveis de cortisol, glicose e íons plasmáticos. Os autores verificaram também que a espécie apresentou alto gasto de energia para tolerar o transporte, tal evidência foi observada em função da diminuição dos valores de glicogênio hepático.

Inoue et al. (2011) avaliaram a resposta metabólica do tambaqui exposto a banhos anestésicos de eugenol nas concentrações de 20 e 60 mg L⁻¹. Os autores observaram que o anestésico foi eficiente, embora não tenham sido observados efeitos metabólicos evidentes de redução de estresse. Ainda, recomendou-se a concentração de 20 mg L⁻¹ na realização de práticas de manejo em no máximo 15 minutos de exposição. Pádua et al. (2013) não recomendaram o uso do eugenol e da benzocaína como anestésico para o tambaqui, pois esses fármacos causam alterações quantitativa em parâmetros hematológicos, como os leucócitos.

O tempo de indução e recuperação de juvenis de dourado *Salminus brasiliensis* submetidos ao anestésico eugenol foi avaliado por Hisano et al. (2008). As concentrações testadas (20, 30, 40, 50 e 60 mg L⁻¹ de eugenol) foram eficientes na indução e recuperação dos animais. Dessa forma, foi recomendado pelos autores concentrações variando de 40 a 60 mg L⁻¹.

O mentol é uma alternativa de anestésico tem sido analisado em algumas espécies nativas. De acordo com Martins et al. (2000), o mentol é um óleo essencial extraído de plantas do gênero *Mentha*, com propriedades anestésicas e anti-inflamatórias. Façanha e Gomes

(2005), ao testarem concentrações de 50, 100, 150, 200 e 250 mg de mentol L⁻¹ para o tambaqui *Colossoma macropomum* concluíram que a concentração mais adequada para indução cirúrgica foi de 150 mg L⁻¹, enquanto que para uma sedação com finalidade de biometria a concentração de 100 mg de mentol L⁻¹ é o recomendado. Gonçalves et al. (2008) ao submeterem juvenis de pacu à concentrações de 50, 100, 150 e 200 mg de mentol L⁻¹ verificaram que a concentração de 100 mg L⁻¹ do anestésico é a mais adequada para juvenis da espécie.

Estudos utilizando anestésicos em juvenis de curimba são escassos, com exceção de Parma de Croux (1990), que avaliou o uso da benzocaína para anestesia de juvenis de 5 a 26 g de *P. lineatus*. O autor conduziu a pesquisa testando concentrações do fármaco (50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹) nas temperaturas de 20 e 25°C. Os resultados encontrados indicaram que a benzocaína pode ser utilizada para a anestesia de juvenis de curimba, sendo que as melhores concentrações foram de 50 e 100 mg L⁻¹ nas temperatura de 20 e 25°C, respectivamente. Na maior temperatura, os animais atingiram a perda parcial do equilíbrio ou narcose a partir de 6,5 minutos e se recuperaram em até 4 minutos. As informações relatadas por Parma de Croux (1990) despertaram a curiosidade de entender como a espécie *Prochilodus lineatus* responde a uma variação maior de temperatura, considerando principalmente a disseminação das espécies neotropicais em pisciculturas por todo Brasil.

Utilizando o método de aspersão branquial, Valente (2009) avaliou a eficácia dos anestésicos óleo de cravo, benzocaína e do mentol, nas concentrações de 100, 125, 150 e 175 mg L⁻¹, em adultos de curimba, com peso médio de 1,3 kg. Os resultados mostraram que não houve efeito das concentrações e da interação anestésico versus concentração na indução e recuperação dos animais. Dessa forma, todos os anestésicos testados podem ser utilizados, na menor concentração, para indução de adultos da espécie.

Trabalhos que envolvem o efeito da temperatura sobre a anestesia em peixes são escassos. Em um desses trabalhos Hikasa et al. (1986) verificaram que a indução e a recuperação de peixes foram afetados pela temperatura. Nesse caso, os autores observaram que altas temperaturas proporcionaram menor tempo de indução e recuperação em juvenis de carpa comum *Cyprinus carpio*. O que corrobora com os resultados alcançados por Park et al. (2008) ao anestesiarem juvenis da espécie *Epinephelus bruneus*. Os autores constataram que o aumento da temperatura promoveu a redução do tempo de indução e recuperação. Gomes et al (2001) ressaltaram que a temperatura tem influência direta sobre a fase de recuperação de

juvenis de tambaqui anestesiados com benzocaína nas temperaturas de 24, 27 e 30°C. Nesse caso, quanto menor a temperatura mais rapidamente os juvenis retornam ao equilíbrio. Os autores não encontraram diferenças no tempo de indução.

Em experimento com *Anguilla reinhardtii* Walsh e Pease (2002) testaram as concentrações de 60 e 80 mg L⁻¹ de benzocaína e eugenol nas temperaturas de 17 e 25°C. Na menor temperatura e concentração de 80 mg L⁻¹, os juvenis foram anestesiados em 6 minutos para ambos os anestésicos. Com o aumento da temperatura para 25°C e redução da concentração para 60 mg L⁻¹, ocorreu uma diminuição no tempo de anestesia para o eugenol, enquanto a benzocaína manteve-se em 6 minutos. Percebe-se que a temperatura e o tipo de anestésico podem ser considerados um fator regulador dos processos anestésicos em peixes, principalmente porque esses animais são ectotérmicos e seu metabolismo responde diretamente das condições de temperatura do ambiente e ao tipo de fármaco utilizado para indução a anestesia. Pacheco (2009) testou o efeito da temperatura (22, 24, 26, 28 e 30°C) na sobrevivência de juvenis de plati *Xiphophorus maculatus* Gunther expostos a concentrações de eugenol (0, 3, 5, 7, 9 e 12 mg L⁻¹). O autor observou que quanto menor a temperatura maior foi o tempo de vida dos peixes, obtendo-se maior sobrevida na menor temperatura (22°C). Por sua vez, o eugenol prolongou o tempo de vida dos peixes nas concentrações de 8 mg L⁻¹ a 22°C e 9 mg L⁻¹ a 24°C. Essas concentrações e temperaturas foram as menores utilizadas no trabalho.

Hoskone e Pirhonen (2004) avaliaram o efeito da temperatura (5, 10, 15 e 20°C) na anestesia de seis espécies de peixes de clima temperado, salmão do atlântico *Salmo salar*, truta-comum *Salmon trutta*, truta-arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, lavaret *Coreogonus lavaretus*, perca *Perca fluviatilis* e pardelha-dos-alpes *Rutilus rutilus*. Os autores observaram que a redução da temperatura promoveu redução no tempo de indução e recuperação de *O.mykiss* e *P.fluviatilis*. O aumento da temperatura para 20°C levou os juvenis de truta-arco-íris *O.mykiss* e de lavaret *C. lavaretus*, a uma diminuição no tempo de indução. Os autores ressaltaram ainda que o efeito da temperatura deve ser avaliado em conjunto com o fármaco utilizado para o processo de anestesia e a espécie, haja vista as diferentes respostas obtidas no estudo.

O eugenol e o 2-phenoxyethanol foram avaliados como anestésicos em diferentes temperaturas para juvenis de robalo europeu *Dicentrarchus labrax*, com peso médio de 32g e juvenis de "gilthead sea bream" *Sparus aurata*, com peso médio de 44g (MYLONAs et al.,

2005). As temperaturas baixas resultaram em significativo aumento do tempo de indução e recuperação, devido a relação positiva entre a temperatura e a taxa de ventilação opercular. Ainda, foi verificado que na temperatura de 15°C, o óleo de cravo nas concentrações de 30 e 55 mg L⁻¹ foram suficientes para a anestesia do robalo e do "gilthead sea bream", enquanto que na temperatura de 25°C a concentração de 40 mg L⁻¹ foi suficiente para anestesia de ambas as espécies. Com relação ao 2-phenoxyethanol, as doses recomendadas variaram de 300 mg L⁻¹ e 350 mg L⁻¹ para o robalo europeu nas temperaturas de 15 e 25°C respectivamente, enquanto que para o "gilthead sea bream" as doses variaram de 450 mg L⁻¹ em 15°C, reduzindo para 300 mg L⁻¹ na temperatura de 25°C.

Pode-se observar que existem diversos fatores que atuam nos processos de anestesia em peixes e a presente dissertação visa contribuir com mais um protocolo de anestesia para espécies de peixes tropicais.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Avaliar o efeito da temperatura e dos anestésicos benzocaína, eugenol e mentol na anestesia de juvenis de curimba *Prochilodus lineatus*.

3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar as concentrações de benzocaína para a anestesia de juvenis de curimba em diferentes temperaturas de 22, 25, 28 e 31°C;
- Avaliar o tempo de indução e recuperação de juvenis de curimba submetidos ao anestésico benzocaína nas distintas temperaturas;
- Avaliar o tempo de retorno ao apetite dos juvenis de curimba submetidos a anestesia com benzocaína nas distintas temperaturas;
- Avaliar a sobrevivência de juvenis de curimba após 96h de exposição ao anestésico benzocaína, nas distintas temperaturas de 22, 25, 28 e 31°C.
- Determinar as concentrações de eugenol e mentol para a anestesia de juvenis de curimba;
- Avaliar o tempo de indução e recuperação de juvenis de curimba submetidos aos anestésicos eugenol e mentol;
- Avaliar o tempo de retorno ao apetite dos juvenis de curimba submetidos a anestesia com eugenol e mentol;
- Avaliar a sobrevivência de juvenis de curimba após 96h de exposição ao anestésico eugenol e mentol.

4. REFERÊNCIAS

- Almeida Júnior.; C. R. M. O’.; Lobão, R. A. Aquicultura no Nordeste Paraense, Amazônia Oriental, Brasil. **Bol. Téc. Cient. Cepnor**, v. 13, n. 1, p. 33-42, 2013.
- Almeida, E. O.; Santos, R. B.; Coelho Filho, P. A.; Cavalcante Júnior, A.; Souza, A. P. L.; Soares, E. C. Policultivo do curimatã pacu com o camarão canela. **Bol. Inst. Pesca, São Paulo**, v. 41, n. 2, p. 271-278, 2015.
- Baldisserotto, B.; Gomes, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. Ed. Revista e Ampliada. Santa Maria: Editora. UFSM, 2013. 608 p.
- Barbosa, L. G.; Moraes, G.; Inoue, L. A. K. A. Respostas metabólicas do matrinxã submetido a banhos anestésicos de eugenol. **Acta Sci. Biol. Sci. Maringá**, v. 29, n. 3, p. 255-260, 2007.
- Bayo, V.; Yuan, E. C. Food assimilation of a neotropical riverine detritivorous fish, *Prochilodus lineatus*, studied by fatty acid composition (Pisces, Curimatidae). **Hydrobiologia**, v. 330, p. 81-88, 1996.
- Bittencourt, F.; Souza, B. E.; Boscolo, W. R.; Rorato, R. R.; Feiden, A.; Neu, D. H. Benzocaína e eugenol como anestésicos para o quinguio (*Carassius auratus*). **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, v. 64, n. 6, p. 1597-1602, 2012.
- Bittencourt, F.; Souza, B. E.; Neu, D. H.; Rorato, R. R.; Boscolo, W. R.; Feiden, A. Eugenol e benzocaína como anestésico para juvenis de *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (carpa comum). **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v. 8, n. 1, p.163-167, 2013.
- Bonfim, M. A. D.; Lanna, E. A. T.; Serafini, M. A.; Ribeiro, F. B.; Pena, K. S. Proteína Bruta e Energia Digestível em dietas para Alevinos de Curimatã (*Prochilodus affinis*). **R. Bras. Zootec**, v. 34, n. 6, p. 1795-1806, 2005.
- Brabo, M. F.; Flexa, C. E.; Veras, G. C.; Paiva, R. S.; Fujimoto, R. Y. Viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará. **Informações Econômicas**, SP, v. 43, n. 3, maio/jun, 2013.
- Brasília. **Lei nº 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 nº 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. Brasília, 29 de junho de 2009.

Camargo, S. G. O. de.; Pouey, J. L. O. F. Aquicultura- Um mercado em expansão. Aquaculture-Na Expanding Market. **R. bras. Agrociência**, Pelotas, v.11, nº4, p. 393-396, outubro, 2005.

Carmo, J. L.; Ferreira, D. A.; Silva Junior, F. R.; Santos, R. M. S.; Correia, E. S. Crescimento de três linhagens de tilápia sob cultivo semi-intensivo em viveiros. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 21, n.2, p. 20-26, 2008.

Cavalli, R. O.; Ferreira, J. F. **O futuro da pesca e da aquicultura marinha no Brasil: A maricultura**, 2010.

Censo Aquícola Nacional. **Ministério da Pesca e Aquicultura**, 2008.

Conselho Federal de Medicina Veterinária. **Resolução 714, de 20 de junho de 2002**. Procedimentos e métodos de eutanásia em animais. Brasil, 2002.

Corrêa, R.; Mota, D.; Meyer, G. Tipologia da piscicultura familiar no nordeste paraense. **Agrotrópica**, v. 22, n. 2, p. 75-88, 2010.

Costa, R. B.; Carvalho, M. A. M.; Abreu, K. L.; Sena, A. M.; Farias, J. O.; Vidal, D. L.; Sales, R. O.; Maggioni, R. Criação da curimatã comum, *Prochilodus cearaensis* Steindachner, 1911, em tanque rede. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 9, n. 3, p. 482-492, 2015.

Coyle, S. D.; Durborow, R. M.; Tidwell, J. H. **Anesthetics in Aquaculture**. SRAC Publication No. 3900. United States Department of Agriculture, Cooperative State Research, Education, and Extension Service, 2004.

Cunha, M. A. **Anestesia em jundiás (*Rhamdia quelen*) expostos a substâncias isoladas de plantas**. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

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. **R. Bras. Zootec**, v. 39, p. 66-87, 2010.

De-Carvalho, H. R. L.; Souza, R. A. L.; Cintra, I. H. A. A aquicultura na microrregião do Guamá, Estado do Pará, Amazônia Oriental. **Rev. Cienc. Agrar**, v. 56, n. 1, p. 1-6, jan/mar, 2013.

