

**ESTUDOS ECOLÓGICOS, TOXICOLÓGICOS E LIMNOLÓGICOS  
UTILIZANDO OVOS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.032-026>

**Rosimery Menezes Frisso**

Ma. em Aquicultura. SEBRAE, Tabatinga-AM  
E-mail: frisso\_zootecnia@hotmail.com

**Janderson Rocha Garcez**

Dr. em Engenharia de Pesca, IFAM, Tabatinga-AM  
E-mail: janderson.garcez@ifam.edu.br

**Magno dos Santos**

Esp. em Biologia Celular, Prof. IFAM, Tabatinga-AM  
E-mail: magno.santos@ifam.edu.br

**Gabriel Felipe Duarte dos Santos**

Esp. em Agronegócio, IFAM, Tabatinga-AM  
E-mail: gabriel.santos@ifam.edu.br

**Guilherme Martinez Freire**

Me. em Ciências Pesqueiras, IDAM  
Tabatinga-AM  
E-mail: gmfreire@gmail.com

**Nícolas Andretti de Souza Neves**

Me. em Edu. Agrícola. IFAM, Tabatinga-AM  
E-mail: nicolas@ifam.edu.br

**Vonin da Silva e Silva**

Me. em agroecologia. IFRR, Rorainópolis-RR  
E-mail: voninifrr@gmail.com

**Nataly Ramos Soares**

Tec. em Agropecuária. IFAM, Tabatinga-AM  
E-mail: natalyramossoares12@gmail.com

**Johnny Martins de Brito**

Dr. em produção animal. IFAM, Maués-AM  
E-mail: johnny.brito@ifam.edu.br

**Letícia Tuane Souza Oliveira**

Dr<sup>a</sup> em Zootecnia Tropical, UFPI. Maués-AM  
E-mail: leticia-tso@hotmail.com

**Guilherme Nogueira Paiva Barreto**

Esp. Eng. Ambiental. IFAM Tabatinga-AM  
E-mail: guilherme.nogueira@ifam.edu.br



**João Felipe Pereira dos Anjos**  
Tec. em Agropecuária. IFAM, Tabatinga-AM  
E-mail: jfelipe.2020@hotmail.com

---

## **RESUMO**

Este estudo objetivou avaliar a incubação de ovos de tambaqui como indicador ecológico em berçários naturais, em exposição a defensivos agrícolas e como indicador da qualidade da água. Foi realizada indução de fêmeas e machos de tambaqui. Após fertilização, os ovos foram separados para realização de três ensaios: (i) incubação de ovos em águas de ambientes urbanos e naturais, (ii) incubação em diferentes concentrações de glifosato, malationa, e de casugamicina, considerados defensivos agrícolas, e (iii) com exposição de ovos incubados em diferentes concentrações de amônia total. Em todos os ensaios, o delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. (i) A análise de variância indicou que a taxa de eclosão foi maior na água do rio Solimões, e as menores foram nos córregos Igarapé do Paraíba e do Buriti ( $p < 0,05$ ), considerado poluídos. (ii) O tratamento com água de incubação com  $0,0 \text{ mg L}^{-1}$  de glifosato, malationa e casugamicina apresentou as melhores taxas de fertilização, eclosão e sobrevivência ( $p < 0,05$ ). (iii) A taxa de fertilização e a taxa de eclosão dos ovos de tambaqui foram maiores ( $p < 0,05$ ) em água contendo entre  $0,0$  e  $3,5 \text{ mg L}^{-1}$  de amônia total. A sobrevivência das larvas foi maior ( $p < 0,05$ ) em águas contendo concentração entre  $0,0$  e  $2,0 \text{ mg L}^{-1}$  de amônia total. Os resultados indicaram que a melhor água natural para incubação dos ovos é do rio Solimões. Foi verificado que todos os defensivos agrícolas apresentaram toxicidade na fase de incubação dos ovos de tambaqui. Por último, concentrações de até  $2,0 \text{ mg L}^{-1}$  de amônia total não apresentaram implicações nos ovos de tambaqui.

**Palavras-chave:** Reprodução. Embriões. Eclosão. Sobrevivência.

## 1 INTRODUÇÃO

A Amazônia possui a maior bacia hidrográfica do mundo, com um ambiente vasto e diferenciado, com muitos biótopos à disposição das comunidades aquáticas (Goulding, 1996; Junk e Furch, 1985), propiciando uma ictiofauna esplêndida superior a 3.500 espécies (Lowe-McConnell, 1999; Reis et al., 2003). Contudo, a expansão urbana e agrícola na Amazônia sem qualquer ordenamento está fortemente ligada a vida dos recursos hídricos (Waisbich et al., 2022). Por isso, a conservação da biodiversidade em ecossistemas aquáticos será um dos desafios mais importantes e difíceis a serem enfrentados nos próximos anos (Oliveira et al., 2019).

Em um processo cultural, social e de manutenção da infraestrutura, os municípios na região de tríplice fronteira (Brasil, Colômbia e Peru) foram paulatinamente perdendo as características pristinas de seus recursos hídricos, seja pelo mal-uso do solo, pela expansão urbana desordenada, pelo mal acondicionamento dos resíduos sólidos e pela falta de tratamento dos efluentes da agropecuária e esgotos domésticos, transformando em espaços contaminados (Costa et al., 2023; Oliveira et al., 2023).

