



## Avaliação toxicológica do xenobiótico metabissulfito de sódio na sobrevivência do caranguejo-violinista *Minuca mordax* (Smith, 1870) (Decapoda, Ocypodidae)

Marcus Alexandre Borges Pires<sup>1,3\*</sup>  José Carlos Guimarães Júnior<sup>4\*</sup>  Mário Júnior Saviato<sup>5\*</sup>   
& Michel Salim Guterres Ribeiro<sup>2,3 \*</sup> 

<sup>1</sup> Laboratório de Carcinologia, Universidade Federal do Pará, Bragança-PA, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório de Ecologia LAMA / IECOS, Universidade Federal do Pará, Bragança-PA, Brasil

<sup>3</sup> Secretária de Educação do Estado do Pará, Belém-PA, Brasil

<sup>4</sup> Univerty St. Paul-Ottawa, USPAUL, Canadá

<sup>5</sup> Departamento de Biotecnologia, Universidade Federal do Amapá, Macapá-AP, Brasil

Recebido 15 junho 2025 / Aceito 16 junho 2025

### Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o risco toxicológico do metabissulfito de sódio através de concentração letal (Cl 50-96h) no *Minuca modax*. Os caranguejos foram submetidos a um experimento, utilizando-se o delineamento inteiramente causalizado, com cinco concentrações de metabissulfito de sódio (0,0; 0,05; 0,07; 0,10 e 0,15 mg/L), e cinco repetições cada. O experimento foi conduzido em sistema estático, utilizando-se recipiente contendo 2L de água, com densidade de estocagem de dois caranguejos adultos em cada, com duração de 96 horas. Com o metabissulfito de sódio, nas primeiras 12 horas de exposição observaram-se taxas de sobrevivência de 0% na concentração de 0,15 mg/L. Ao final do experimento obtiveram-se as seguintes taxas de sobrevivência em ordem crescente de exposição: 100, 90, 90, 40 e 0%. Estimando-se assim que a Cl 50-96h é de 0,10 mg/L. Assim, o presente estudo permite concluir que o chama-maré é sensível ao metabissulfito de sódio com concentrações superiores a 0,10 mg/L sendo capazes de provocar a mortalidade no cultivo dessa espécie.

**Palavras-chave:** Concentração letal; chama-maré; metabissulfito de sódio.

### Abstract - Toxicological evaluation of the xenobiotic sodium metabisulfite on the survival of the fiddler crab *Minuca mordax* (Smith, 1870) (Decapoda, Ocypodidae)

The aim of this study was to assess the toxicological risk of sodium metabisulphite through the lethal concentration (Cl 50-96h) in *Minuca modax*. The crabs were subjected to an experiment using a completely causalized experiment design, with five concentrations of sodium metabisulphite (0,0; 0,05; 0,07; 0,10 and 0,15 mg/L) and five replicates each. The experiment was conducted in a static system, using a container with 2L of water, with a stocking density of two adult crabs each, lasting 96 hours. With sodium metabisulphite, survival rates of 0% were observed in the first 12 hours of exposure at a concentration of 0,15 mg/L. At the end of the experiment, the following survival rates were obtained in ascending order of exposure: 100, 90, 90, 40 e 0%. Cl 50-96h is estimated to be 0.10 mg/L. Thus, this study leads to the conclusion that the fiddler crab is sensitive to sodium metabisulphite, with concentrations above 0,10 mg/L capable of causing mortality in the cultivation of this specie.

**Keywords:** Lethal concentration; tide-flame; sodium metabisulfite.

### Resumen - Evaluación toxicológica del xenobiótico metabissulfito de sodio sobre la supervivencia del cangrejo violinista *Minuca mordax* (Smith, 1870) (Decapoda, Ocypodidae)

El objetivo de este estudio fue evaluar el riesgo toxicológico del metabissulfito de sodio a través de la concentración letal (Cl 50-96h) en *Minuca modax*. Los cangrejos fueron sometidos a un experimento utilizando un diseño completamente aleatorizado con cinco concentraciones de metabissulfito de sodio (0,0, 0,05, 0,07, 0,10 y 0,15 mg/L) y cinco réplicas cada una. El experimento se llevó a cabo en un sistema estático utilizando un recipiente que contenía 2 L de agua, con una densidad de población de dos cangrejos adultos en cada uno,