Diegues, A. C. **Para uma aquicultura sustentável do Brasil**. Banco Mundial/FAO, artigo n.3, São Paulo, 2006.

Diemer, O.; Neu, D. H.; Bittencourt, F.; Signor, A.; Boscolo, W. R.; Feiden, A. Eugenol como anestésico para jundiá (*Rhamdia voulezi*) em diferentes pesos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, nº 4, p. 1495-1500, jul./ago, 2012.

Façanha, M. F.; Gomes, L. C. A eficácia do mentol como anestésico para tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characiformes: Characidae). **Acta Amazonica**, v. 35, n.1, p. 71-75, 2005.

FAO. **The State of world Fisheries and Aquaculture**. Roma, p. 243, 2014.

FISHBASE. <<http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?ID=13056&AT=curimat%C3%A3>>. Acessado em 04/11/2015, as 11: 15 horas, 2015.

Flores, R. M. V.; Pedroza Filho, M. X. Como multiplicar os peixes?. Perspectivas da Aquicultura Brasileira. **Tendências**, 2013.

Fonseca, F. A. L.; Ituassu, D. R.; Cavero, B. A. S.; Bordinhon, A. M. Cultivo de curimatã (*Prochilodus* spp). In: Baldisserotto, B.; Gomes, L. C (org). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2 ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2013. P.57-58.

Fonseca, S. B.; Mendes, P. P.; Albertim, C. J. L.; Bittencourt, C. F.; Silva, J. H. V. Cultivo do camarão marinho em água doce em diferentes densidades de estocagem. **Pesq. agrop. bras**, v.44, n. 10, p. 1352-1358, out, 2009.

Fontenele, O. Contribuição para o Conhecimento da Biologia da Curimatã Pacu, “*Prochilodus argenteus*”, Spix in Spix & Agassiz (Pisces: Characidae, Prochilodinae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 13, nº 1, p. 87-102, 1953.

Food and Drug Administration - FDA. **Fish and fishery products hazards and controls guidance**. Aquaculture drugs. Chapter 11. Disponível em: <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/UCM252410.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2016.

Food and Drug Administration-FDA. ANADA 200-226 **Tricaine-S- original approval**. **Tricaine methanesulfonate**. Disponível em:

<http://www.fda.gov/animalveterinary/products/approvedanimaldrugproducts/foiadrugsummaries/ucm132992.htm>. Acesso em: 06 de junho de 2016.

Fracalossi, D. M.; Cyrino, J. E. P. NUTRIAQUA. **Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012.

Frasca-Scorvo. C. M. D.; Carneiro, D. J.; Malheiros, E. B. Comportamento alimentar do matrinxã (*Brycon cephalus*) no período de temperaturas mais baixas. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 27, nº 1, p. 1-5, 2001.

Furuya, V. R. B.; Hayashi, C.; Furuya, W. M.; Soares, C. M.; Galdioli, E. M. Influência de plâncton, dieta artificial e sua combinação, sobre o crescimento e sobrevivência de larvas de curimatá (*Prochilodus lineatus*). **Acta Scientiarum**, v. 21, nº 3, p.699-703, 1999.

Galdioli, E. M.; Hayashi, C.; Soares, C. M.; Furuya, V. R. B.; Faria, A. C. E. A. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em rações para alevinos de curimatá (*Prochilodus lineatus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.2, p. 552-559, 2002.

Galdioli, E. M.; Hayashi, C.; Soares, C. M.; Furuya, W. M.; Nagae, M. Y. Diferentes fontes proteicas na alimentação de alevinos de curimba (*Prochilodus lineatus* V.) **Acta Scientiarum** v. 22, n.2, p. 471-477, 2000.

Gimbo, R. Y.; Saita, M. V.; Gonçalves, A. F. N.; Takahashi, L. S. Diferentes concentrações de benzocaína na indução anestésica do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). **Rev. Bras. Saúde Prod. An**, v.9, n. 2, p. 350-357, abr/jun, 2008.

Gomes, L. C.; Chippari-Gomes, A. R.; Lopes, N. P.; Roubach, R.; Arauj-Lima, C.A. R. M. Efficacy of Benzocaine as an Anesthetic in juvenile Tambaqui, *Colossoma macropomum*. **Journal of the world Aquaculture Society**, USA, 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. **Maringá**, v. 30, n. 3, p. 339-344, 2008.

- Gonçalves, A. F. N.; Takahashi, L. S.; Urbinati, E. C.; Biller, J. D.; Fernandes, J. B. K. Transporte de juvenis de curimatá *Prochilodus lineatus* em diferentes densidades. **Maringá**, v. 32, nº 2, p. 205-211, 2010.
- Gonçalves, C.; Batista, V. S. Avaliação do desembarque pesqueiro efetuado em Manacapuru, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 38, nº 1, p. 135-144, 2008.
- Hikasa, Yoshiaki, Takase, Katsuaki.; Ogasawara, Toshimi., Ogasawara, Shigeo. Anesthesia and Recovery with Tricaine Methanesulfonate, Eugenol and Thiopental Sodium in the Carp, *Cyprinus carpio*. **Jpn. J. Vet. Sci**, v. 48, n. 2, p. 341-351, 1986.
- Hisano, H.; Ishikawa, M. M.; Ferreira, R. A.; Bulgarelli, A. L. A.; Costa, T. R.; Pádua, S. B. Tempo de indução e de recuperação de dourado *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816), submetidos a diferentes concentrações de óleo de cravo *Eugenia* sp. **Maringá**, v. 30, n.3, p. 303-307, 2008.
- Honzaryk, A.; Inoue, L. A. K. A. Anestesia do pirarucu por aspersão direta nas brânquias do eugenol em solução aquosa. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 39, n. 2, p. 577-579, mar-abr, 2009.
- Hoskone, P.; Pirhonen, J. Temperature effects on anaesthesia with clove oil in six temperate-Zone Fishes. **Journal Of Fish Biology**, v. 64, p. 1136-1142, 2004.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v.41, p.1-108, 2013.
- Ihering, R. von.; Azevedo, P. A curimatã dos Açudes Nordestinos (*Prochilodus argenteus*). **Archivos do Intituto Biológico**, v. 5, p. 143-184, 1934.
- Inoue, L. A. K. A.; Afonso, L. O. B.; Iwana, G. K.; Moraes, G. Effects of clove oil on the stress response of matrinxã (*Brycon cephalus*) subjected to transport. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 289-295, 2005.
- Inoue, L. A. K. A.; Bojjink, C. L.; Ribeiro, P. T.; Silva, A. M. D.; Afonso, E. G. Avaliação de respostas metabólicas do tambaqui exposto ao eugenol em banhos anestésicos. **Acta Amazonica**, vol. 41, n. 2, p. 327-332, 2011.

Inoue, L. A. K. A.; Hackbarth, A.; Moraes, G. Avaliação dos anestésicos 2-phenoxyethanol e benzocaína no manejo do matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869). **Biodiversidade Pampeana**. PUCRS, Uruguaiana, v. 2, p. 10-15, 2004.

Inoue, L. A. K. A.; Hackbarth, A.; Moraes, G. Benzocaína sobre respostas ao estresse do matrinxã submetido ao transporte em sacos plásticos. **Rev. Bras. Saúde Prod. An**, v.11, n.3, p. 909-918 jul/set, 2010.

Inoue, L. A. K. A.; Moraes, G. Óleo de cravo: **Um anestésico Alternativo para o Manejo de Peixes**. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, 2007.

Inoue, L. A. K. A.; Santos Neto, C.; Moraes, G. Clove oil as anaesthetic for juveniles of matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869). **Cienc. Rural**, v. 33, p. 943-947, 2003.

Inoue, L. A. K. A.; Santos-Neto, C.; Moraes, G. Benzocaína como anestésico para juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). **Boletim Técnico do Cepta**, v. 15, p. 23-30, 2002.

Jian. C. Y.; Cheng, S. Y.; Chen, J-C. Temperature and salinity tolerances of yellowfin sea bream, *Acanthopagrus lótus*, at different salinity and temperature levels. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 175-185, 2003.

Keene, J. L.; Noakes, D. L. G.; MOCCIA, R. D.; SOTO, C. G. The efficacy of clove oil as na anesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 29, p. 89-101, 1998.

King, W. V. et al. The use of clove oil, metomidate, tricaine methanesulphonate and 2-phenoxyethanol for inducing anaesthesia and their effect on the cortisol stress response in black sea bass (*Centropristis striata* L). **Aquaculture Research**, v. 36, p. 1442-1449, 2005.

Koberstein, T. C. R. D.; Durigan, J. G. Produção de larvas de curimatá (*Prochilodus scrofa*) submetidas a diferentes densidades de estocagem e níveis de proteína bruta nas dietas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.1, p. 123-127, 2001.

Lemos, M. V. A.; Guimarães, I. G.; Miranda, E. C. Farelo de coco em dietas para o tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Rev. Bras. Saúde Prod. An**, v.12, n.1, p. 188-193, 2011.

López, H. L.; Bonetto, A. A.; Gómez, S. E.; Protogino, L. C. Bibliografía Argentina del Genero Prochilodus (Pisces Curimatidae). Instituto de Limnologia Dr. Raúl A. Ringuelet. **Biologia Acuatica** n. 17, agosto 1993.

Maaren, C. C. V.; Kita, J.; Daniels, H. V. Temperature tolerance and oxygen consumption rates for juvenile southern flounder *Paralichthys lethostigma* acclimated to five different temperatures. *UJNR Technical Report*, v. 28, p. 135-140, 1999.

Marques, N. R.; Hayashi, C.; Galdioli, E. M.; Fernandes, C. E. B. Seletividade de organismos-alimento por formas jovens de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) e curimba *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836). *Acta Sci. Biol. Sci. Maringá*, v. 29, n.2, p. 167-176, 2007.

Martins, E. R.; Castro, D. M.; Castenalli, D. C.; Dias, E. J. **Plantas Mediciniais**. Ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, 220 p, 2000.

Matos, F. J. A. **Plantas medicinais**: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. 2. Ed. fortaleza: UFC, 2000.

Mazzafera, P. Efeito alelopático do extrato alcoólico do cravo-da-índia e eugenol. **Revista Brasileira Botânica**, v. 26, n.2, p. 231-238, 2003.

Mounic-Silva, C. E.; Leite, R. G. Influência do rio Negro sobre os status nutricional de juvenis de curimatã *Prochilodus nigricans* (Characiformes; Prochilodontidae) no médio rio Solimões-Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 43, nº 3, p. 371-376, 2013.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**, 2012.

Murgas, L. D. S.; Miliorini, A. B.; Freitas, R. T. F.; Pereira, G. J. M. Criopreservação do sêmen de curimba (*Prochilodus lineatus*) mediante adição de diferentes diluidores, ativadores e crioprotetores. **R. Bras. Zootec**, v. 36, n.3, p. 526-531, 2007.

Mylonas, C. C.; Cardinaletti, G.; Sigelaki, I.; Polzonetti-Magni, A. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. **Aquaculture**, v. 246, p. 467-481, 2005.

Nakauth, A. C. S. S.; Nakauth, R. F.; Nóvoa, N. A. C. B. Caracterização da piscicultura no município de Tabatinga-Am. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, v. 9, n. 2, dezembro, 2015.

- Nunes, Z. M. P.; Lazzaro, X.; Peret, A. C. Influência da biomassa inicial sobre o crescimento e a produtividade de peixes em sistema de policultivo. **Ciênc. Agrotec, Lavras**, v. 30, n. 6, p. 1083-1090, nov/dez, 2006.
- Okamura, D., Araújo, F. G.; Rosa, P. V.; Freitas, R. T. F.; Murgas, L. D. S.; Cesar, M. P. Influência da concentração de benzocaína e do comprimento dos peixes na anestesia e na recuperação de tilápias-do-nilo. **R. bras. Zootec**, v. 39, n.5, p.971-976, 2010.
- Oliveira, J. G.; Abreu Filho, B. A. Propriedade antimicrobiana do eugenol frente às amostras de *Alicyclobacillus* spp. Isoladas de suco de laranja. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 71, n.2, 2012.
- Oliveira, J. R.; Carmo, J. L.; Oliveira, K. K. C.; Soares, M. C. F. Cloreto de sódio, benzocaína e óleo de cravo-da-índia na água de transporte de tilápia-do-nilo. **R. Bras. Zootec**, v. 38, n.7, p.1163-1169, 2009.
- Oliveira, R. C. de. O panorama da aquicultura no Brasil: A prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 2, n.1, fev, 2009.
- Ostrensky, A.; Borghetti, J. R.; Soto, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, 2008.
- Pacheco, J. T. C. **Efeito da temperatura da água e da sedação com eugenol na sobrevivência do plati (*Xiphophorus maculatus gunther*)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Goiás, Mestrado Profissional-Tecnologia em Aquicultura Continental, 2009.
- Pádua, S. B.; Dias Neto, J.; Sakabe, R.; Claudiano, G. S.; Chagas, E. C.; Pilarski, F. Variáveis hematológicas em tambaquis anestesiados com óleo de cravo e benzocaína. **Pesq. Agropec. Bras. Brasília**, v. 48, nº 8, p. 1171-1174, ago, 2013.
- Paixão, A. M. S.; Hancz, Csaba. Adubação orgânica em viveiro associados á ração na engorda de curimatás (*Prochilodus marginatus*). **Rev. Soc. Bras. Zoot**, v. 18, nº 6, 1989.
- Park, M. O.; Hur, W. J.; IM, Soo-Yeon.; Seol, Dong-Won.; Lee, J.; Park, In-Seok. Anaesthetic efficacy and physiological response to clove oil-anaesthetized kelp grouper *Epinephelus bruneus*. **Aquaculture Research**, v. 39, p. 877-884, 2008.

Parma de Croux, M. J. Benzocaine (Ethyl-p-Aminobenzoate) as na anaesthesia for *Prochilodus lineatus*, Valenciennes (Pisces, Curimatidae). **J. Appl. Ichthyol**, v. 6, p. 189-192, 1990.