Ainda, a produção de hortaliças tem aumentado na região de várzea, tornando uma das principais atividades econômicas desenvolvidas pelos ribeirinhos durante a vazante e seca. Porém, como estes cultivos não estão adaptados às condições tropicais, a suscetibilidade ao ataque de pragas (insetos, fungos e outros) e a competição com vegetação nativa vem forçando os agricultores ao uso intensivo de biocidas (Waichman, 2007). O uso de agrotóxicos em lavouras localizadas próximas a corpos d'água e os conhecimentos sobre os efeitos tóxicos produzidos por estes compostos em organismos não-alvo ainda são escassos (Aguiar et al., 2019; Durante et al., 2024).

Além disso, a região possui diversas instalações aquícolas em sistema semi-intensiva em que há ausência de orientações técnicas e muitas com manejo inadequado. (Mota et al., 2021). Entretanto, para garantir o sucesso na produção de espécies peixes nativos é de fundamental importância que se conheça a toxicidade e a sensibilidade de tais espécies aos parâmetros de qualidade de água, como os resíduos nitrogenados, uma vez que estes constituem fatores limitantes para a sobrevivência e crescimento dos peixes em confinamento.

Nesse caso, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) foi considerado nosso modelo biológico de ensaio devido a capacidade de reproduzi-lo em cativeiro, ser a principal espécie nativa da piscicultura brasileira (PeixeBR, 2024) e uma das mais importante para pesca de subsistência de ribeirinhos da Amazônia (Santos et al., 2009). Estudos sobre a conservação dessa espécie são fundamentais tanto para piscicultura quanto a pesca comercial e de sobrevivência.

Tendo em vista que as áreas de várzea são consideradas áreas de reprodução e berçário para maioria dos peixes amazônicos, tornam-se extremamente importantes estudos avaliando os berçários naturais, toxicidade dos principais agrotóxicos utilizados na região e qualidade da água como efluentes sobre a reprodução das espécies de peixes nativas. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo



avaliar a incubação de ovos de tambaqui como indicador ecológico em berçários naturais, em exposição a defensivos agrícolas e como monitoramento da qualidade da água.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

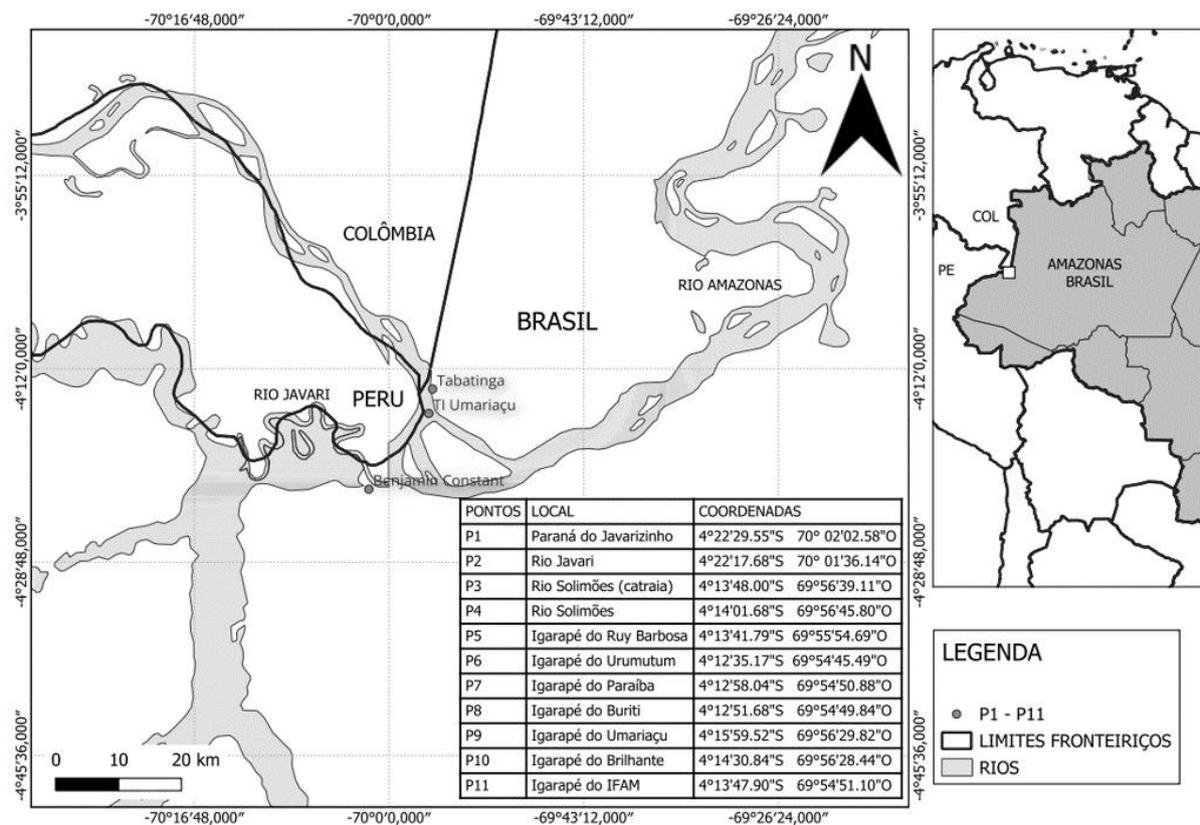
Os processos laboratoriais, indução, a coleta dos gametas e a fertilização foram realizados no Setor de Unidades Educacionais de produção do Instituto Federal do Amazonas - IFAM *campus* Tabatinga (4°13'49.14"S e 69°54'50.44"O). As fêmeas (n=6, 7,16 ± 0,90 kg) e os machos (n=6, 6,30 ± 1,15 kg) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) foram selecionados quando apresentaram características reprodutivas de maturação gonadal (Lima et al., 2013; Matavelli et al., 2021). Esses peixes foram pesados, marcados e separados por sexo em tanques individuais. As fêmeas e machos foram induzidos com extrato de hipófise de carpa (EHC) (Streit Jr et al., 2012). Após 240 unidades térmicas acumuladas (UTA) foram realizadas as coletas dos gametas (Oliveira et al., 2023). Neste momento, foram efetuadas massagem na região ventral dos animais em sentido céfalo-caudal, coletando-se, assim, os ovócitos em um recipiente plástico limpo e seco, onde o sêmen fora despejado diretamente sobre os ovócitos.