\* Autores correspondentes: [marcusalexandre159@gmail.com](mailto:marcusalexandre159@gmail.com); [profjc65@hotmail.com](mailto:profjc65@hotmail.com)

durante 96 horas. Con metabisulfito de sodio, se observaron tasas de supervivencia del 0% en las primeras 12 horas de exposición a una concentración de 0,15 mg/L. Al final del experimento, se obtuvieron las siguientes tasas de supervivencia en orden creciente de exposición: 100, 90, 90, 40 y 0%. Por lo tanto, se estima que el  $CI_{50-96h}$  es de 0,10 mg/L. Así, el presente estudio permite concluir que la chamátida es sensible al metabisulfito de sodio con concentraciones superiores a 0,10 mg/L capaz de provocar mortalidad en el cultivo de esta especie.

**Palabras clave:** Concentración letal; marea; metabisulfito de sodio.

## Introdução

A aquicultura é um sistema de produção de alimentos de rápido crescimento no mundo. Defina-se como o cultivo de organismos aquáticos, incluindo peixes, moluscos, crustáceos e plantas aquáticas. Fazendo parte não só de uma fonte de alimento, como também de um processo produtivo e econômico (FAO, 2007).

Segundo Ostrensky et al. (2000), a aquicultura brasileira é hoje uma atividade que envolve 100 mil produtores espalhados por todo o país e uma área total cultivada de 80 mil hectares. Com uma produção nacional concentrada na região sul, seguida pela região sudeste, centro-oeste, nordeste e norte.

De acordo com a FAO (2007), a produção aquícola brasileira foi de 246.183 toneladas de organismos cultivados. Porém, o desenvolvimento da indústria aquícola tem sido criticado, devido os impactos ao meio ambiente causando prejuízos e perdas, destruindo ecossistemas importantes como manguezais, estuários e baías (Bailey, 1988). Pillay (2008) afirma que os principais impactos ambientais causados pela aquicultura são: a descarga dos efluentes de viveiros de cultivo, poluição por resíduos químicos empregados no cultivo e desmatamento dos manguezais.

A indústria de cultivo de camarão tem papel de grande importância na economia mundial, correspondendo à cerca de 30% da produção global desse crustáceo (Anderson, 2002). No Brasil, em 2003, foram produzidas 90.190 toneladas de camarão cultivado, representando um aumento de 50% em relação ao ano anterior (Madrid, 2005).

Em camarões, a melanose ou *blackspot* é um fenômeno natural que ocorre devido a reação enzimática oxidativa (Alford & Fieger, 1952). Esta reação é induzida por um desequilíbrio na distribuição de substâncias enzimáticas no animal vivo, que sofre traumatismo, conseqüentemente este apresentará manchas pretas durante a conservação em gelo ou sob congelamento (Ogawa et al., 1983; 1985). O traumatismo ocorre durante o manuseio do pescado na despesca e é o principal responsável pelo surgimento das manchas pretas (Ogawa et al., 1984).

Para evitar o aparecimento dessas manchas, é utilizado o metabissulfito de sódio ( $NaHSO_3$ ) (Alford & Fieger, 1952), um conservante de maior estabilidade que apresenta grande quantidade de dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), quando diluído em água (Silva, 1988) matando o camarão na despesca antes de ser congelado. A água, resultante desse processo, apresenta uma grande concentração de  $NaHSO_3$ , que é lançada sem tratamento no estuário e, assim, afeta toda a cadeia trófica existente neste ecossistema (Albuquerque, 2005). Devido a sua ação antioxidante, o metabissulfito de sódio sequestra o oxigênio da água, formando sulfato ácido de sódio que se dissocia em sódio e íons bissulfito (Cruz, 2004).

O dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), não é prejudicial à saúde dos consumidores, desde que se encontre numa faixa de 40 a 100 ppm (OMS – Organização Mundial de Saúde, apud Rocha & Maia, 1998). Valores encontrados acima de 100 ppm são rejeitados pela Food and Drugs Administration (Manual, 1998) porque podem causar crise de asma, reações cutâneas e tonturas em indivíduos sensíveis (Silva, 1988).

No Ceará, a manipulação do metabissulfito de sódio na atividade de despesca do camarão, ocasionou o óbito de um trabalhador com 29 anos, apresentando um diagnóstico de insuficiência renal aguda e SDR (Síndrome do desconforto respiratório do adulto). Após dois meses de trabalho, outro trabalhador de 26 anos, que participou de seis despescas, apresentou danos graves no sistema respiratório (Araújo & Araújo, 2003).