Parma de Croux, M. J. Benzocaine (Ethyl-p-Aminobenzoate) as na anaesthetic for *Prochilodus lineatus*, Valenciennes (Pisces, Curimatidae). **J. Appl. Ichthyol**, v. 6, p. 189-192, 1990.

Parma de Croux, M. J. Comportamento y crecimiento de *Prochilodus lineatus* (Pisces, Curimatidae) em condiciones controladas. **Rev. Asoc. Cien. Nat. Litoral**, v. 23, nº 1, p. 9-20, 1992.

Pereira-da-Silva, E. M.; Oliveira, R H. F.; Ribeiro, M. A. R.; Coppola, M. P. Efeito anestésico do óleo de cravo em alevinos de lambari. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 39, n. 6, p. 1851-1856, set, 2009.

Pérez-Gianeselli, M.; Flores-Quintana, C. Anestésicos usados para minimizar stress em peces en la piscicultura. In: Tavares-Dias, M. (Org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Embrapa Amapá, Macapá, 2009. Cap. 9, p. 248.

Piedras, S. R. N.; Moraes, P. R. R.; Pouey, J. L. O. F. Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), de acordo com a temperatura da água. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, vol. 30, nº 2, p.177-182, 2004.

Ribeiro, P. A. P.; Miranda Filho, Kleber. C.; Melilo Filho, R.; Santos, A. E. H.; Silva, W. S.; Rodrigues, L. A.; Luz, R. K. Efeito anestésico do eugenol em juvenis de pacamã. **Pesq. Agrop.bras**, v. 48, n.8, p. 1136-1139, 2013.

Rojas, N. E. T.; Rocha, O.; Pinto, C. S. R. M.; Silva, A. L. Influência de diferentes níveis de alcalinidade da água de viveiros sobre o crescimento de larvas de *Prochilodus lineatus*. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 99-108, 2004.

Ross, L. G.; Ross, B. **Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals**. 3rd. Ed. Oxford: Blackwell Scienc, p. 240, 2008.

Roubach, R.; Gomes, L. C. O uso de anestésicos durante o manejo de peixes. **Panorama da Aquicultura**, v. 11, n. 66, p. 37-40, 2001.

- Roubach, R.; Gomes, L. C.; Val, A. L. Safest Level of Tricaine Methanesulfonate (MS222) to induce anesthesia in juvenile of matrinxã. **Acta Amazônica**, v. 31, n.1, p. 159-163, 2001.
- Sanchez, M. S. S.; Rodrigues, R. A.; Nunes, A. L.; Oliveira, A. M. S.; Fantini, L. E.; Campos, C. M. Respostas fisiológicas de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* submetidos a anestésicos naturais. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 1061-1070, mar/abr, 2014.
- Santos, G. M.; Efrem, J. G. F.; Jansen, A. S. Z. **Peixes comerciais de Manaus**: Ibama-AM, ProVázea, p. 144, 2006.
- Schmidt-Nielsen, K. 1996. **Fisiologia animal-Adaptação e Meio Ambiente**. São Paulo: Editora Santos. 600p.
- Sedgwick, C. J. Anesthesia in fish. Veterinary Clinics of North America. Veterinary Clinics of North America. **Food and Animal Practice**, v.2, n. 3, p. 737-742, 1986.
- Silva, P. C.; Mesquita, A. J.; Nicolau, E. S.; Nunes, I. A.; Oliveira, G. J. Parâmetros biométricos, bacteriológicos e físico-químicos do curimat-pacu (*Prochilodus marggravii*) criado em consórcio com suínos. **Anais Esc. Agron e Vet**, v. 20, n. 1, p. 59-64, 1990.
- Soares, C. M.; Hayashi, C.; Reidel, A. Predação de pós-larvas de curimba (*Prochilodus lineatus*, Valenciennes, 1836) por larvas de Odonata (*Pantala*, Fabricius, 1798) em diferentes tamanhos. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**. Maringá, v. 25, n.1, p. 95-100, 2003.
- Souza, R. L. M.; Vettorazzi, M. B.; Kobayashi, R. K.; Furtado Neto, M. A. A. Eugenol como anestésico no manejo de ariacó, *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758), cultivado. Revista Agrônômica, v. 46, n. 3, p. 532-538, jul-set, 2015.
- Souza. J. S. L.; Gualberto, G. F.; O'Sullivan, F. L. **A. Influência da temperatura o crescimento de juvenis de Tambaqui**. Jornada de Iniciação científica da Embrapa Amazônia Ocidental Manaus, AM, v. 10, 2013.
- Suplicy, F. M. **Cultivo de moluscos**: Uma atividade que produz inúmeros impactos ambientais positivos. Panorama da Aquicultura, março/Abril, 2005.
- Takahashi, L. S.; Abreu, J. S.; Biller, J. D.; Urbinati, E. C. Efeito do ambiente pós-transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus mesopotamicus*. **Maringá**, v. 28, nº 4, p. 469-475, Oct/Dec, 2006.

Teixeira, E. G.; Moreira, A. G. L.; Moreira, R. L.; Lima, F. R. S. Mentol como anestésico para diferentes classes de tamanho de tilápia do Nilo. **Archives of veterinary Science**, v. 16, n. 2, p. 75-83, 2011.

Tondolo, J. S. M. **Atividade anestésica em robalos-peva (*Centropomus parallelus*) e caracterização química do óleo essencial das folhas de *Nectandra megapotamicus* (Spreng.)**. Mez (Lauraceae). 77 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

Valente, C. O. **Uso de três anestésicos pelo método de aspersão branquial em adultos de peixes de produção**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.

Valenti, W. C. **Aquicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia, 12º, Vila Real, Portugal, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais p. 11-118, 2002.

Velasco-Santamaría, Y.; Palacios-Ruiz, C.; MVZ.; Cruz-Casallas, P. Eficiencia Anestésica de 2-Fenoxietanol. Benzocaína, Quinaldina y Metasulfonato de Tricaina en alevinos y juveniles de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). **Rev. MVZ Córdoba**, v. 13, nº 3, p. 1435-1445, 2008.

Vidal, L. V. O.; Furuya, W. M.; Graciano, T. S.; Schamber, C. R.; Silva, L. C. R.; Santos, L. D.; Souza, S. R. Eugenol como anestésico para juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). **Rev. Bras. Saúde Prod an**, v. 8, nº 4, p. 335-342, out/dez, 2007

Walsh, C. T.; Pease, B. C. The use of clove oil as an anaesthetic for the longfinned eel, *Anguilla reinhardtii* (Steindachner). **Aquaculture Research**, v. 33, p. 627-635, 2002.

Zahl, I. H.; Kiessling, A.; Samuelsen, O. B.; Hansen, M. K. Anaesthesia of Atlantic cod (*Gadus morhua*)- Effect of pre-anaesthetic sedation, and importance of body weight, temperature and stress. **Aquaculture**, v. 295, p. 52-59, 2009.

Eficiência da benzocaína como anestésico em juvenis de curimba (*Prochilodus lineatus*, Valenciennes, 1836), em diferentes temperaturas de água

Efficacy of benzocaine as anesthetic in curimba (*Prochilodus lineatus*, Valenciennes, 1836) juveniles at different water temperatures

Resumo

Os anestésicos vêm sendo utilizados com frequência na aquicultura para minimizar o estresse durante o manejo. No entanto, uma série de fatores podem atuar na sua eficiência, como é o caso da temperatura, que é um dos fatores abióticos que atua no metabolismo dos animais e, como consequência, na ação dos anestésicos. O objetivo do presente estudo foi avaliar o uso da benzocaína como anestésico para juvenis de curimba *Prochilodus lineatus* em diferentes concentrações e temperaturas. Juvenis de curimba, com peso médio de $4,7 \pm 1,6$ g e comprimento total de $7,4 \pm 0,7$ cm, foram submetidos a anestesia com benzocaína nas concentrações de 30, 40, 50, 60, 70 e 80 mg L⁻¹ e temperaturas de 22, 25, 28 e 31°C. Ainda, foram avaliados a taxa de sobrevivência após 96 horas de exposição ao anestésico e o tempo de retorno do apetite. Independente da temperatura, o aumento da concentração proporcionou diminuição no tempo de anestesia e todos os animais atingiram as fases de anestesia profunda e cirúrgica nas concentrações de 30 a 80 mg L⁻¹. As maiores temperaturas (25, 28 e 31°C) levaram a uma diminuição no tempo de indução a anestesia profunda nas concentrações de 60 a 80 mg L⁻¹ e a concentração de 50 mg L⁻¹ proporcionou tempos de indução entre 2 e 3 min. Para a fase de anestesia cirúrgica, os peixes mantidos nas temperaturas de 28 e 31°C apresentaram menor tempo de indução nas concentrações de 60 a 80 mg L⁻¹ e a concentração de 50 mg L⁻¹ proporcionou tempos de indução próximo de 5 min. Os juvenis apresentaram diminuição no tempo de indução a anestesia profunda e cirúrgica nas concentrações de 30 e 40 mg L⁻¹ nas temperaturas de 28 e 31°C. O maior tempo de recuperação ocorreu na menor temperatura (22°C). Após as 96 horas de observação foi verificado um baixo nível de mortalidade, que variou de 10 a 20% nas concentrações de 30, 40, 50, 60 70 e 80 mg L⁻¹ nas temperaturas de 25 a 31°C respectivamente, e o retorno do apetite aconteceu nas primeiras 24 horas após a anestesia. Nessas condições, para a anestesia profunda recomenda-se a concentração de 50 mg L⁻¹ de benzocaína nas temperaturas de 25, 28 e 31°C e 60 mg L⁻¹ na temperatura de 22°C. A indução à anestesia cirúrgica pode ser realizada com a concentração de 50 mg L⁻¹ nas quatro temperaturas.

Palavras-chave: Anestesia, manejo, piscicultura, concentrações, recuperação.

Abstract

The anesthetics have been used frequently in aquaculture to minimize stress during handling. However, a number of factors may performance anesthetic efficiency, as the case of temperature; which is one of the abiotic factors that controls animal metabolism and, consequently, the anesthetics action. This study aimed to evaluate the benzocaine as anesthetic for *Prochilodus lineatus* juveniles at different temperatures and concentrations. Juveniles of 4.7 ± 1.6 g and total length of 7.4 ± 0.7 cm, were submmited to anesthesia with

benzocaine at concentrations of 30, 40, 50, 60, 70 and 80 mg L⁻¹ and temperatures of 22, 25, 28 and 31 °C. Also, we evaluated the survival after 96 hours of anesthetic exposure and the return time of appetite. Independent of temperature, the increased concentrations provided decreasing in the time of anesthesia and all fish reached the phases of deep and surgical sedation in concentrations ranging from 30 to 80 mg L⁻¹. The higher temperatures (25, 28 and 31°C) resulted in a decreased time to reach deep sedation in concentrations from 60 to 80 mg L⁻¹, and the concentration of 50 mg L⁻¹ provided sedation among 2 and 3 min. For surgical anesthesia, fish maintained at temperatures of 28 and 31°C showed low time for sedation at concentrations ranging from 60 to 80 mg L⁻¹. The concentration of 50 mg L⁻¹ provided surgical sedation around 5 min. Juveniles showed decreasing time in deep sedation at concentrations of 30 and 40 mg L⁻¹ in temperatures of 28 and 31°C. The longer recovery time occurred at lower temperature (22°C). After 96 hours, low level of mortality was observed, ranging from 10 to 20% at concentrations of 30, 40, 50, 60, 70 e 80 mg L⁻¹ in 25 to 31°C respectively, and the return time of appetite occurred in the first 24 hours after anesthesia. Under these conditions, for deep anesthesia we can recommend the concentration 50 mg L⁻¹ of benzocaine at temperatures of 25, 28 and 31°C and 60 mg L⁻¹ at 22°C. The induction to surgical anesthesia can be performed with the concentration of 50 mg L⁻¹ at four temperatures.

Key words: Anesthesia, benzocaine, management, fish farm, concentrations, recuperation.

Introdução

Prochilodus lineatus (Valenciennes, 1836) é uma espécie de peixe de nadadeiras raiadas que habita, entre outras a bacia do Rio Paraná, e se encontra distribuído por toda a América do Sul (BELO et al., 2013; FISHBASE, 2015). A espécie também é conhecida como curimatá, curimatã, curimatá, curimatã-pacu e curimba, sendo peixe de piracema, que atinge tamanhos de 27 a 44 cm (GONÇALVES et al., 2010). O curimba apresenta um grande potencial para a piscicultura, sendo criado em 22 estados da federação, e praticada em 179 municípios distintos. A produção em 2013 foi de 2.774 toneladas, estando a frente da produção de espécies consideradas nobres, como o pirarucu *Arapaima gigas*, traíra *Hoplias malabaricus*, trairão *Hoplias lacerdae* e Piracanjuba *Brycon orbignyana* (IBGE, 2013).

Com a perspectiva de aumento na produção de curimba para os próximos anos, haverá necessidade de buscar melhores condições de manejo, que reduzam o estresse da espécie em cativeiro. Como prática de manejo, os anestésicos estão sendo usados com frequência durante a biometria, classificação e/ ou transporte de peixes, para reduzir a agitação e o estresse dos animais (PARK et al., 2009; ROTILI et al., 2012). No entanto, há poucas informações sobre as concentrações que devem ser utilizadas para as espécies de peixes neotropicais (DIEMER et al., 2012; SOUZA et al., 2015).

A benzocaína está entre os anestésicos mais utilizados na piscicultura devido a sua segurança na aplicação tanto ao homem como para os peixes, tem custo baixo e é relativamente fácil de ser encontrada para a compra (ROCHA et al., 2012). De acordo com Roubach e Gomes (2001) a benzocaína é quimicamente similar ao MS-222; porém, é uma solução neutra, causando menos agitação e irritação aos

peixes do que o MS-222. Ainda, observou-se que a anestesia frequente com benzocaína não causa diminuição no crescimento nem problemas na reprodução nas espécies testadas (ROUBACH; GOMES, 2001).