A mistura de ovócitos com sêmen (fertilização) fora hidratada com água do sistema de incubação de ovos. Os ovos fertilizados foram mantidos em movimento suave por um minuto, com substituição da água do recipiente para a remoção do excesso de sêmen e incubados por uma hora em incubadoras de fibra de vidro com capacidade de 200 litros (Garcez et al., 2024).

### 2.1 ENSAIO 1 – INDICADOR ECOLÓGICO DE BERÇÁRIOS NATURAIS DE PEIXES NATIVOS

Foram coletadas amostras de 2 litros de água em cada ponto de coleta estabelecido (P1 - P12) nos municípios de Tabatinga e Benjamin Constant, Amazonas. O método utilizado para a coleta da água seguiu os padrões da Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2005). Durante a coleta, o ciclo hidrológico na região estava em fase de enchente (cota rio Solimões = 9,47 m), sendo considerado o período chuvoso e de reprodução dos peixes reofílicos.

Figura 1. Pontos de coleta de água, coordenadas geográficas e localização dos municípios de Benjamin Constant e Tabatinga, Amazonas, Brasil. (Fonte: Os autores, 2024)



Os embriões foram transferidos para recipientes plásticos descartáveis circulares contendo 50 ml de água. Cada recipiente com 10 embriões foi considerado como uma unidade experimental. Os recipientes foram mantidos sem agitação, em temperatura ambiente ( $26,72 \pm 0,87$  °C) e luminosidade controlada ( $101 \pm 58$  luxes) durante todo o experimento. Neste ensaio, foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por doze tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo uso de água dos diferentes córregos urbanos e dos rios Solimões e Javari.

Decorridas 12 horas após a fertilização artificial, foi mensurada a taxa de fertilização (TF), utilizando-se a equação:  $TF = \text{número de ovos viáveis} \times 100 / \text{número total de ovos}$ . A taxa de eclosão foi mensurada 24 horas após a fertilização artificial. Para o cálculo da taxa de eclosão (TE) aplicou-se a seguinte equação:  $TE = \text{número de larvas eclodidas} \times 100 / \text{número total de ovos}$ . A sobrevivência larval (SL) foi mensurada 24 horas após a eclosão das larvas, utilizando a seguinte equação:  $SL = \text{número de larvas vivas} \times 100 / \text{número total de larvas eclodidas}$ .

## 2.2 ENSAIO 2 – INDICADOR DA TOXIDADE DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Foram realizados três experimentos: (i) foram testadas concentrações de 0,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 e 14,0 mg L<sup>-1</sup> de glifosato, (ii) concentrações de 0,0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,5 µg L<sup>-1</sup> de malationa, e (iii) concentrações de 0,0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,5 mg L<sup>-1</sup> de casugamicina. Os

embriões foram transferidos para recipientes plásticos descartáveis circulares contendo 50 ml de água da concentração experimental. Cada recipiente contendo 20 embriões foi considerado como uma unidade experimental. Para os três ensaios, foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, onde cada agroquímico foi composto por sete tratamentos que foram as diferentes concentrações testadas, com cinco repetições cada. Os recipientes durante a incubação foram mantidos sem agitação, em temperatura ambiente ( $28,72 \pm 0,86$  °C) e luminosidade controlada ( $151,5 \pm 58$  luxes) durante todo o experimento.

Decorridas 12 horas após a fertilização artificial, foi estimada a taxa de fertilização (TF), taxa de eclosão (TE) e a sobrevivência larval (TSL) foi mensurada 6 (seis) horas após a eclosão das larvas.

### 2.3 ENSAIO 3 – INDICADOR DE QUALIDADE DA ÁGUA

Foi utilizado como parâmetro da qualidade da água a amônia total. As concentrações experimentais de amônia utilizada no experimento foram 0,0; 0,25; 0,50; 1,0; 2,0, 3,5, 6,5 e 10 mg L<sup>-1</sup>, baseada na escala de leitura de amônia total da LabconTest®. Os embriões foram transferidos para recipientes plásticos descartáveis circulares contendo 50 ml de água da concentração experimental. Cada recipiente contendo 20 embriões foi considerado como uma unidade experimental. Neste ensaio, foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por oito tratamentos com as diferentes concentrações testadas, em cinco repetições cada. Os recipientes durante a incubação foram mantidos sem agitação, em temperatura ambiente ( $28,52 \pm 0,76$  °C) e luminosidade controlada ( $161,5 \pm 68$  luxes, Software Luxímetro®) durante todo o experimento.