Diante dessa necessidade de proteger e monitorar o ambiente são realizados bioensaios de toxicidade aquática com diversas finalidades como: regulamentação ambiental, que avalia o impacto do poluente no ecossistema aquático; homologação e registros de produtos químicos comerciais utilizados no meio ambiente; e avaliação de medicamentos para o tratamento de doenças de organismos aquáticos (Lombardi, 2004).

Essa poluição dos rios é frequente, pois, a ação antrópica descarta uma grande diversidade de materiais poluentes. Esses poluentes afetam os ecossistemas inclusive a saúde humana, mesmo em pequenas concentrações. Por ano, a produção mundial de químicos orgânicos e sintéticos, denominados de xenobióticos, atingem um total de 200 milhões de toneladas anuais (Moreira & Siqueira, 2006).

Haja vista, a preocupação de poluição ocasionada por efluentes sem tratamento nos recursos hídricos, se faz necessário um estudo ecotoxicológico regional que indique a máxima concentração dos tóxicos em efluentes, para que assim possam ser tomadas medidas preventivas ou de regulamentação em caso de contaminação ambiental nos rios da região Bragantina.

### **Caracterização do xenobiótico**

Os xenobióticos são substâncias químicas estranhas aos organismos aquáticos que são liberados intencionalmente ou não ao meio ambiente (contaminantes agrícolas como fertilizantes, agrotóxicos, pesticidas, agentes tóxicos como corantes, e metais pesados, podendo ser tóxicos naturais ou antropogênicos que interagem com a vida aquática). Estes xenobióticos podem ser avaliados tendo em visto seus efeitos danosos aos organismos aquáticos.

O presente trabalho investiga a ação do xenobiótico, o qual é importante para a aquicultura e a indústria de beneficiamento do pescado, denominado metabissulfito de sódio no crustáceo *Minuca mordax*, bastante abundante e conhecido na região bragantina como chama-maré ou caranguejo violinista.

### **Metabissulfito de sódio**

Segundo o fabricante da marca comercial PLURY Química Ltda, o metabissulfito de sódio (alfa ou “grade food”) é comercializado em sacos de polietileno de 25 Kg ou *Big-bag* de rafia com capacidade de 1 Kg, em pó cristalino de coloração branca a levemente amarelada, leve odor de SO<sub>2</sub>, usado para prevenir a formação da melanose (manchas negras ou “*Black spot*”) em camarões durante a despesca dos mesmos.

A despesca que é a coleta dos camarões nos viveiros, tem início com a abertura das comportas seguida da retirada do camarão e imersão destes, em uma solução de água com metabissulfito de sódio para alimentos a uma concentração de 7 a 9% em volume, a uma temperatura aproximadamente de 0°C, durante um período de 12 a 15 minutos (Araújo & Araújo, 2003).

De acordo com Fazio (1990) e Nickelson (1997) apud Atkinson (1993) o metabissulfito de sódio é um forte agente redutor e compete com a tirosina pelo oxigênio molecular, podendo ser destacado seu uso como agente anticloro, antioxidante e agente de sulfonação. Também apresenta um efeito inibidor da proliferação de microrganismos, propriedade que, aliada a de ser antioxidante resulta em sua ampla utilização pelo setor alimentício. Ainda é utilizado nas indústrias têxtil, celulose e química em geral.

### **Teste de toxicidade aquática**

Os testes de toxicidade aquática consistem em procedimentos nos quais as respostas dos organismos são utilizadas para a determinação de efeitos deletérios de qualquer substância, durante um período de tempo. Com estas respostas, pode-se estimar através de métodos estatísticos, a concentração dessas substâncias que poderão causar toxicidade aos organismos aquáticos. Os estudos relativos a este assunto podem ser conduzidos através de testes experimentais com metodologias distintas, estabelecidas de acordo com os objetivos que procurar alcançar nessas avaliações (César et al., 1997). Os testes de toxicidade podem durar horas ou dias, geralmente 96 horas em organismos aquáticos.