De acordo com Antunes et al. (2008) diversos produtos são usados para a anestesia em peixes. As doses recomendadas variam conforme o agente utilizado, a via de administração, a espécie do peixe e a qualidade da água (temperatura, concentração de oxigênio e a constituição iônica). Ross et al. (2007) relataram que a redução da temperatura da água pode induzir a anestesia, mas com pouca eficácia na anestesia profunda, sendo mais apropriada na sedação leve de peixes. Hikasa et al. (1986) verificaram que a recuperação de peixes submetidos a anestesia é mais rápida em temperaturas mais altas, já que as altas taxas metabólicas estão associadas as elevadas temperaturas, enquanto que em temperaturas mais baixas, o tempo de indução anestésica é maior.

A utilização de anestésicos no manejo de espécies neotropicais se faz necessário a medida que as práticas aquícolas estão se tornando cada vez mais intensivas em todo o território nacional, submetendo os peixes a níveis de estresse e em diferentes condições ambientais que podem contribuir para altas mortalidades quando excessivamente manipulados. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a benzocaína como anestésico para juvenis de curimba em diferentes concentrações e temperatura.

Material e Métodos

Período pré-experimental

Para a realização do experimento, juvenis de curimba, com peso médio de $4,7 \pm 1,6$ g e comprimento total médio de $7,4 \pm 0,7$ cm, foram adquiridos de piscicultura comercial e transportados para o laboratório. Os animais foram aclimatados em temperatura de $28,1 \pm 1,2^\circ\text{C}$, que está dentro da temperatura de conforto para peixes tropicais (ARANA, 2004), por um período de 30 dias em unidades experimentais de 310 L. Os juvenis foram alimentados três vezes ao dia até a aparente saciação, as 8, 12 e 17 horas, com dieta formulada comercial contendo 40% de proteína bruta, 350 mg/kg de vitamina C, 8% de extrato etéreo e 10% de umidade (níveis de garantia disponibilizados pelo fabricante). As unidades foram mantidas em sistema semi-estático, e antes da primeira e após a última alimentação as unidades foram sifonadas para retirada de resíduos alimentares e metabólitos, nesse processo a água era renovada em até 40% do seu volume, com água na mesma temperatura. A oxigenação foi realizada por meio de compressores de ar acoplados a mangueiras e pedras porosas. Para manutenção da temperatura foi utilizado termostatos auto regulável (Hopar® 300w).

As variáveis físicas e químicas monitoradas mantiveram-se em $7,0 \pm 1,6$ mg de oxigênio dissolvido l^{-1} e $73,7 \pm 6,1$ % de oxigênio saturado, $6,6 \pm 0,2$ de pH, $3,5 \pm 1,8$ mg de amônia total l^{-1} , $0,3 \pm 0,05$ $\mu\text{S cm}^{-2}$ de condutividade elétrica. Para esse monitoramento foram utilizados Fotômetro Hanna (modelo HI83203-01), medidor de oxigênio Hanna (modelo HI9146-04) e multiparâmetro COMBO Hanna (modelo HI98130).

Período experimental

Após o período pré-experimental, os juvenis foram redistribuídos em caixas com o mesmo volume útil do período anterior e mantidos por um período mínimo de 32 dias nas temperaturas, 22, 25, 28 e 31°C, que foram as temperaturas avaliadas na indução e recuperação à anestesia. O período para aclimação dos animais as novas temperaturas foi realizado em dois dias, ou seja, o ajuste as novas temperaturas foi feito gradualmente. Os animais foram alimentados nas mesmas condições descritas para o período anterior. As unidades experimentais foram sifonadas antes da primeira e após a última alimentação, para retirada de resíduos alimentares. A profilaxia foi realizada utilizando sal comum na concentração de 2 g de NaCl L⁻¹ nos primeiros três dias de aclimação, para evitar o surgimento de fungos e bactérias patogênicas.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), esquema fatorial 6 x 4, sendo os fatores concentrações do anestésico (30, 40, 50, 60, 70 e 80 mg L⁻¹) e temperaturas (22, 25, 28 e 31°C). As características comportamentais de indução à anestesia seguiram o recomendado por Ross e Ross (2008), sendo as seguintes: I sedação leve: Reativos a estímulos externos, movimentos reduzidos e batimentos operculares mais lentos; II Sedação profunda: perda total da reatividade aos estímulos externos, exceto em forte pressão, equilíbrio normal; III Narcose: perda parcial do tônus muscular, natação errática e aumento dos movimentos operculares; IV Anestesia profunda: perda total do tônus muscular, perda total do equilíbrio, batimento opercular lento, porém regular; V Anestesia cirúrgica: Ausência total de reação, mesmo a forte estímulo, movimentos operculares lentos e irregulares, perda total de todos os reflexos. Após os juvenis de curimba atingirem o quinto estágio de anestesia, os mesmos foram pesados (balança Shimadzu modelo BL320H) e medidos em comprimento total (régua), com o intuito de simular um manejo de biometria.

Os estágios de recuperação seguiram os critérios de Hikasa et al. (1986). Estágio I: retorno parcial do equilíbrio e da capacidade de nado; Estágio II: recuperação total do equilíbrio; Estágio III: nado e reação a estímulos ainda vacilantes e Estágio IV: total recuperação do equilíbrio e capacidade normal de nado. Após a recuperação, os animais foram colocados em um aquário de 100L de volume útil com aeração constante provido por soprador de ar, separado por tratamentos, para avaliar o tempo de retorno do apetite e a sobrevivência durante as 96h após a exposição ao anestésico.

A benzocaína (Sigma Aldrich[®], lote: SLBH1225V) foi primeiramente diluída (1:10) em etanol 98,8%, de forma a reduzir o seu caráter hidrofóbico. A solução estoque alcoólica obtida (10 mg mL⁻¹) foi então diluída em 2000 mL de água contidos em uma unidade de anestesia (béquer de dois litros de volume útil), em quantidades necessárias para obtenção das respectivas concentrações. Para cada tratamento foram utilizados dez peixes escolhidos de maneira aleatória (n=10) e expostos individualmente às concentrações de benzocaína nas temperaturas pré-determinadas. A avaliação do tempo em que os animais passaram pelas fases de indução e recuperação foi averiguado por cronômetro digital. Também foi realizado um teste apenas com a quantidade de álcool utilizada na diluição da benzocaína para avaliar o seu efeito nos juvenis de

curimba. Nesse caso, não foram encontradas alterações nos juvenis relativas ao uso do álcool na diluição do anestésico.

No dia anterior ao procedimento de anestesia e recuperação a alimentação foi interrompida para esvaziamento do trato intestinal. A temperatura dos testes de indução e recuperação foi a mesma do período experimental e foi mantida constante por meio de termostato elétrico. Os dados de qualidade da água foram monitorados e a água dos recipientes para indução e recuperação foi substituída a cada duas avaliações.

As análises estatísticas de variância ANOVA fatorial e teste de Tukey para comparação das médias foram realizadas no programa estatístico Statistical Analysis System-SAS, versão 8.0. Todas as análises foram submetidas a avaliação da normalidade dos erros (Cramer-von Mises) e da homocedasticidade das variâncias (Levene's). Os dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$ para a análise estatística.

Resultados e Discussão

As variáveis físicas e químicas da água no período experimental encontram-se na Tabela 1. Os valores estão dentro na faixa considerada adequada para criação de peixes tropicais (ARANA, 2004). Foi observado efeito da interação concentração e temperatura ($P < 0,05$) para as fases de anestesia profunda e cirúrgica. As concentrações de benzocaína foram eficientes para promover a indução à fase de anestesia profunda (Fase IV) e cirúrgica (Fase V) em juvenis de curimba, nas temperaturas avaliadas (Tabela 2). Em geral, o aumento das concentrações proporcionou diminuição ($P < 0,05$) do tempo de indução à anestesia até as Fases IV e V, independente da temperatura.

A benzocaína vem sendo utilizada com eficiência na anestesia de peixes de água doce. Como é o caso do lambari-do-rabo-amarelo *Astyanax altiparanae*, na concentração de 100 mg L⁻¹ (GIMBO et al., 2008), quinguio *Carassius auratus*, de 87,5 a 100 mg L⁻¹ (BITTENCOURT et al. 2012), tambaqui *Colossoma macropomum*, de 100 a 150 mg L⁻¹ (GOMES et al., 2001), matrinxã *Brycon cephalus*, 60 mg L⁻¹ (INOUE et al., 2004), tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus*, 146 mg L⁻¹ (ROCHA et al., 2012) e 190 mg L⁻¹ (OKAMURA et al., 2010), piraputanga *Brycon hilarii*, 100 mg L⁻¹ (FABIANI et al., 2013), curimatã *Prochilodus lineatus*, de 100 a 200 mg L⁻¹ (PARMA de CROUX, 1990), mandi-pintado *Pimelodus britskii*, 200 mg L⁻¹ (JUNIOR et al., 2014) e carpa comum *Cyprinus carpio*, de 87,5 a 100 mg L⁻¹ (BITTENCOURT et al., 2013).

As quatro maiores concentrações testadas neste estudo (50, 60, 70 e 80 mg de benzocaína L⁻¹) não apresentaram diferenças estatísticas no tempo de indução à anestesia profunda, nas temperaturas avaliadas; com exceção da temperatura de 22°C, em que não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) apenas nas concentrações de 70 e 80 mg L⁻¹. Comparando-se os tempos de anestesia nas temperaturas por concentração, os juvenis mantidos nas menores temperaturas, 22 e 25°C, levaram mais tempo para atingir o estado de anestesia profunda nas concentrações de 30 e 40 mg L⁻¹ ($P < 0,05$). Nas demais concentrações não foi

verificado diferenças estatísticas na comparação do tempo de indução entre as temperaturas de 25, 28 e 31°C. (Tabela 2).

Os juvenis de curimba submetidos a anestesia cirúrgica apresentaram tempos similares ($P>0,05$) de indução nas três maiores concentrações, 60, 70 e 80 mg L⁻¹, nas temperaturas avaliadas. Com exceção dos animais mantidos na temperatura de 25°C, que apresentaram menores médias ($P<0,05$) de indução apenas nas duas maiores concentrações de benzocaína. Na comparação dos tempos de indução nas temperaturas por concentração, observou-se que as maiores temperaturas, 28 e 31°C, proporcionaram menor tempo de indução nas concentrações de 30, 40 mg de benzocaína L⁻¹, quando comparado aos animais anestesiados nas temperaturas de 22 e 25°C. Não foi observado diferenças significativas nos tempos de indução a anestesia cirúrgica nos juvenis mantidos nas temperaturas de 22, 25, 28 e 31°C nas concentrações de 50 a 80 mg de benzocaína L⁻¹ (Tabela 3).

Os tempos encontrados para a anestesia de juvenis de curimba estão de acordo com os preconizados por Roubach e Gomes (2001), que sugeriram que para avaliações de sanidade e intervenções cirúrgicas, os animais devem alcançar o estágio de anestesia entre 3 a 5 minutos. Os juvenis de curimba podem ser induzidos a anestesia profunda com a concentração de 50 mg de benzocaína L⁻¹ nas temperaturas de 25, 28 e 31°C e 60 mg L⁻¹ na temperatura de 22°C, considerando o tempo de três minutos para a indução. A concentração de 50 mg L⁻¹ pode ser utilizada para a anestesia cirúrgica nas quatro temperaturas testadas, considerando o tempo de cinco minutos para indução. Ainda, vale a pena ressaltar que os tempos similares de indução à anestesia, encontrados nas concentrações de 70 e 80 mg de benzocaína L⁻¹, indicam que, provavelmente, essas concentrações já estão acima do recomendado para a espécie nessa fase de desenvolvimento.

Não foi observado efeito da interação entre concentração e temperatura no tempo de recuperação dos juvenis de curimba ($P<0,05$). De fato, a temperatura foi o que proporcionou diferenças no tempo de recuperação, e na menor temperatura, 22°C, os peixes levaram maior ($P<0,05$) tempo para a recuperação, independente da concentração (Figura 1). Em todos os tratamentos os animais apresentaram o comportamento de alimentação (retorno do apetite) durante as primeiras 24 horas após a exposição ao anestésico. Isso comprova a eficiência do manejo de anestesia nos juvenis de curimba, haja vista que o comportamento de alimentação é uma das principais evidências a serem observadas quando os animais apresentam algum tipo de problema (JOBILING et al, 2001).

Após 96 horas de exposição ao anestésico, não foi verificada mortalidade em nenhuma concentração na temperatura de 22°C, na temperatura de 25, 28 e 31°C foram observadas baixa taxa de mortalidade (Tabela 4). Altas concentrações dos anestésicos podem levar a overdose (intoxicação) e, conseqüentemente, ao óbito dos animais, por isso, a baixa mortalidade de juvenis de curimba, com o uso de concentrações de benzocaína variando de 30 a 80 mg L⁻¹, indica que o manejo de anestesia com a espécie pode ser realizado com segurança nas temperaturas avaliadas. Elevada mortalidade (72,5%) foi encontrada por Gimbo et al. (2008) ao submeterem juvenis de lambari-do-rabo-amarelo à concentração de 125 mg de benzocaína L⁻¹, sete

dias após a indução a anestesia profunda. Gomes et al. (2001) observaram 30% de mortalidade após os juvenis de tambaqui serem expostos a concentração de 350 mg de benzocaína L⁻¹. Pereira-da-Silva et al. (2009) encontraram tempos menores que 2 min para a anestesia cirúrgica do lambari *Astyanax altiparanae* nas concentrações de 75 e 100 mg de eugenol L⁻¹, porém, com mortalidade de 80 e 100%, respectivamente.

A concentração adequada para a anestesia pode variar de acordo com o estado nutricional, tamanho dos peixes (COYLE et al., 2004; OKAMURA et al., 2010; AYDIN et al., 2015) e parâmetros físicos e químicos da água (HOUSTON et al., 1976; OHR, 1976; SYLVESTER et al., 1982; ANTUNES et al., 2008; SANTOS et al., 2015). No presente estudo, o aumento da temperatura de 22 para 31°C levou a diminuição no tempo de indução à anestesia profunda e cirúrgica na maioria das concentrações testadas.