Decorridas 12 horas após a fertilização artificial, foi estimada a taxa de fertilização (TF) e taxa de eclosão (TE). A sobrevivência larval (TSL) foi mensurada com 12, 24 e 48 horas após a eclosão das larvas. Foram contabilizadas após eclosão, o quantitativo de larvas que apresentaram curvatura na coluna e troncos encurtados para mensurar a taxa de normalidade larval (NL), utilizando a seguinte equação:  $NL = \text{número de larvas normais} \times 100 / \text{número total de larvas eclodidas}$ .

### 2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Em todos ensaios, os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão. Os dados em porcentagem das taxas de fertilização, eclosão, normalidade e sobrevivência larval foram transformados em *arc seno*  $\sqrt{(x/100)}$ . Os pressupostos de normalidade e homogeneidade foram verificados pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene. Posteriormente, os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e ao teste de médias de Tukey para comparações múltiplas. Todas as análises estatísticas foram realizadas considerando a significância de 5%. O processamento e análise de dados foram realizados pelo software Statistica 7.1® (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA, 2007).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ENSAIO 1

As águas utilizadas durante a incubação apresentaram diferentes variáveis físico-químico. Os pH variaram entre 6,2 e 7,7, o oxigênio dissolvido entre 4 e 11 mg L<sup>-1</sup>, amônia total entre 0,0 e 3,5 mg L<sup>-1</sup>, apenas igarapé do Brilhante apresentou nitrito 0,25 e a dureza total variaram entre 50 e 400 ppm de CaCO<sub>3</sub> (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis físico-química da água de incubação dos ovos de tambaqui (*C. macropomum*).

Pontos de coleta	pH	Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	Dureza total (ppm de CaCO <sub>3</sub> )
P1	6,6	4,0	1,00	0,00	50
P2	6,4	11,0	0,25	0,00	50
P3	6,6	8,0	0,25	0,00	50
P4	7,5	11,0	0,25	0,00	300-400
P5	7,2	6,0	3,50	0,00	150-300
P6	6,2	11,0	0,25	0,00	50
P7	6,6	6,0	0,50	0,00	50
P8	6,2	8,0	0,25	0,00	50
P9	6,2	8,0	0,00	0,00	50
P10	6,6	8,0	0,25	0,25	50-150
P11	6,6	11,0	0,00	0,00	150-300
P12	7,0	11,0	0,25	0,00	50

A taxa de eclosão do tambaqui foi influenciada pela água de incubação oriunda dos igarapés urbanos em relação ao rio Solimões, conforme mostram a tabela 2. A taxa de eclosão foi maior no rio Solimões ( $p < 0,05$ ). Por outro lado, foram menores nos pontos de coleta dos igarapés do IFAM *Campus* Tabatinga, Urumutum, Paraíba e Buriti ( $p < 0,05$ ). A água dos igarapés urbanos e dos rios Solimões e Javari não influenciaram a taxa de fertilização e a taxa de sobrevivência das larvas ( $p > 0,05$ ).

Tabela 2. Taxas reprodutivas da incubação de ovos de tambaqui (*C. macropomum*) em águas de diferentes igarapés urbanos e rios nos municípios de Benjamin Constant e Tabatinga, Amazonas.

Pontos de coleta	Identificação	TF 12h (%)	TE 24h (%)	Sob. 24h (%)
P1	Paraná do Javarizinho	74,0 ± 6,78	66,0 ± 2,45 <sup>abc</sup>	14,29 ± 6,39
P2	Rio Javari	74,0 ± 8,12	62,0 ± 4,90 <sup>abc</sup>	11,43 ± 5,35
P3	Rio Solimões (catraia)	86,0 ± 6,00	66,0 ± 5,10 <sup>abc</sup>	11,07 ± 5,31
P4	Rio Solimões	84,0 ± 7,48	72,0 ± 3,74 <sup>a</sup>	27,26 ± 5,63
P5	Igarapé do Ruy Barbosa	76,0 ± 5,10	68,0 ± 4,90 <sup>ab</sup>	15,00 ± 1,02
P6	Igarapé do Urumutum	68,0 ± 5,83	52,0 ± 5,83 <sup>bc</sup>	11,19 ± 4,90
P7	Igarapé do Paraíba	78,0 ± 7,35	50,0 ± 4,47 <sup>bc</sup>	16,67 ± 4,56
P8	Igarapé do Buriti	80,0 ± 8,37	44,0 ± 5,10 <sup>c</sup>	25,67 ± 4,77
P9	Igarapé do Umariáçu	74,0 ± 7,48	68,0 ± 6,63 <sup>ab</sup>	16,35 ± 3,37
P10	Igarapé do Brilhante	86,0 ± 5,83	68,0 ± 4,00 <sup>abc</sup>	14,19 ± 7,33
P11	Igarapé do IFAM	78,0 ± 3,74	56,0 ± 4,90 <sup>bc</sup>	18,00 ± 5,33
P12	Incubadoras do IFAM	80,0 ± 3,16	64,0 ± 4,00 <sup>abc</sup>	30,67 ± 3,75
	<i>p</i> -valor	0,8201	0,0070	0,1788