O objetivo é determinar a concentração letal (Cl50), isto é, a concentração onde metade dos indivíduos morrem depois de determinado tempo de exposição ao agente tóxico (Ferreira, 2003). Sendo que esses serão desenvolvidos em sistema estático, que consiste na manutenção da mesma solução teste, sem que haja troca ou reposição durante todo o experimento. São importantes para a caracterização da resposta ecológica a uma determinada amostra ambiental, substância ou elemento químico, com os seguintes propósitos: predição, diagnóstico, classificação, regulamentação e mapeamento de contaminação (Usepa, 2002 apud Cruz, 2004).

### **Organismo teste de sensibilidade**

A escolha de organismo teste para realizar testes de toxicidade aquática em condições de laboratório segue determinados critérios: os organismos têm que ser representativos de um grupo taxonômico de importância ecológica e ser também de fácil disponibilidade para a realização dos testes.

A espécie utilizada neste estudo foi o caranguejo *M. mordax* (Smith, 1870), que é um crustáceo da família Ocypodidae, subfamília Gelasiminae. Espécie de grande abundância nos manguezais da região bragantina e de fácil manejo em laboratório para o experimento que se propõe. Geralmente pequeno com patas escuras e carapaça clara. Segundo Melo (1996), o *M. mordax* é nativo do Atlântico Ocidental - Golfo do México, América Central, norte da América do Sul, Guianas e Brasil (Pará até São Paulo) vivendo as margens de riachos e manguezais. As populações com maior número de indivíduos se estabelecem acima do nível dos manguezais, onde a água é praticamente doce.

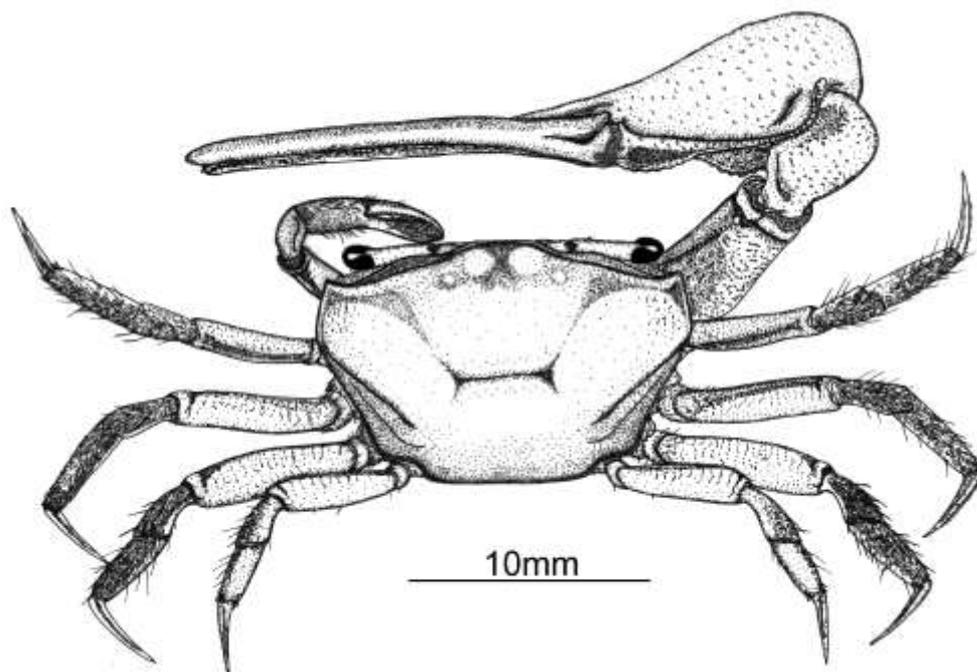
Perto da praia ficam poucos indivíduos, apresentando dedos não muito mais longos do que a palma com hiatos entre eles, sendo o dátilo, truncado na extremidade, mais longo do que o dedo fixo com um dente na

porção medial, com carapaça mais larga atrás dos ângulos ântero-laterais, fronte em base, cerca de 1/3 da largura fronto-orbital (Melo, 1996). Os caranguejos chama-marés, também são conhecidos como caranguejos violinistas, são animais depositivos da zona entre-marés de estuários de estuários de clima tropical, subtropical e temperado quente (Crane, 1975).