Gomes et al. (2001) expuseram juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* ao anestésico benzocaina nas temperaturas de 24, 27 e 30°C. Os autores observaram que a temperatura não afetou o tempo de perda do equilíbrio dos animais; no entanto, o movimento opercular mínimo e o tempo de recuperação à perda do equilíbrio foram afetados. Semelhante ao presente estudo, os juvenis de tambaqui e de curimba levaram um maior tempo para recuperar-se do anestésico na menor temperatura. Isso pode estar relacionado a diminuição do metabolismo das espécies em baixas temperaturas, no caso 24°C para o tambaqui e 22°C para o curimba, que levou a um maior tempo para eliminar o anestésico do corpo.

O efeito da temperatura sobre a indução e recuperação à anestesia foi avaliado em carpa comum *Cyprinus carpio*, com o uso dos anestésicos MS222, eugenol e tiopental (HIKASA et al., 1986). Os autores observaram que dos anestésicos utilizados, o MS222 foi o mais eficaz na indução e recuperação dos peixes, e a temperatura exerceu influência direta na anestesia dos juvenis de carpa, sendo que na maior temperatura, 20°C, os animais apresentaram médias inferiores de indução e recuperação. Zahl et al. (2009), ao anestesiarem o bacalhau *Gadus morhua* nas temperaturas de 8 e 16°C, observaram menor tempo de indução e recuperação dos animais nas temperaturas mais altas. Hoskonen e Pirhonen (2004) estudaram o efeito do óleo de cravo na anestesia das espécies salmão do Atlântico, *Salmo salar*, "brown trout" *Salmo trutta*, truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, "whitefish" *Coregonus lavaretus*, perca *Perca fluviatilis* e "roach" *Rutilus rutilus* nas temperaturas de 5, 10, 15 e 20°C. As espécies apresentaram diferenças na sensibilidade ao óleo de cravo como anestésico, com o aumento do tempo de recuperação e mortalidade em alguns casos. Essas características foram encontradas principalmente em "whitefish", perca e "roach", sendo que as duas últimas mostraram maior sensibilidade quando anestesiadas em baixas temperaturas, 5°C.

De maneira similar o presente estudo, Parma de Croux (1990) observou que as temperaturas e as concentrações de benzocaína influenciaram diretamente os tempos de indução e recuperação à anestesia de juvenis de curimba, com peso entre 5,5 a 26,6 g. Segundo o autor, nas temperaturas de 20 e 25°C foram recomendadas as concentrações de 200 e 100 mg L⁻¹, respectivamente, para a perda total do equilíbrio (Fase IV). As temperaturas de 22 à 31°C, utilizadas neste estudo, afetaram os tempos de indução e recuperação dos juvenis de curimba expostos a concentrações variando de 30 a 80 mg de benzocaína L⁻¹. No entanto, na temperatura 25°C, em que Parma de Croux (1990) recomendou 100 mg L⁻¹, o presente estudo indicou que a

concentração de 50 mg L⁻¹ foi suficiente para induzir os juvenis a anestesia profunda. Ou seja, o mesmo efeito obtido por Parma de Croux (1990) em juvenis de curimatã com 100 mg de benzocaína L⁻¹ foi alcançado no presente trabalho com a metade, ou seja 50 mg L⁻¹. De acordo com Rocha et al. (2012) a condição que o peixe apresenta durante o experimento é um fator a ser considerado, pois animais debilitados tendem a reagir com maior intensidade aos anestésicos. Tal afirmativa não foi verificada no presente trabalho, pois os animais foram bem nutridos e não apresentavam nenhum dano aparente.

Ressalta-se ainda a importância dos testes com temperaturas superiores às utilizadas por Parma de Croux (1990) para o curimba, como 28 e 31°C, pois a espécie é de clima tropical e utilizada na aquicultura em regiões de inverno relativamente rigorosas, *i.e.* região sul e sudeste, e em regiões em que a temperatura é elevada o ano todo, como o Norte e Nordeste. Os resultados apresentados nesse estudo irão contribuir com a formação do pacote tecnológico de produção da espécie, haja vista a importância da anestesia durante os manejos de rotina, como a biometria, classificação e reprodução.

Conclusão

A benzocaína é um anestésico eficiente e indicado para ser utilizado em juvenis de curimba. A temperatura apresenta efeito direto nos tempos de indução e recuperação de juvenis da espécie, sendo que as maiores temperaturas, 25, 28 e 31°C, levam a uma rápida indução e recuperação. Para a anestesia profunda, recomenda-se a concentração de 50 mg de benzocaína L⁻¹ nas temperaturas de 25, 28 e 31°C e 60 mg L⁻¹ na temperatura de 22°C. A indução a anestesia cirúrgica pode ser realizada com a concentração de 50 mg L⁻¹ nas quatro temperaturas.

Agradecimentos

A Universidade Federal Rural da Amazônia ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, a Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior e a FAPERJ pelo auxílio financeiro para a realização do Mestrado. A Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ) pelo espaço cedido para o desenvolvimento da pesquisa e a todos os funcionários.

Referência

ANTUNES, M. I. P. P.; SPURIO, R. S.; GODOI, D. A.; GRUMADAS, C. E. S.; ROCHA, M. A. Cloridrato de benzocaína na anestesia de carpas (*Cyprino carpio*). Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n.1, p. 151-156, jan/mar, 2008.

ARANA, L. V. Fundamentos da aquicultura. Florianópolis. UFSC, p. 349, 2004.

AYDIN, I.; AKBULUT, B.; KUCUK, E.; KUMLU, M. Effects of temperature, Fish Size and Dosage of Clove oil on Anaesthesia in Turbot (*Psetta maxima* Linnaeus, 1758). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 15, p. 899-904, 2015.

- BELO, M. A. A.; SOUZA, D. G. F.; FARIA, V. P.; PRADO, E. J. R.; MORAES, F. R.; ONAKAS, E. M. Haematological response of curimbas *Prochilodus lineatus*, naturally infected with *Neoechinorhynchus curemai*. *Journal of Fish Biology*, v. 82, p. 1403-1410, 2013.
- BITTENCOURT, F.; SOUZA, B. E.; BOSCOLO, W. R.; RORATO, R. R.; FEIDEN, A.; NEU, D. H. Benzocaína e eugenol como anestésicos para o quinguio (*Carassius auratus*). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, v. 64, nº 6, p. 1597-1602, 2012.
- BITTENCOURT, F.; SOUZA, B. E.; NEU, D. H.; RORATO, R. R.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Eugenol e benzocaína como anestésicos para juvenis de *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (carpa comum). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 8, p. 163-167, 2013.
- CARNEIRO, P. C. F. Estresse provocado pelo transporte e respostas fisiológicas do matrinxã *Brycon cephalus* (Teleoste: characidae). 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal.
- COYLE, S. D.; DURBOROW, R. M.; TIDWELL, J. H. Anesthetics in Aquaculture SRAC Publication, nº 3900. Southern Regional Aquaculture Center. United States Department of Agriculture, Cooperative state Research, Education, and Extension Service, 2004.
- DIEMER, O.; NEU, D. H.; BITTENCOURT, F.; SIGNOR, A.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Eugenol como anestésico para jundiá (*Rhamdia voulezi*) em diferentes pesos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, nº 4, p. 1495-1500, jul/ago, 2012.
- FABIANI, B. M.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; DIEMER, O.; BITTENCOURT, F.; NEU, D. H. Benzocaine and eugenol as anesthetics for *Brycon hilarii*. *Acta Scientiarum Animal Sciences Maringá*, v. 35, nº 2, p. 113-117, 2013.
- FISHBASE.<<http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?ID=13056&AT=curimat%C3%A3>>. Acessado em 04/11/2015, as 11: 15 horas, 2015.
- GIMBO, R. Y.; SAITA, M. V.; GONÇALVES, A. F. N.; TAKAHASHI, L. S. Diferentes concentrações de benzocaína na indução anestésica do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). *Rev. Bras. Saúde Prod. An*, v. 9, n. 2, p. 350-357, abr/jun, 2008.
- GOMES, L. C.; CHIPARI-GOMES, A. R.; LOPES, N. P.; ROUBACH, R.; ARAUJO-LIMA, A. R. M. Efficacy of Benzocaine as na Anaesthetic in Juvenile Tambaqui, *Colossoma Macropomum*. *Journal of the world Aquaculture Society*, USA, v. 32, n. 4, p. 426-431, 2001.
- GONÇALVES, A. F. N.; TAKAHASHI, L. S.; URBINATI, E. C.; BILLER, J. D.; FERNANDES, J. B. K. Transporte de juvenis de curimatá *Prochilodus lineatus* em diferentes densidades. *Maringá*, v. 32, n. 2, p. 205-211, 2010.

- HIKASA, Y.; TAKASA, K.; OGASAWARA, T.; OGASAWARA, S. Anesthesia and recovery with tricaine methanesulfonate, eugenol and thiopental sodium in the carp, *Cyprinus carpio*. Nippon Juigaku Zasshi, v. 48, p. 341-351, 1986.
- HOSKONEN, P.; PIRHONEN, J. Temperature effects of anaesthesia with clove oil in six temperate-zone fishes. Journal of Fish Biology, v. 64, p. 1136-1142, 2004.
- HOUSTON, A. H.; WOODS, R. J. 1976: Influence of temperature upon tricaine methane sulphonate uptake and induction of anesthesia in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Comp. Biochem. Physiol. 54 C, 1-6.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Prod. Pec. Municipal. Rio de Janeiro, v. 41, p. 1-108, 2013.
- INOUE, L. A. K. A.; HACKBARTH, A.; MORAES, G. Avaliação dos anestésicos 2-phenoxyethanol e benzocaína no manejo do matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869). Biodiversidade Pampeana. PUCRS, Uruguiana, v. 2, p. 10-15, 2004.
- JOBLING, M.; CÓVÉS, D.; DAMSGARD, B.; KRISTIANSEN, H. R.; KOSKELA, J.; PETURSDOTTIR, T. E.; KADRI, S.; GUDMUNDSSON. Techniques for Measuring Feed Intake. In: HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. (Eds), Food Intake in Fish. Blackwell, Oxford, p. 49-87, 2001.
- JÚNIOR, M. B.; DIEMER, O.; NEU, D. H.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Benzocaína e eugenol como anestésico para juvenis de *Pimelodus britskii* (mandi-pintado). Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 9, nº 1, p. 134-138, 2014.
- OHR, E. A. 1976: Tricaine methanesulfonate-I. pH and its effect on anaesthetic potency. Comp. Biochem. Physiol. C. 54, 13-17.
- OKAMURA, D.; ARAÚJO, F. G.; ROSA, P. V.; FREITAS, R. T. F.; MURGAS, L. D. D.; CESAR, M. P. Influência da concentração de benzocaína e do comprimento dos peixes na anestesia e na recuperação de tilápias-do-nilo. R. Bras. Zootec, v. 39, n. 5, p. 971-976, 2010.
- 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 experimente of juvenile winter flounder, *Pleronectes americanus* *Aquaculture*, v. 294, p. 76-70, 2009.
- PARMA DE CROUX, M. J. Benzocaine (Ethyl-p-Aminobenzoate) as na anaesthesia for *Prochilodus lineatus*, Valenciennes (Pisces, Curimatidae). J. Appl. Ichthyol, v. 6, p. 189-192, 1990.
- PEREIRA-DA-SILVA, E. M.; OLIVEIRA, R. H. F.; RIBEIRO, M. A. R.; COPPOLA, M. P. Efeito anestésico do óleo de cravo em alevinos de lambari. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1851-1856, set, 2009.

- ROCHA, M. A.; GRUMADAS, C. E. S.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; LUDOVICO, A.; CONSTANTINO, C. Determinação da dose ótima de cloridrato de benzocaína na anestesia de tilápias (*Oreochromis niloticus*). Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n.6, p. 2403-2410, nov/dez, 2012.
- ROSS, L. G.; BLANCO, J. S.; MARTÍNEZ-PALACIOS, C.; RACOTTA, I.; CUEVAS, M. T. Anaesthesia sedation and transportation of juvenile *Menidia estor* (Jordan) using benzocaine and hypothermia Aquaculture Research, v. 38, p. 909-917, 2007.
- ROSS, L. G.; ROSS, B. Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals. 3rd. Ed, Oxford: Blackwell Scienc, p. 240, 2008.
- ROTILI, D. A.; DEVENS, M. A.; DIEMER, O.; LORENZ, E. K.; LAZZARI, R.; BOSCOLO, W. R. Uso de eugenol como anestésico em pacu. Pesq. Agrop. Trop. Goiânia, v. 42, n. 3, p. 288-294, jul/set, 2012.
- ROUBACH, R.; GOMES, L. C. O uso de anestésicos durante o manejo de peixes. Panorama da Aquicultura, v. 11, n. 66, p. 37-40, 2001.
- SANTOS, S.; GHANAWI, J.; SAOUD, P. Effects of water temperatures and body-weight on anaesthetic efficiency in marbled rabbitfish (*Siganus rivulatus*). Aquaculture research, v. 46, p. 928-936, 2015.
- SOUZA, R. L. M.; VETTORAZZI, M. B.; KOBAYASHI, R. K.; FURTADO NETO, M. A. A. Eugenol como anestésico no manejo de ariacó *Lutjanus synagris* (LINNAEUS, 1758), cultivado. Revista Ciência Agronômica, v. 46, n. 3, p. 532-538, jul-set, 2015.
- SYLVESTER, J. R.; HOLLAND, L. E.; 1982: Influence of temperature, water hardness, and stocking density on MS-222 response in three species of fish. Prog. Fish-Cult, v. 44, p. 138-141.
- ZALH, I. H.; KIESSLING, A.; SAMUELSEN, O. B.; HANSEN, M. K. Anaesthesia of Atlantic cod (*Gadus morhua*)- Effects of pre-anaesthetic sedation, and importance of body weight, temperature and stress. Aquaculture, v. 295, p. 52-59, 2009.