Os valores são expressos como média ± erro padrão. TF: Taxa de fertilização; TE: Taxa de eclosão; Sob.: Sobrevivência das larvas após 24 de eclosão. Letras diferentes indicam diferenças nas médias devido aos tratamentos, de acordo com o teste de comparações múltiplas de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Quanto aos igarapés que fazem parte da sub-bacia do igarapé Urumutum, que é o caso dos igarapés Urumutum, Paraíba e Buriti, apresentaram índices baixos na taxa de eclosão. Isso pode ser explicado pela proximidade de 1km do aterro sanitário que lixivia suas águas aos córregos. De acordo com Bezerra e Souza (2021), a bacia do Urumutum é útil para transporte de mercadorias, para pesca de peixe, para banhos e recreação e o uso das águas para abastecimento doméstico. Porém, as águas do igarapé do Paraíba e Buriti nos últimos anos, vem passando por um processo crescente de degradação ambiental. Inclusive com possíveis desaparecimentos de espécies de peixes ornamentais que habitavam ali anteriormente.

### 3.2 ENSAIO 2

Concentrações crescentes de glifosato reduziram as taxas de fertilização, eclosão e sobrevivência das larvas de tambaqui (Tabela 3). Concentrações maiores que 0 mg L<sup>-1</sup> afetaram negativamente a taxa de fertilização e a taxa de eclosão ( $p < 0,05$ ), no entanto a sobrevivência não apresentou diferença significativa entre tratamentos com concentração até 4 mg L<sup>-1</sup>.

Tabela 3. Efeito de diferentes concentrações de glifosato sobre as taxas reprodutivas do tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Glifosato (mg L <sup>-1</sup> )	TF (%)	TE (%)	SOB (%)
0,0	56,00 ± 1,87 <sup>a</sup>	20,00 ± 1,58 <sup>a</sup>	48,67 ± 4,29 <sup>a</sup>
2,0	48,00 ± 7,00 <sup>ab</sup>	14,00 ± 3,32 <sup>ab</sup>	42,00 ± 11,9 <sup>a</sup>
4,0	49,00 ± 7,31 <sup>ab</sup>	13,00 ± 2,00 <sup>ab</sup>	43,33 ± 11,30 <sup>a</sup>
6,0	48,00 ± 4,64 <sup>ab</sup>	12,00 ± 4,36 <sup>ab</sup>	25,33 ± 11,43 <sup>ab</sup>
8,0	42,00 ± 2,55 <sup>ab</sup>	16,00 ± 7,31 <sup>ab</sup>	23,00 ± 10,20 <sup>ab</sup>
10,0	32,00 ± 5,61 <sup>ab</sup>	17,00 ± 2,55 <sup>ab</sup>	36,33 ± 4,16 <sup>ab</sup>
12,0	27,00 ± 7,81 <sup>b</sup>	1,00 ± 1,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>
<b>p-valor</b>	0,0149	0,0380	0,0089

Os valores são expressos como média ± erro padrão. TF: Taxa de fertilização; TE: Taxa de eclosão; SOB.: Sobrevivência das larvas. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças nas médias devido aos tratamentos, de acordo com o teste de comparações múltiplas de Tukey (p < 0,05).

A malationa também apresentou toxicidade aos ovos de tambaqui (Tabela 4). Ovos incubados sem a presença de malationa apresentaram a maior taxa de fertilização (p<0,05). Por outro lado, as concentrações testadas não influenciaram as taxas de eclosão e sobrevivência (p>0,05).

Tabela 4. Efeito de diferentes concentrações de malationa sobre as taxas reprodutivas do tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Malationa (µg L <sup>-1</sup> )	TF (%)	TE (%)	SOB (%)
0,00	63,00 ± 4,64 <sup>a</sup>	23,00 ± 2,55	59,67 ± 8,47
0,25	59,00 ± 2,92 <sup>ab</sup>	18,00 ± 2,39	76,48 ± 8,51
0,50	60,00 ± 2,24 <sup>ab</sup>	22,00 ± 6,63	71,79 ± 11,29
0,75	53,00 ± 1,22 <sup>ab</sup>	21,00 ± 1,87	58,33 ± 10,85
1,00	46,00 ± 6,00 <sup>abc</sup>	17,00 ± 3,74	45,00 ± 7,26
1,25	44,00 ± 2,45 <sup>bc</sup>	21,00 ± 5,10	51,43 ± 15,88
1,50	35,00 ± 5,70 <sup>c</sup>	12,00 ± 2,00	33,33 ± 18,26
<b>p-valor</b>	0,0002	0,5797	0,2074

Os valores são expressos como média ± erro padrão. TF: Taxa de fertilização; TE: Taxa de eclosão; SOB.: Sobrevivência das larvas. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças nas médias devido aos tratamentos, de acordo com o teste de comparações múltiplas de Tukey (p < 0,05).