Segundo Koch e Wolff (2002), esses animais constituem um componente significativo da biomassa macrofaunística da zona entre-marés do estuário do Rio Caeté. Facilitam a biomineralização da matéria orgânica, proporcionando alimento para níveis tróficos superiores e são excelentes bioindicadores de poluição, com importante papel ecológico do ato de escavar galerias conduzindo matéria orgânica para a superfície terrestre, incrementando a atividade microbiana, estimulando o crescimento das gramas marinhas (Genoni, 1985; 1991). O *M. mordax*, utiliza movimentos periódicos com o quelípodo, que caracteriza corte ou territorialismo, possui as seguintes médias de carapaça: 22 mm de região frontal; 13,5 mm de região anterior e 16 mm de região lateral (Figura 1).

**Figura 1.** *Minuca mordax* (Smith, 1870), exemplar macho (largura da carapaça 36.2 mm) coletado próximo da ponte Sapucaia às margens do Rio Caeté, Pará, Brasil.

(Depositado no Museu de Zoologia da USP sob o código MZUSP 16854).



Este trabalho tem como objetivo avaliar o risco toxicológico do metabissulfito através de determinação de concentração letal (CL50-96h) do *M. mordax* na região bragantina; além de determinar a CL50 do metabissulfito de sódio para o caranguejo chama-maré *M. mordax* e também precisar a sensibilidade desse crustáceo ao metabissulfito de sódio avaliado.

## Material e Métodos

### Local e aclimação

Os testes foram realizados no Laboratório de Carcinologia no Campus Universitário de Bragança-Pa. Para a variação do metabissulfito de sódio, seguindo, a metodologia descrita por Meneses & Ogawa (1977), para determinação do teor residual de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Os testes foram realizados durante 96 horas sob fotoperíodo natural.

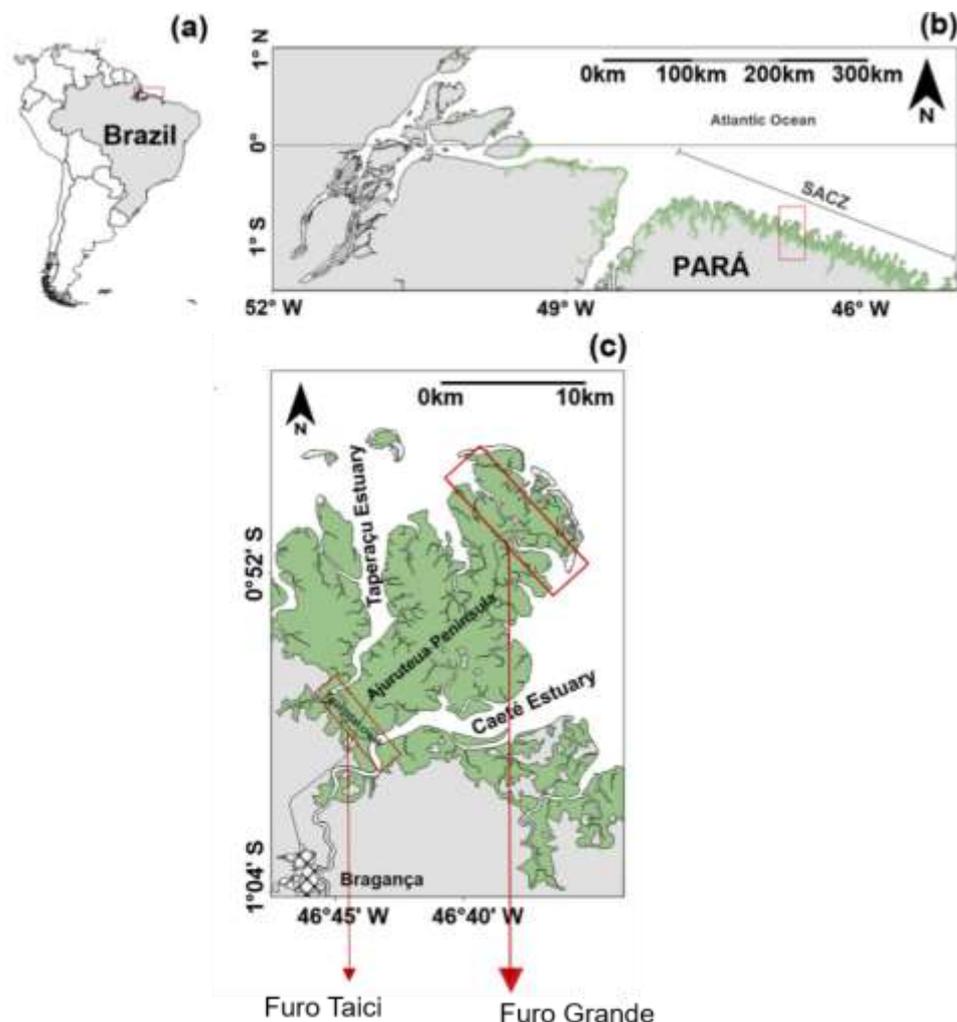
Os caranguejos foram coletados manualmente às margens dos Furos Grande e Taici, na península bragantina (Figura 2), e conduzidos ao laboratório sendo transportados e aclimatados em recipientes plásticos de 5 L, durante um período de 10 dias. Este procedimento visa a recuperação do estresse da captura e transporte, para depois serem submetidos aos testes de toxicidade. Durante esse período os animais foram alimentados 2 vezes ao dia com mexilhão, com renovação de água de 20% e as sobras eram sifonadas para a manutenção da qualidade da água. Vinte e quatro horas antes do teste eles passaram por um jejum para depois serem pesados e distribuídos nos recipientes, e durante o experimento não foram alimentados.