Figura 1. Tempo de recuperação à anestesia cirúrgica (Fase V) nas temperaturas de 22, 25, 28 e 31°C e concentrações de 30, 40, 50, 60, 70 e 80 mg de benzocaína L⁻¹. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

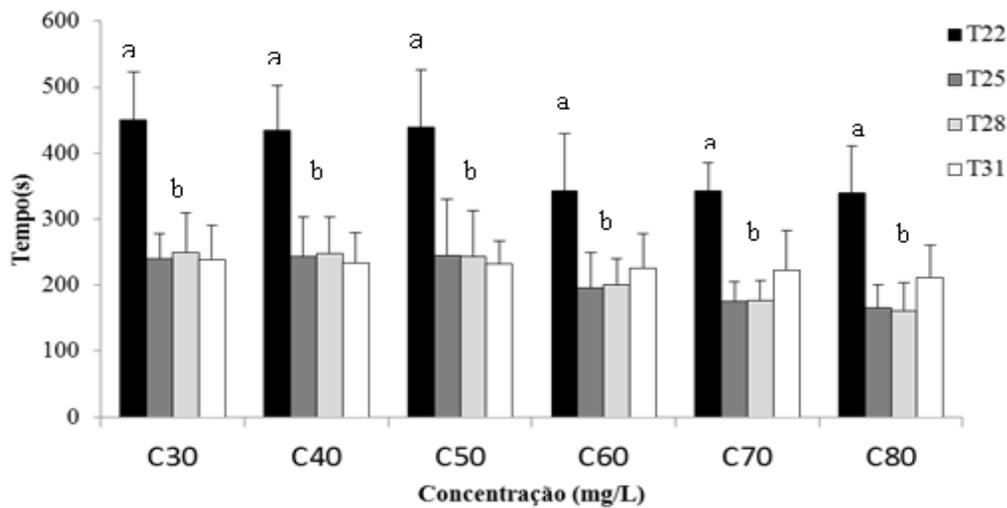


Tabela 1. Variáveis físicas e químicas da água nas unidades experimentais no período de adaptação às temperaturas de 22°C, 25°C, 28°C e 31°C.

Variáveis da água no período experimental					
Unidades	T°C	O.D mg L ⁻¹	pH	Condutividade μS.cm ⁻¹	Amônia total (NH ₃ mg. L ⁻¹)
T22°C	22,0 ± 0,7	9,8 ± 1,5	6,63 ± 0,1	0,3 ± 0,5	0,21 ± 0,0
T25°C	25,0 ± 0,4	7,58 ± 1,4	6,63 ± 0,1	0,3 ± 0,4	1,48 ± 0,1
T28°C	28,8 ± 0,6	6,05 ± 1,4	6,57 ± 0,1	0,3 ± 0,5	1,29 ± 0,1
T31°C	31,2 ± 1,2	5,67 ± 1,5	6,61 ± 0,1	0,3 ± 0,5	2,57 ± 0,3

Tabela 2. Desdobramento da interação concentração de benzocaína (30, 40, 50, 60, 70 e 80 mg L⁻¹) x temperatura (22, 25, 28 e 31°C) nos tempos de indução a anestesia profunda (Fase IV).

Temperatura	Concentrações (mg L ⁻¹)					
	30	40	50	60	70	80
22°C	1037 ± 254Aa	379 ± 93Ba	193 ± 49Ca	151 ± 81Ca	112 ± 35CDa	81 ± 17Da
25°C	826 ± 224Aa	384 ± 91Ba	142 ± 47Cab	81 ± 20CDb	80 ± 13CDb	73 ± 20Dab
28°C	606 ± 156Aab	279 ± 61Bb	137 ± 39Cb	76 ± 17CDb	75 ± 8CDb	61 ± 6Db
31°C	522 ± 179Ab	270 ± 01Bb	135 ± 41Cb	75 ± 17CDb	73 ± 15CDb	59 ± 17Db

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). Fase 4 – perda total de equilíbrio e batimento opercular lento.

Tabela 3. Desdobramento da interação concentração de benzocaína (30, 40, 50, 60, 70 e 80 mg L⁻¹) x temperatura (22, 25, 28 e 31°C) nos tempos de indução a anestesia cirurgica (Fase V).

Temperatura	Concentrações (mg L ⁻¹)					
	30	40	50	60	70	80
22°C	1261 ± 281Aa	423 ± 93Ba	308 ± 75CDa	198 ± 51DEa	141 ± 40Ea	112 ± 31Ea
25°C	1209 ± 230Aa	414 ± 106Ba	307 ± 79Ca	183 ± 19Da	142 ± 42DEa	108 ± 56Ea
28°C	822 ± 176Ab	400 ± 80Bab	296 ± 103Ca	175 ± 31CDa	141 ± 46Da	102 ± 28Da
31°C	746 ± 188Ab	387 ± 83Bb	276 ± 98Ca	167 ± 54Da	120 ± 30Da	94 ± 32Da

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). Fase 5: Ausência total de reação, movimentos operculares lentos e irregulares e perda total de todos os reflexos.

Tabela 4. Mortalidade verificada em juvenis de curimba nas temperaturas de 22, 25, 28 e 31°C, após 96 horas do procedimento de anestesia.

Temperatura	Concentração (mg L ⁻¹)					
	30	40	50	60	70	80
22°C	-	-	-	-	-	-
25°C	10%	-	-	10%	-	10%
28°C	10%	10%	10%	10%	20%	10%
31°C	-	10%	-	10%	10%	20%

"-" indica não mortalidade

Mentol e eugenol como anestésicos para juvenis de curimba (*Prochilodus lineatus*, Valenciennes, 1836)**Menthol and eugenol as anesthetic for curimba (*Prochilodus lineatus* juveniles, Valenciennes, 1836)****Resumo**

O curimba é uma espécie detritívora sensível as modificações ambientais em seu ambiente natural e mais ainda em sistemas de criação, necessitando de manejos adequados para garantir a sobrevivência dos exemplares cultivados. O uso de anestésicos na piscicultura contribui para amenizar o sofrimento de peixes quando excessivamente manipulados. O objetivo do presente estudo foi testar o mentol e eugenol como anestésico para juvenis de curimba. Juvenis, com peso médio entre 6 e 7 g, foram submetidos a anestesia profunda em sete concentrações de mentol (20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 mg L⁻¹) e seis de eugenol (20, 30, 40, 50, 60, 70 mg L⁻¹). As concentrações de 60 a 80 mg de mentol L⁻¹ proporcionaram os menores tempos de indução aos juvenis de curimba. Na recuperação, o aumento das concentrações de mentol levou a uma diminuição no tempo de recuperação. As concentrações entre 50 e 70 mg de eugenol L⁻¹ proporcionaram os menores tempos de indução à anestesia. As concentrações de eugenol não influenciaram nos tempos de recuperação dos peixes. Para ambos os anestésicos, o tempo de retorno do apetite ocorreu em 24h, e após 96 h do processo de anestesia, a sobrevivência foi superior a 80%. Nas condições experimentais deste trabalho, pode-se considerar que o eugenol e o mentol são anestésicos indicados para juvenis de *Prochilodus lineatus* nas concentrações de 50 e 60 mg L⁻¹, respectivamente, para a anestesia profunda.

Palavras-chave: anestesia, manejo, piscicultura.

Abstract

Curimba is a detritivore species susceptible to environment modification in natural stock and aquaculture system, requiring adequate management to avoid mortality. Anesthetics in aquaculture contributes to decrease the animal stress during manipulation. This study aimed to evaluate the mentol e eugenol as anesthetics for curimba juveniles. Fish weighting among 6 and 7 g were submitted to seven concentrations of mentol (20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 mg L⁻¹) and six of engenol (20, 30, 40, 50, 60, 70 mg L⁻¹). The concentrations among 60 to 80 mg of menthol L⁻¹ provided the lowest time for fish anesthesia. Increased concentrations of menthol induced to a decreasing at time of recuperation. The concentrations among 50 to 70 mg of eugenol L⁻¹ provided the lowest time for fish anesthesia. There were no effect of eugenol concentration in time for fish recuperation. For both anesthetics, the return time of appetite occurred in 24h and after 96h of anesthesia the survival was upper to 80%. In such conditions we can considered the menthol and eugenol as adequate anesthetics for curimba juvenile at concentrations of 60 and 50 mg L⁻¹, respectively.

Key words: anesthesia, management, pisciculture.

Introdução

A espécie *Prochilodus lineatus* é nativo da América do Sul e apresenta grande importância social, ecológica e econômica (JORGE et al., 2011). É uma espécie apreciada na culinária nacional e sua comercialização tem sido promissora sobretudo no Nordeste do Brasil (MURGAS et al., 2007). O curimba, também é popularmente conhecido como curimatã, curimatá, curimatã-pacu e curimbatã, sendo peixe de piracema, que atinge tamanhos de 27 a 44 cm, com hábito alimentar detritívoro (GONÇALVES et al., 2010). A espécie tem potencial para o policultivo e excelente desempenho zootécnico, sendo de hábito alimentar iliófago/detritívoro aceitando bem dietas formuladas (GRAEFF e TOMASELLI, 2011). O hábito alimentar da espécie indica também a possibilidade de se trabalhar formulações menos densas nutricionalmente.

A produção intensiva de peixes implica em sistemas concebidos para produzir o máximo ao menor custo; contudo, atualmente é cada vez mais reconhecido que a alta produtividade deve ser compatibilizada com boas práticas nos cuidados prestados aos animais (OLIVEIRA e GALHARDO, 2007). Durante o processo produtivo em cativeiro, práticas de manejo são necessárias para o monitoramento do crescimento e do estado geral da sanidade dos animais (INOUE et al., 2011). Sabe-se que alguns acidentes podem ocorrer se o peixe não estiver eficientemente imobilizado durante a realização de procedimentos rotineiros (biometria, injeções, coleta de materiais para análises, marcações) ou até mesmo cirurgias (BORIN et al., 2010). No Brasil a anestesia vêm sendo utilizada para diversas espécies de peixes, procedimento que visa minimizar o estresse e, conseqüentemente, diminuir o sofrimento dos animais (BERTOZI JUNIOR et al., 2014).

O eugenol e o mentol estão entre os principais anestésicos naturais utilizados na aquicultura. O mentol é um óleo essencial extraído de plantas do gênero *Mentha* (PATEL et al., 2007). Segundo Façanha e Gomes (2005) uma vantagem do uso do mentol como anestésico para peixes é que este é utilizado em farmácias de manipulação, sendo facilmente encontrado no mercado local a baixo custo. O óleo de cravo ou eugenol é um produto natural, obtido a partir da destilação do extrato de partes da planta do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata*) folha, caules e raízes (INOUE e MORAES, 2007). Para Roubach et al. (2005) o uso de eugenol na aquicultura surgiu da necessidade de se encontrar novas substâncias eficazes, seguras e de baixo custo.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia do mentol e eugenol na anestesia de juvenis de curimba.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida durante os meses de abril a julho de 2015, na Unidade Didática de Piscicultura de Cordeiro - UDPC, localizada no município de Cordeiro no estado do Rio de Janeiro. A estação pertence a Fundação Instituto de Pesca do Rio de Janeiro (FIPERJ).

Foram utilizados 120 juvenis, sendo que 60 para a indução por mentol e apresentaram peso médio de $7,3 \pm 1,1$ g e comprimento total médio de $8,7 \pm 0,8$ cm, e os outros 60 foram induzidos à anestesia por eugenol e apresentaram peso médio de $6,6 \pm 0,5$ g e comprimento total de $8,8 \pm 0,3$ cm. As variáveis físicas e químicas da água, como a temperatura, oxigênio dissolvido e saturado, pH, amônia, condutividade e sólidos totais dissolvidos foram aferidos por meio de fotômetro Hanna modelo HI83203-01, medidor de oxigênio Hanna modelo HI9146-04 e multiparâmetro Combo Hanna HI98130 (Tabela 1). A oxigenação das unidades experimentais foi realizada por meio de compressores de ar acoplados a mangueiras e pedras porosas. Para manutenção da temperatura foi utilizado termostatos de 110 e 220 volts auto regulável (Hopar® 300w).

Os juvenis de curimba foram aclimatados por um período de 30 dias em sistema de recirculação, em caixas d'água com 120 litros do volume útil. Durante o período de aclimação os animais foram alimentados três vezes ao dia, as 8, 12 e 17 horas, com dieta formulada contendo 40% de proteína bruta, 350 mg/kg de vitamina C, 8% de extrato etéreo e 10% de umidade (níveis e garantia disponibilizados pelo fabricante). Como prática de manejo as unidades experimentais foram sifonadas antes da primeira e após a última alimentação para retirada das excretas e resíduos alimentares.

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em que os tratamentos foram as concentrações de mentol (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg L⁻¹) e eugenol (20, 30, 40, 50, 60 e 70 mg L⁻¹). Em cada tratamento foram utilizados dez peixes escolhidos de forma aleatória e expostos de forma individual as concentrações dos anestésicos. O eugenol (Escamaforte®) e o mentol (CRQ-1006310100) foram primeiramente diluídos (1:10) em etanol 98,8%, de forma a reduzir o seu caráter hidrofóbico. A solução estoque alcoólica obtida (10 mg mL⁻¹) foi então diluída em 2000 mL de água contidos em uma unidade de anestesia (béquer de dois litros de volume útil), em quantidades necessárias para obtenção das concentrações mencionadas. Também foi realizado um teste apenas com a quantidade de álcool utilizada na diluição dos anestésicos para avaliar o seu efeito nos juvenis de curimba. Nesse caso, não foram encontradas alterações nos juvenis relativas ao uso do álcool na diluição dos produtos.

No dia anterior ao procedimento de anestesia, foram selecionados aleatoriamente os animais e interrompida a sua alimentação por um período de vinte e quatro horas para esvaziamento do trato intestinal. Para o teste de indução e recuperação a anestesia foi capturado aleatoriamente um peixe de cada vez e, transportado para um béquer de 2 litros com a dose do anestésico a ser testada.