Quanto a casugamicina, também apresentou toxicidade aos ovos e larvas de tambaqui (Tabela 5). A concentração de 0,25 mg L<sup>-1</sup> aumentou a taxa de fertilização, e concentração de 1,5 mg L<sup>-1</sup> diminuiu a taxa de fertilização (p<0,05). Água sem a presença casugamicina aumentou a sobrevivência das larvas (p<0,05), no entanto, a taxa de sobrevivência em concentrações até 1,25 mg L<sup>-1</sup> apresentou resultados estatisticamente semelhantes aos tratamentos em concentrações menores. A taxa de eclosão não foi influenciada pelas concentrações de casugamicina (p>0,05).

Tabela 5. Efeito de diferentes concentrações de casugamicina sobre as taxas reprodutivas do tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Casugamicina (mg L <sup>-1</sup> )	TF (%)	TE (%)	SOB (%)
0,00	60,00 ± 1,87 <sup>ab</sup>	24,00 ± 1,87	73,33 ± 11,30 <sup>a</sup>
0,25	67,00 ± 4,85 <sup>a</sup>	24,00 ± 5,79	45,71 ± 12,08 <sup>ab</sup>
0,50	59,00 ± 3,67 <sup>ab</sup>	23,00 ± 2,00	52,00 ± 2,00 <sup>ab</sup>
0,75	61,00 ± 1,87 <sup>ab</sup>	18,00 ± 3,39	53,33 ± 12,25 <sup>ab</sup>
1,00	64,00 ± 4,18 <sup>ab</sup>	26,00 ± 5,10	62,64 ± 11,27 <sup>ab</sup>
1,25	59,00 ± 2,92 <sup>ab</sup>	25,00 ± 2,74	64,67 ± 8,92 <sup>ab</sup>
1,50	51,00 ± 3,00 <sup>b</sup>	17,00 ± 4,06	21,67 ± 9,72 <sup>b</sup>
<b>p-valor</b>	0,0448	0,5505	0,0346
Os valores são expressos como média ± erro padrão. TF: taxa de fertilização; TE: taxa de eclosão; SOB.: sobrevivência das larvas. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças nas médias devido aos tratamentos, de acordo com o teste de comparações múltiplas de Tukey (p < 0,05).			

Essa diminuição das taxas reprodutivas no geral pode ter ocasionado a interrupção do desenvolvimento do ovo antes do fechamento do blastóporo, o que ocasiona mortalidade do embrião nessa fase, indicando a maior sensibilidade dos estágios embrionários iniciais (antes da gastrulação) (Lal, 2007). Além disso, pode estar relacionado aos déficits comportamentais do embrião em formação, que resultam em enfraquecimento ou atraso do movimento muscular espontâneo (Haendel et al., 2004) e a inibição da corionase (Waiwood e Haya, 1983). Segundo Felsenfeld et al. (1990) a diminuição da mobilidade dos embriões pode ser relacionada a eclosão dos mesmos, pois a perda de mobilidade devido a exposição a compostos tóxicos pode antecipar, retardar ou evitar a eclosão, contribuindo também para o aumento da mortalidade embrionária.

### 3.3 ENSAIO 3

Concentrações elevadas de amônia apresentaram toxicidade aos embriões e larvas de tambaqui (Tabela 6). A taxa de fertilização e a taxa de eclosão dos ovos de tambaqui foram maiores (p<0,05) em água contendo entre 0,0 e 3,5 mg de NH<sub>4</sub>OH L<sup>-1</sup>. Nas concentrações em que houve eclosão (até 3,5 mg L<sup>-1</sup>), a taxa de normalidade larval não foi afetada pela amônia (p<0,05). A sobrevivência das larvas até 48 horas após eclosão foi maior (p<0,05) em águas contendo concentração entre 0,0 e 2,0 mg de NH<sub>4</sub>OH L<sup>-1</sup>.

Tabela 6. Efeito de diferentes concentrações de amônia total sobre a incubação, eclosão, normalidade e sobrevivência das larvas de tambaqui (*C. macropomum*).

Amônia total (mg L <sup>-1</sup> )	TF (%)	TE (%)	TNL (%)	SL (%) 12h	SL (%) 24h	SL (%) 48h
0,00	92,00 ± 2,00 <sup>a</sup>	91,00 ± 1,87 <sup>a</sup>	96,73 ± 1,34 <sup>a</sup>	100,0 ± 0,00 <sup>a</sup>	98,95 ± 1,05 <sup>a</sup>	96,78 ± 1,31 <sup>a</sup>
0,25	90,00 ± 3,67 <sup>a</sup>	88,00 ± 3,74 <sup>a</sup>	96,16 ± 2,63 <sup>a</sup>	100,0 ± 1,18 <sup>a</sup>	100,0 ± 1,18 <sup>a</sup>	97,78 ± 1,18 <sup>a</sup>
0,50	89,00 ± 3,32 <sup>a</sup>	88,00 ± 2,55 <sup>a</sup>	97,70 ± 1,42 <sup>a</sup>	98,95 ± 1,05 <sup>a</sup>	97,89 ± 2,11 <sup>a</sup>	95,67 ± 2,65 <sup>a</sup>
1,00	93,75 ± 2,14 <sup>a</sup>	95,00 ± 1,83 <sup>a</sup>	96,05 ± 1,18 <sup>a</sup>	97,30 ± 1,40 <sup>a</sup>	93,34 ± 2,34 <sup>a</sup>	90,77 ± 1,20 <sup>a</sup>
2,00	90,00 ± 3,16 <sup>a</sup>	89,00 ± 3,67 <sup>a</sup>	95,50 ± 2,78 <sup>a</sup>	99,00 ± 1,00 <sup>a</sup>	99,00 ± 1,00 <sup>a</sup>	94,70 ± 2,75 <sup>a</sup>
3,50	88,75 ± 1,12 <sup>a</sup>	88,75 ± 1,12 <sup>a</sup>	94,20 ± 3,72 <sup>a</sup>	11,11 ± 8,36 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>
6,50	31,57 ± 60,09 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>
10,00	0,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>b</sup>				
<b>p-valor</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Os valores são expressos como média ± erro padrão. TF: Taxa de fertilização; TE: Taxa de eclosão; TNL: Taxa de normalidade larval; SL.: Sobrevivência das larvas. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças nas médias devido aos tratamentos, de acordo com o teste de comparações múltiplas de Tukey (p < 0,05).

Os níveis mais elevados de contaminação da água com amônia interferiram na fertilização dos ovos. Isso pode ter ocorrido ainda no início do desenvolvimento embrionário no início do fechamento do blastóporo. Segundo Vidal *et al.* (2013), o aumento da amônia pode atrasar esse momento ontogenético e afetar diretamente a fertilização. A diminuição da taxa de fertilização reflete diretamente na taxa de eclosão. Além disso, elevada concentração de amônia pode acelerar o metabolismo do embrião ao interagir nas vias bioquímicas, e desse modo as reservas presentes no vitelo são consumidas mais rapidamente, contribuindo para o desenvolvimento acelerado (Luckenbach *et al.*, 2003).

#### 4 CONCLUSÃO

Entre os ambientes analisados, a melhor água para incubação e eclosão dos ovos de tambaqui é do rio Solimões, que é o ambiente natural de reprodução da espécie. Por outro lado, os igarapés em área de expansão urbana e próximo ao aterro sanitário do município não estão em condições adequadas para eclosão dos ovos.

Os resultados demonstraram no ensaio dois que a exposição dos ovos de tambaqui ao glifosato, malationa e casugamicina podem apresentar implicações negativas sobre as taxas de fertilização, eclosão e sobrevivência das larvas.

Os resultados demonstraram que a exposição dos ovos e larvas de tambaqui em concentrações de até 2,0 mg de amônia total L<sup>-1</sup> de água não apresentaram implicações sobre as taxas de fertilização, eclosão, normalidade e sobrevivência das larvas.

Nesse sentido, ovos de tambaqui podem servir como bioindicadores em estudos de qualidade da água. Recomendamos políticas públicas internacionais para a conservação dos recursos hídricos e rios que margeiam os municípios da tríplice fronteira amazônica (Brasil, Peru, Colômbia) para não afetar a reprodução de espécies nativas.



## **AGRADECIMENTOS**

Aos discentes dos cursos técnico em meio ambiente e agropecuária que realizam estágio no setor de unidades educacionais de produção do IFAM Tabatinga.



## REFERÊNCIAS

Aguiar, L. M.; Santos, J. B.; Barroso, G. M.; Laia, M. L.; Gonçalves, J. F.; Costa, V. A. M. Influência de resíduos de 2,4-D na comunidade microbiana do solo e crescimento de espécies arbóreas. *International Journal of Phytoremediation*, v. 22, n.1, p. 69-77, 2019.

APHA - American Public Health Association. *Standard Methods of the experimentation of Water and Wasterwater*. 14 ed. New York, 2005. 541 p.

Bezerra, P. C., Souza, J. D. Urbanização de Tabatinga e Impactos Ambientais: Estudo de Caso do Igarapé Urumutum. *Revista GeoAmazônia*, 9(17), 2021. 111-125.

Costa, C.; Bismark, S.; Silva, F. Um estudo sistemático sobre o desenvolvimento Socioeconômico e cultural urbano de Benjamin Constant: uso da água, o caso do igarapé “sai de cima Miguel localizado na fronteira entre Brasil e Peru”. *Revista de Gestão e Secretariado*. 14. 21304-21320. 2023. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i12.3080>.

Durante, L. Da S.; Hollmann, G.; Nazari, E.M. Impact of exposure to glyphosate-based herbicide on morphological and physiological parameters in embryonic and larval development of zebrafish. *Environmental Toxicology*, v. 39, p. 1822-1835, 2024. <https://doi.org/10.1002/tox.24024>

Haendel, M.A.; Tilton, F.; Bailey, G.S.; Tanguay, R.L. Developmental Toxicity of the Dithiocarbamate Pesticide Sodium Metam in Zebrafish. *Toxicological Sciences*, v. 81, n. 2, p. 390-400, 2004.

Felsenfeld, A. L.; Walker, C.; Westerfield, M.; Kimmel, C.; Streisinger, G. Mutations affecting skeletal muscle myofibril structure in the zebrafish. *Development*, v. 108, n. 3, p. 443-459, 1990.