As características comportamentais de indução à anestesia utilizadas nesse estudo seguiram as recomendações de Ross e Ross (2008), sendo as seguintes: I Sedação leve: Reativos a estímulos externos; movimentos reduzidos; batimentos operculares mais lentos; II Sedação profunda: perda total da reatividade aos estímulos externos, exceto forte pressão; equilíbrio normal; III Narcose: perda parcial do tônus muscular; natação errática, aumento dos movimentos operculares; IV Anestesia profunda: perda total do tônus muscular; perda total do equilíbrio; batimento opercular lento, porém regular e não reativo a estímulos externos. A não reação a estímulos foi verificada a partir do toque nas laterais do peixe com o auxílio de um bastão de vidro. Quando os indivíduos atingiram o quarto estágio de anestesia foi realizado a biometria dos

animais, com a pesagem (balança Shimatzu modelo BL320H) e a medição (comprimento total por meio de régua) dos mesmos para simular as condições reais de manipulação em piscicultura.

Para avaliar os estágios de recuperação à anestesia foram adotados os critérios de Hikasa et al. (1986). I: retorno parcial do equilíbrio e da capacidade de nado; II: recuperação total do equilíbrio; III: nado e reação a estímulos ainda vacilantes e IV: total recuperação do equilíbrio e capacidade normal de nado.

Logo após a simulação do manejo de biometria, os juvenis de curimba foram estocados em béquer de 2 litros sem anestésico para a avaliação de recuperação à anestesia. Os juvenis foram considerados recuperados quando a sua resposta comportamental atingiu o quarto estágio, caracterizado por total recuperação do equilíbrio e da capacidade normal de nado. Após a recuperação, os peixes foram transferidos para novas unidades experimentais (100L de volume útil), etiquetadas com as suas respectivas concentrações e aeradas com pedras porosas acopladas a compressores de ar. Os peixes foram alimentados com a mesma dieta formulada utilizada no período de aclimatação e ficaram em observação durante um período de 96 horas para avaliar a mortalidade e o tempo de retorno do apetite.

Durante o procedimento de indução e recuperação a anestesia, a cada dois animais anestesiados foi realizado aleatoriamente o monitoramento da qualidade da água, assim como a renovação da água do recipiente de anestesia com a mesma concentração do anestésico a ser testado e temperatura. Para anestesia e recuperação dos peixes, o tempo em segundos foi monitorado por meio de cronômetro digital.

As análises estatísticas de variância ANOVA e teste de Tukey para comparação das médias foram realizadas no programa estatístico Statistical Analysis System-SAS, versão 8.0. Todas as análises foram submetidas a avaliação da normalidade dos erros (Cramer-von Mises) e da homocedasticidade das variâncias (Levene's). Os dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$ para a análise estatística. Os resultados de tempo de indução e recuperação foram analisados por regressão não linear para a função com melhor ajuste dos dados.

Resultados e Discussão

As variáveis físicas e químicas da água nas unidades experimentais durante a indução e recuperação à anestesia de juvenis de curimba submetidos as concentrações de mentol e eugenol encontram-se na Tabela 1. As concentrações de mentol e eugenol foram eficientes para promover a indução a fase de anestesia profunda (Fase IV) em juvenis de curimba. A medida que as concentrações aumentaram houve uma diminuição ($P < 0,05$) no tempo de indução e recuperação. As concentrações testadas nesse estudo se enquadram nas sugestões de Roubach e Gomes (2001), que consideraram como um bom anestésico aquele que induz a anestesia profunda entre 1 a 3 minutos, e para avaliações de sanidade e intervenções cirúrgicas o estágio deve ser alcançado entre 3 a 5 minutos, devendo a recuperação ocorrer em até 5 minutos.

O mentol e o eugenol são anestésicos naturais que vem apresentado resultados satisfatórios na anestesia de peixes. Especificamente com relação ao mentol, pode-se citar a anestesia do cachara

Pseudoplatystoma reticulatum, com a concentração de 150 mg de mentol L⁻¹ (SANCHEZ et al.,2014), do lambari *Astyanax altiparanae*, com 50 mg L⁻¹ (PEREIRA-DA-SILVA et al., 2014), do dourado *Salminus brasiliensis*, com 60 mg L⁻¹ (PÁDUA et al.,2010), da tilápia *Oreochromis niloticus*, de 150 a 200 mg L⁻¹ (SIMÕES E GOMES, 2009) e do pacu *Piaractus mesopotamicus*, com 100 mg L⁻¹ (GONÇALVES et al., 2008). Com relação ao eugenol verificou-se resultados positivos com o jundiá *Rhamdia voulezi*, na concentração de 50 mg L⁻¹ (DIEMER et al., 2012), ariacó *Lutjanus synagris*, 50 mg L⁻¹ (SOUZA et al., 2015), pacu *Piaractus mesopotamicus*, com 50 mg L⁻¹ (GONÇALVES et al., 2008), mandi-pintado *Pimelodus britskii*, com 70 mg L⁻¹ (BERTOZI JÚNIOR et al., 2014), tilápia *Oreochromis niloticus*, com 60 mg L⁻¹ (MEDEIROS-SILVA et al., 2014), lambari *Astyanax altiparanae*, com 50 mg L⁻¹ (PEREIRA-DA-SILVA, et al., 2009) e matrinxã *Brycon cephalus*, com 50 mg L⁻¹ (VIDAL et al., 2007).

No presente estudo, a concentração de 20 mg de mentol L⁻¹ levou mais de 30 minutos para que os animais atingissem o primeiro estágio de anestesia. Dessa forma, optou-se por retirar essa concentração da análise estatística. O maior tempo de indução (P<0,05) foi verificado na menor concentração (30 mg L⁻¹), enquanto os menores tempos (P<0,05) foram observados nas concentrações de (60 a 80 mg L⁻¹) (Tabela 2). Os animais submetidos a anestesia apresentaram tempo de recuperação inversamente proporcional as concentrações de mentol, verificando-se que a medida que as concentrações aumentaram o tempo de recuperação diminuiu (P<0,05). O maior tempo de recuperação (P<0,05) foi encontrado na concentração de 30 mg L⁻¹ e o menor (P<0,05) na concentração de 80 mg L⁻¹. As equações que melhor representam os tempos de indução e recuperação em relação as concentrações foram $y = 0,1276x^2 - 23,783x + 1179,2$ (R² = 0,95) e $y = 0,0019x^2 - 1,4022x + 150,61$ (R² = 0,87), respectivamente.

Os resultados demonstraram que o aumento das concentrações de mentol levaram a uma diminuição do tempo de anestesia. Resposta similar foi encontrada por Pádua et al. (2010) ao anestesiarem juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*), no qual o maior tempo de indução anestésica foi observado na menor concentração de mentol, 60 mg L⁻¹, e o menor tempo foi verificado na maior concentração (150 mg L⁻¹). Esse comportamento também foi observado em juvenis de curimba, sendo que nas concentrações acima de 60 mg de mentol L⁻¹ não foram observadas diferenças nos tempos de indução.

A concentração indicada de mentol para a anestesia de curimba, com base nas condições experimentais deste trabalho foi de 60 mg L⁻¹. Façanha e Gomes (2005) observaram que a concentração de 150 mg de mentol L⁻¹ é a mais indicada para anestesia cirúrgica do tambaqui, enquanto doses menores, 100 mg L⁻¹, podem ser usadas com a finalidade de biometria. Pereira-da-Silva et al. (2014) trabalhando com juvenis de lambari obtiveram bons resultados com a concentração de 50 mg L⁻¹ de mentol, em que os animais apresentaram tempo de indução de um minuto e recuperaram em 3,03 minutos. A concentração sugerida para o *P. lineatus*, 60 mg L⁻¹, mostrou que os animais podem atingir a anestesia profunda em até 3 minutos e conseguem se recuperar com 5,53 minutos após terem sido induzidos.

Gonçalves et al. (2008) indicaram que a melhor concentração de mentol para a anestesia de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) foi de 100 mg L⁻¹. Embora não tenham verificado diferenças significativas para o

tempo de recuperação, os autores perceberam que na concentração de 200 mg de mentol L⁻¹ a recuperação foi mais rápida (1,32 minutos). Para o robalo peva (*Centropomus parallelus*), Souza et al. (2012) indicaram que a concentração de 150 mg L⁻¹ de mentol possibilitou aos juvenis atingirem o estágio IV de anestesia (perda total de reação ao estímulo) mais rapidamente. Ainda segundo os autores durante a fase de recuperação não foi verificada diferenças significativas, com tempo médio de recuperação de 3 minutos nas concentrações de 50 a 150 mg L⁻¹.

Para fins de biometria de juvenis de tilápia com 63,3 g, Mello et al. (2012) recomendaram a concentração de 125 mg L⁻¹ de mentol. Segundo os autores, o tempo de recuperação foi decrescente com o aumento das concentrações, variando de 150 a 120 s com 100 a 150 mg de mentol L⁻¹, respectivamente. Para anestesia profunda de juvenis de tilápia de 1,2 g Teixeira et al. (2011) recomendaram a concentração de 60 mg L⁻¹ de mentol, enquanto que para juvenis de 28,3 g e adultos de 660 g as doses recomendadas pelos autores foram de 180 e 240 mg L⁻¹, respectivamente. O tempo de recuperação para as concentrações ficou em torno de 6 min. O intervalo de recuperação dos juvenis de *P. lineatus* ficou na faixa recomendada por Marking e Meyer (1985), que é de até 10 minutos.

O eugenol foi eficiente para anestésiar juvenis de curimba com as concentrações apresentando diferenças estatísticas nos tempos para induzir os animais a fase de anestesia profunda (Tabela 3). O maior tempo ($P < 0,05$) de indução foi diagnosticado na menor concentração, 20 mg de eugenol L⁻¹, enquanto o menor tempo ($P < 0,05$) foi encontrado na concentração de 70 mg de eugenol L⁻¹. Em relação ao período de recuperação, não foi visualizada diferença ($P > 0,05$) para nenhuma concentração testada. A equação que melhor representa os tempos de indução em relação as concentrações foi $y = 0,6237x^2 - 71,277x + 2074,5$ ($R^2 = 0,96$).

O eugenol proporcionou diminuição no tempo de indução à anestesia de juvenis de curimba, a medida que as concentrações aumentaram ($P < 0,05$). Já o tempo de recuperação dos peixes não apresentou alterações com o aumento das concentrações de eugenol. A concentração indicada por este trabalho para a indução anestésica de juvenis de curimba de 7 g foi de 50 mg de eugenol L⁻¹. Esse valor é semelhante ao sugerido por Diemer et al. (2012) para juvenis de jundiá (*Rhamdia voulezi*), com peso variando de 32 a 450 g. Os autores observaram que a anestesia proporcionada pelo eugenol facilitou o manejo dos peixes, além de não apresentar efeitos adversos aparente à saúde dos animais. No entanto, diferentemente dos juvenis de curimba, o jundiá apresentou um maior tempo de recuperação com o aumento das concentrações.

A dosagem de 50 mg de eugenol L⁻¹ também foi sugerida por Souza et al. (2015) para anestesia de juvenis e adultos de ariário (*Lutjanus synagris*). Semelhante aos resultados obtidos para o curimba, o aumento nas concentrações de eugenol proporcionou menor tempo na anestesia para o ariário e os tempos de recuperação não diferiram estatisticamente. Moreira et al. (2010) recomendaram para anestesia de adultos de tilápia a concentração de 120 mg de eugenol L⁻¹, porém, o menor tempo de recuperação foi verificado na concentração de 240 mg L⁻¹. Bittencourt et al. (2013) consideraram que o eugenol é tóxico em altas concentrações, e recomendaram para anestesia de juvenis de carpa de 1,9 g a concentração de 37,5 mg L⁻¹

como a ideal para a espécie. Quanto a recuperação, o tempo foi independente das concentrações anestésicas, não havendo diferenças significativas.

Em todos os tratamentos os juvenis de curimba apresentaram retorno do apetite 24 horas após os testes de anestesia. Depois de 96 horas de acompanhamento após a recuperação anestésica foi verificado para o mentol 10% de mortalidade nas concentrações de 30, 50 e 60 mg L⁻¹ e 20% de mortalidade na concentração de 80 mg L⁻¹. Gonçalves et al. (2008) não verificaram mortalidade para juvenis de pacu anestesiados com 100 mg de mentol L⁻¹, e sugeriram que o anestésico apresenta margem de segurança para ser utilizado em procedimentos de anestesia de peixes. Corroborando com Façanha e Gomes (2005) que também não verificaram mortalidade em juvenis de tambaqui anestesiados com mentol nas concentrações de 100 a 150 mg de mentol L⁻¹. A baixa mortalidade apresentada pelos juvenis de curimba, após a exposição ao anestésico mentol, mostra que o mesmo pode ser utilizado para procedimento de anestesia em juvenis da espécie. Essa característica é corroborada por uma série de estudos que mostraram a eficiência do mentol para outras espécies, que também apresentaram baixa mortalidade após a exposição ao anestésico (PÁDUA et al., 2010; SANCHEZ et al., 2014; SOUZA et al., 2012; FAÇANHA e GOMES, 2005; TEIXEIRA et al., 2011).

Para o eugenol foi observado 10% de mortalidade nas concentrações de 20, 40 e 70 mg L⁻¹ e 20% de mortalidade na concentração de 50 e 60 mg L⁻¹. Elevada mortalidade (100%) foi encontrada por Vidal et al. (2008) ao submeterem juvenis de tilápia de 5 g a concentração de 286,55 mg de óleo de cravo L⁻¹ a 10 min de anestesia. As concentrações de 87,5 e 75,0 mg L⁻¹ causaram a mortalidade de 25 e 12,5%, respectivamente, em juvenis de *Cyprinus carpio* (BITTENCOURT et al., 2013). Em concentrações de até 60 mg L⁻¹ de eugenol Barbosa et al. (2007) não encontraram mortalidade para juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*), apesar de os valores plasmáticos de glicose, lactato e amônia terem apresentados elevações em resposta ao manuseio imposto aos peixes para realização dos banhos anestésicos. Semelhante resposta foi relatada por Simões et al. (2012) ao submeterem juvenis de tilápia a concentração de 250 mg L⁻¹ de óleo de cravo durante 10 min. Os autores não encontraram mortalidade verificando-se apenas alterações nos níveis de glicose e hematócritos.