Garcez, J. R.; Dos Santos, G. F. D.; dos Santos, M.; Freire, G. M.; Lima, F. M.; De Lima, M. D. R.; Gonçalves, B. R. L.; Zapata, A. G. F.; Yahuaruari, L. M. M.; Ferreira, Z. A. R.; Rodrigues, D. F.; Martins, M. V. da S. A incubação de ovos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) como indicador ecológico de berçários naturais de peixes nativos. *Revista Foco*, 17(2), e4511, 2024. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n2-123>

Goulding, M. Pescarias Amazônicas, proteção de habitats e fazendas nas Várzeas: uma visão ecológica e econômica. Relatório Técnico Projeto: Manejo dos recursos naturais da Várzea. Brasília: IBAMA, 103p. 1996.

Junk, W. J.; Furch, K. The Physical and Chemical Properties of Amazonian Waters and their Relationship with the Biota. In: TREHERNE, J. E. Key environments: Amazonia. Pergamon, Oxford, England. 1985.

Lal, B. Pesticide - induced reproductive dysfunction in Indian fishes. *Fish Physiology and Biochemistry*, 33, 455-462. 2007. <https://doi.org/10.1007/s10695-007-9171-4>

Lima, A.F.; Moro, G. V.; Kirschnik, L. N. G.; Barroso, R. M. Reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes. In: Rodrigues, A. P. O.; Lima, A. F.; Alves, A. L.; Rosa, D. K.; Torati, L. S.; SANTOS, V. R. V. dos (ed.). *Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos*. 1 ed. Brasília: Embrapa, p. 319-322. 2013.

Lowe-McConnel, R. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo, Edusp. p. 345-373, 1999. 534 p.

Luckenbach, T.; Ferling, H.; Gernhöfer, M.; Köhler, H.; Negele, R.; Pfefferle, E.; Tribskorn, R. Developmental and subcellular effects of chronic exposure to sub-lethal concentrations of ammonia, PAH and PCP mixtures in brown trout (*Salmo trutta* f. *fario* L.) early life stages. *Aquatic Toxicology*, Oxford, v. 65, n. 1, p. 39-54, 2003.

Mataveli, M.; Maciel, P.; Evangelista, D.; Shiotsuki, L.; Digmayer, M. Boas práticas de produção de alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). n49 .Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2021. 34 p.

Mota, M. A. L.; Garcez, J. R.; Mota, S. G. R.; Garcez, E. M.; Dias, C. P.; Mota, L. K. L.; Dias, C. do N.; Mota, M.L.; Reinaldo, E.R; Ramires, C. R. Aspectos produtivos, entraves e desenvolvimento da piscicultura no município de Benjamin Constant, Amazonas, Brasil. *Ciências Agrárias: O avanço da Ciência no Brasil*. V. 2, 2 (1), 422-437. 2021. <http://dx.doi.org/10.37885/210705499>

Oliveira, E. G; Cunha Albuquerque, A. R.; Oliveira, F. A. M. Planejamento territorial em bacias urbanas da cidade de Tabatinga–Amazonas/Brasil/Territorial planning in urban basins of Tabatinga city-Amazonas/Brazil. *Brazilian Journal of Development*, 5(11), 27551-27559. 2019. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-355>

Oliveira, E. G; Cunha Albuquerque, A. R.; Júnior, C. G. P. Vulnerabilidade ambiental e qualidade da água na rede de drenagem urbana fronteira das cidades de Tabatinga–Amazonas (Brasil) e Letícia–Amazonas (Colômbia). *Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade*, 5(02), 444-468. 2023. <https://doi.org/10.46551/rvg2675239520232444468>

Oliveira, R. G. S. D.; Souza, G. B. D.; Maria, A. N.; De Freitas, R. A.; de Almeida, F. L. Effects of GnRH analogs on strip spawning and steroid plasma levels of *Colossoma macropomum*. *Aquaculture International*, 1-14. 2023.

PEIXE BR. Anuário PeixeBR da Piscicultura 2023. São Paulo, SP: Associação Brasileira de Piscicultura, 2024.

Reis, R. E.; Kullander, S. O.; Ferraris Jr, C. J. (Ed.). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS. 729 p. 2003.

Santos, G. M.; Ferreira, E. J. G.; Zuanon, J. A. S. Peixes comerciais de Manaus. Manaus: IBAMA/AM, ProVárzea. INPA, 2ª ed. Revisada, 2009, 144p.

Streit Junior, D.P; Povh, J. A. Fornari, D. C.; Galo, J. M. Guerreiro, L. R. J.; Oliveira, D. de; Digmayer, M.; Godoy, L. C. de. Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 30 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 212). 2012.

Vidal, E.; Bastos, D. D.; Oliveira, E. A.; Butzge, A. J.; Mewes, J. K.; Baumgartner, G.; Sanches, P.V; Bombardelli, R. A. Effect of ammonia on the artificial fertilization of oocytes and early development of jundia (*Rhamdia quelen*, Siluriformes, Heptapteridae). *Semina: Ciências Agrárias*, 2013. <https://doi.org/10.5433/16790359.2013v34n5p2447>

Waichman, A. V. Uma proposta de avaliação integrada de risco do uso de agrotóxicos no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 38, 45-50. 2007.

Waisbich, L.T.; Terine Husek, T.; Santos, V. Territórios e caminhos do crime ambiental na Amazônia brasileira: da floresta às demais cidades do país. Artigo Estratégico 57. Instituto Igarapé a think and do tank. 2022. 58p.



Waiwood, B.A.; Haya, K. Levels of Chorionase Activity During Embryonic Development of *Salmo salar* Under Acid Conditions. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 30, p. 511-515, 1983.