Após 96 horas de acompanhamento após a recuperação anestésica, Diemer et al. (2012) não verificaram mortalidade para juvenis de jundiá anestesiados com concentrações de eugenol variando de 50 a 125 mg L⁻¹. Em metodologia semelhante a do presente trabalho, Pereira-da-Silva et al. (2009) encontraram taxas de mortalidade de 15% para juvenis de lambari expostos a concentração de 150 mg L⁻¹.

Conclusão

O mentol e o eugenol foram eficientes para induzir juvenis de curimba aos estágios de anestesia profunda. Para as condições experimentais do presente trabalho, as concentrações indicadas de mentol e eugenol para a anestesia segura de juvenis de curimba, com peso médio entre 6 e 7 g, são de 60 e 50 mg L⁻¹, respectivamente.

Agradecimentos

A Universidade Federal Rural da Amazônia ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, a Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior e a FAPERJ pelo auxílio financeiro para a realização do Mestrado. A Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ) pelo espaço cedido para o desenvolvimento da pesquisa e a todos os funcionários.

Referências

BARBOSA, L. G.; MORAES, G.; INOUE, L. A. K. A. Resposta metabólicas do matrinxã submetido a banhos anestésicos de eugenol. Maringá, v. 29, n.3, p. 255-260, 2007.

BERTOZI JUNIOR, M.; DIEMER, O.; NEU, D. H.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Benzocaína e eugenol como anestésicos para juvenis de *Pimelodus britskii* (mandi-pintado). Rev. Bras. Ciênc. Agrár. Recife, v.9, n.1, p. 134-138, 2014.

BITTENCOURT, F.; SOUZA, B. E.; NEU, D. H.; RORATO, R. R.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Eugenol e benzocaína como anestésico para juvenis de *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (Carpa comum). Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.8, n. 1, p. 163-167, 2013.

BORIN, S.; CRIVELENTI, L. Z.; LIMA, C. A. P. Uso intramuscular da associação de tiletamina e zolazepam na anestesia de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Ci.Anim. Bras., Goiânia, v. 11, n. 2, p. 429-435, abr/jun, 2010.

DIEMER, O.; NEU, D. H.; BITTENCOURT, F.; SIGNOR, A.; BOSCOLO, W. R, FEIDEN, A. Eugenol como anestésico para jundiá (*Rhamdia voulezi*) em diferentes pesos. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1495-1500, jul./ago, 2012.

FAÇANHA, M. F.; GOMES, L. C. A eficácia do mentol como anestésico para tambaqui (*Colossoma macropomum*), Characiformes: Characidae). Acta Amazonica, vol. 35, n. 1, p. 71-75, 2005.

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. Maringá, v. 30, n. 3, p. 339-344, 2008.

GONÇALVES, A. F. N.; TAKAHASHI, L. S.; URBINATI, E. C.; BILLER, J. D.; FERNANDES, J. B. K. Transporte de juvenis de curimatá *Prochilodus lineatus* em diferentes densidades. Maringá, v. 32, n.2, p. 205-211, 2010.

GRAEFF, A.; TOMASELLI, A. Policultivo de carpas com introdução crescente do curimatã (*Prochilodus scropha*) como espécie principal (Polyculture of carp with the increasing introduction Curimatã (*Prochilodus scropha*) as major species. REDVET Rev. Eletron. Vet, v. 12, n. 10, 2011.

- HIKASA, Y.; TAKASA, K.; OGASAWARA, T.; OGASAWARA, S. Anesthesia and recovery with tricaine methanesulfonate, eugenol and thiopental sodium in the cap, *Cyprinus carpio*. Nippon Juigaku Zasshi, v. 48, p. 341-351, 1986.
- INOUE, L. A. K. A. Moraes, G. Óleo de cravo: Um anestésico Alternativo para o Manejo de Peixes. Embrapa Amazônia Ocidental Manaus-AM, 2007.
- 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, n.2, p. 327-332, 2011.
- JORGE, L. C.; SANCHEZ, S.; FILHO, O. M. Chromosomal Characterization of *Prochilodus lineatus* from Paraná River, Corrientes, argentina. I. B Chromosomes and NOR Banding. Cytologia, v. 76, n.2, p. 219-222, 2011.
- MARKING, L. L.; MEYER, F. P. Are better fish anesthetics needed in fisheries?. Fisheries, Bethesda, v. 10, n.6, p.2-5, 1985.
- MEDEIROS-SILVA, R. M.; LIMA, E. L. R.; SANTOS NETO, M. A.; ANDRADE, H. A. Eugenol na anestesia de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Agrarian, v. 7, n. 26, p. 590-597, 2014.
- MELLO, R. A.; COSTA, L. S.; OKAMURA, D.; ARAÚJO, F. G.; RIBEIRO, P. A. P.; CORRÊA, F. M.; ROSA, P. V. Avaliação de 2-fenoxietanol e Mentol como agentes anestésicos em tilápias. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 53-59, 2012.
- MOREIRA, A. G. L.; TEIXEIRA, E. G.; CARREIRO, C. R. P.; MOREIRA, R. L. Eficácia do eugenol extraído da planta *Eugenia aromática* como anestésico para realização de biometrias em adultos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Maringá, v. 32, n. 4, p. 419-423, 2010.
- MURGAS, L. D. S.; MILIORINI, A. B.; FREITAS, R. T. F.; PEREIRA, G. J. M. Criopreservação do sêmen de curimba (*Prochilodus lineatus*) mediante adição de diferentes diluidores, ativadores e crioprotetores. R. Bras. Zootec, v. 36, n.3, p. 526-531, 2007.
- OLIVEIRA, R. F.; GALHARDO, L. Sobre a aplicação do conceito de bem estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. R. Bras. Zootec, v. 36, suplemento especial, p.77-86, 2007.
- PÁDUA, S. B.; PIETRO, P. S.; Iglecias-Filho, P. S.; Ishikawa, M. M.; Hisano, H. Mentol como anestésico para dourado (*Salminus brasiliensis*). Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v. 36, n.2, p. 143-148, 2010.
- PATEL, T.; ISHIUJI, Y.; YOSIPOVITCH, G. Methol: A refreshing look this ancient compound. American Academy of Dermatology, v. 57, p. 873-878, 2007.

- PEREIRA-DA-SILVA, E. M.; OLIVEIRA, R. H. F.; NERO, B. D. Menthol as anaesthetic for lambari *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski 2000): attenuation of stress responses Aquaculture Research, p. 1-8, 2014.
- PEREIRA-DA-SILVA, E. M.; OLIVEIRA, R. H. F.; RIBEIRO, M. A. R.; COPPOLA, M. P. Efeito anestésico do óleo de cravo em alevinos de lambari. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n.6, p. 1851-1856, set, 2009.
- ROSS, L. G.; ROSS, B. Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals. 3rd. Ed, Oxford: Blackwell Scienc, p. 240, 2008.
- ROUBACH, R.; GOMES, L. C. O uso de anestésicos durante o manejo de peixes. Panorama da Aquicultura, v.11, n. 66, p. 37-40, 2001.
- ROUBACH, R.; GOMES, L. C.; FONSECA, F. A. L.; Val, A. L. Eugenol as an efficacious anaesthetic for tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). Aquaculture Research, v. 36, p. 1056-1061, 2005.
- SANCHEZ, M. S. S.; RODRIGUES, R. A.; NUNES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. S.; FANTINI, L. E.; CAMPOS, C. M. Respostas fisiológicas de cacharas *Pseudoplatystoma reticulatum* submetidos a anestésicos naturais. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 2, p. 1061-1070, mar/abr, 2014.
- SIMÕES, L. N.; GOMES, L. C. Eficácia do mentol como anestésico para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Arq. Bras. Med. Vet. Zoot, v. 61, n.3, p. 613-620, 2009.
- SIMÕES, L. N.; GOMIDE, A. T. M.; ALMEIDA-VAL, V. M. F.; VAL, A. L.; GOMES, L. C. O uso do óleo de cravo como anestésico em juvenis avançados de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Maringá, v. 34, n. 2, p. 175-181, Apr-June, 2012.
- 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 anestésico para juvenis de robalo peva. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 247-255, 2012.
- SOUZA, R. L. M.; VETTORAZZI, M. B.; KOBAYASHI, R. K.; FURTADO NETO, M. A. A. Eugenol como anestésico no manejo de ariacó, *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758), cultivado. Revista Agronômica, v. 46, n. 3, p. 532-538, jul-set, 2015.
- TEIXEIRA, E. G.; MOREIRA, A. G. L.; MOREIRA, R. L.; LIMA, F. R. S. Mentol como anestésico para diferentes classes de tamanho de tilápias do Nilo. Archives of Veterinary Science, v. 16, n. 2, p. 75-83, 2011.
- VIDAL, L. V. O.; ALBINATI, R. C. B.; ALBINATI, A. C. L.; LIRA, A. D.; ALMEIDA, T. R.; SANTOS, G. B. Eugenol como anestésico para a tilápia-do-nilo. Pesq. Agrop. bras. Brasília, v. 43, n. 8, p. 1069-1074, ago, 2008.

VIDAL, L. V. O.; FURUYA, W. M.; GRACIANO, T. S.; SCHAMBER, C. R.; SILVA, L. C. R.; SANTOS, L. D.; SOUZA, S. R. Eugenol como anestésico para juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). Rev. Bras. Saúde Prod. An, v. 8, n. 4, p. 335-342, 2007.

Tabela 1. Média e desvio padrão da temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), oxigênio saturado (%), pH, condutividade elétrica (mS/cm²), sólidos totais dissolvidos (ppt) e amônia não ionizada (mg L⁻¹) na água durante a indução e recuperação à anestesia de juvenis de curimba submetidos a diferentes concentrações de eugenol e mentol.

Eugenol	Anestesia	
	Indução	Recuperação
Parâmetros água		
Temperatura (°C)	24,1 ± 0,7	24,1 ± 0,7
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,5 ± 0,3	7,3 ± 0,4
Oxigênio saturado (%)	81,7 ± 2,4	89,0 ± 2,1
pH	6,7 ± 0,2	7,1 ± 0,4
Condutividade elétrica (µS/cm ²)	0,5 ± 0,3	0,5 ± 0,3
Sólidos totais dissolvidos (ppt)	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1
Amônia total NH ₃ (mg/L)	1,5 ± 0,4	1,4 ± 0,5
Mentol		
Temperatura (°C)	26,3 ± 0,5	26,3 ± 0,6
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,9 ± 0,8	7,4 ± 0,5
Oxigênio saturado (%)	84,8 ± 4,3	91,0 ± 4,9
pH	6,5 ± 0,2	6,4 ± 0,1
Condutividade elétrica (mS/cm ²)	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1
Sólidos totais dissolvidos (ppt)	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1
Amônia total NH ₃ (mg/L)	0,6 ± 0,3	0,9 ± 0,5

Tabela 2. Tempo de indução e recuperação à anestesia (s) de juvenis de curimba *Prochilodus lineatus* submetidos a diferentes concentrações de mentol.

	Concentração de mentol (mg L ⁻¹)					
	30	40	50	60	70	80
Indução	540 ± 135a	513 ± 113b	292 ± 79c	184 ± 46cd	126 ± 32d	111 ± 32d
Recuperação	405 ± 118a	386 ± 81ab	372 ± 92ab	353 ± 75ab	310 ± 65ab	287 ± 48b

Média seguida de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si (P>0,05).

Tabela 3. Tempo de indução e recuperação á anestesia (s) de juvenis de curimba *Prochilodus lineatus* submetidos a diferentes concentrações de eugenol.

	Concentração de eugenol (mg L ⁻¹)					
	20	30	40	50	60	70
Indução	964 ± 136a	393 ± 87b	189 ± 36c	138 ± 39cd	94 ± 19d	93 ± 10d
Recuperação	356 ± 61 a	382 ± 93 a	367 ± 55 a	380 ± 102 a	389 ± 94 a	383 ± 107a

Média seguida de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si (P> 0,05).

7. CONCLUSÕES GERAIS

- A benzocaína é um anestésico eficiente para juvenis de curimba nas temperaturas de 22, 25, 28 e 31°C;
- A concentração adequada para anestesia profunda em juvenis de curimba de 4,7 g é de 50 mg de benzocaína L⁻¹ nas temperaturas de 25, 28 e 31°C e 60 mg L⁻¹ na temperatura de 22°C;
- A indução a anestesia cirúrgica pode ser realizada com a concentração de 50 mg de benzocaína L⁻¹ nas quatro temperaturas;
- O aumento das concentrações de benzocaína leva a diminuição do tempo de indução à anestesia até as Fases IV e V, independente da temperatura;
- O tempo de recuperação dos juvenis de curimba expostos a concentrações crescentes de benzocaína é influenciado pela temperatura da água;
- Independente da concentração e temperatura os juvenis de curimba anestesiados com benzocaína apresentam retorno do apetite durante as primeiras 24 horas após a exposição ao anestésico;
- As concentrações de benzocaína recomendadas por este estudo não foram tóxicas para provocar altas taxas de mortalidade. Isso indica que o manejo de anestesia com a espécie pode ser realizado com segurança nas temperaturas avaliadas;
- O tempo de indução é influenciado pelas concentrações de mentol e eugenol;
- A concentração adequada de mentol e eugenol para anestesia profunda de juvenis de curimba, com peso médio de 6 e 7 g, é de 60 e 50 mg L⁻¹, respectivamente;
- O tempo de recuperação dos juvenis de curimba submetidos ao anestésico mentol é inversamente proporcional ao aumento das concentrações;
- As concentrações de eugenol variando de 20 a 70 mg L⁻¹ não proporcionam alterações no tempo de recuperação dos juvenis de curimba;
- O retorno do apetite dos juvenis de curimba ocorre 24 horas após a exposição aos anestésicos eugenol e mentol.