### Teste de sensibilidade

Previamente ao teste definitivo foram realizados testes preliminares para determinar a menor concentração de metabissulfito de sódio que causava 100% de mortalidade dos caranguejos (*screening*).

Para a realização dos ensaios foi utilizado o inteiramente casualizado, todos com 5 concentrações diferentes de metabissulfito de sódio (0,0; 0,05; 0,07; 0,10 e 0,15 mg/L) e cinco repetições. O metabissulfito de sódio foi pesado em balança eletrônica digital microprocessada de precisão 0,01g (modelo Mark 3500) para obtenção da quantidade necessária para o experimento. Os animais foram distribuídos na densidade de 5g/L em recipiente com 2L de água em sistema estático durante 96 horas.

**Figura 2.** Localização dos pontos de coleta, Furos Grande e Taici, situados no estuário do Rio Caeté, na península Bragançana (modificado de Mehlig, 2001).



### Teste experimental definitivo

Os ensaios experimentais foram conduzidos em recipientes de 5 L devidamente lavados, com volume útil de 2 L, sem aeração artificial e densidade de estocagem de 2 caranguejos por recipiente. Os caranguejos eram então pesados ( $0,50\text{g} \pm 0,45$ ) e distribuídos em cada parcela num sistema estático durante 96 horas.

### Mortalidade

As mortalidades foram observadas a cada 12 horas, durante 96 horas. Os caranguejos mortos eram retirados com auxílio de peneiras para manutenção da qualidade de água. Foram monitoradas a cada 12 horas as variáveis de água (Oxigênio dissolvido, temperatura, pH e salinidade) com auxílio do Multiparâmetro Sensor.

### Determinação da concentração letal

Após a obtenção dos dados, estes foram realizados pelo método de *Trimmed Spcarmam Kerber* (Hamilton et al., 1978) para determinação de CL50 para o produto.

## Resultados e Discussão

### Qualidade da água

Durante a realização dos experimentos para análise do efeito do metabissulfito de sódio, as variáveis abióticas foram mensuradas após 12 horas de exposição ao agente químico unicamente no tratamento 5 com uma concentração de 0,15 mg/L. Constatou-se que a qualidade da água apresentou as seguintes características (Tabela 1):

**Tabela 1.** Variáveis abióticas mensuradas após 12 horas de exposição ao metabissulfito.

Variáveis	Média ± Desvio Padrão
Salinidade	3,12 ± 0.08
Temperatura	28,9 ± 0.013 °C
Oxigênio dissolvido	0.68 ± 0.08 mg. l-1
pH	5,16 ± 0.01

### Teste de sensibilidade

Os caranguejos expostos ao metabissulfito de sódio apresentaram comportamentos semelhantes durante as 96 horas de cultivo, começando com uma agitação (no momento da adição do produto), seguida de repouso ao final do experimento.

Após o teste, determinou-se uma CL<sub>50</sub>–96h para o metabissulfito de sódio, de 0,10 mg/L. Resultados demonstram que no tratamento T1 (controle), ausência de concentração de metabissulfito de sódio não houve alteração na sobrevivência da espécie, observando o percentual de 100% de sobrevivência durante as 96 horas do desenvolvimento experimental, representando condições ideais para a sobrevivência da espécie.

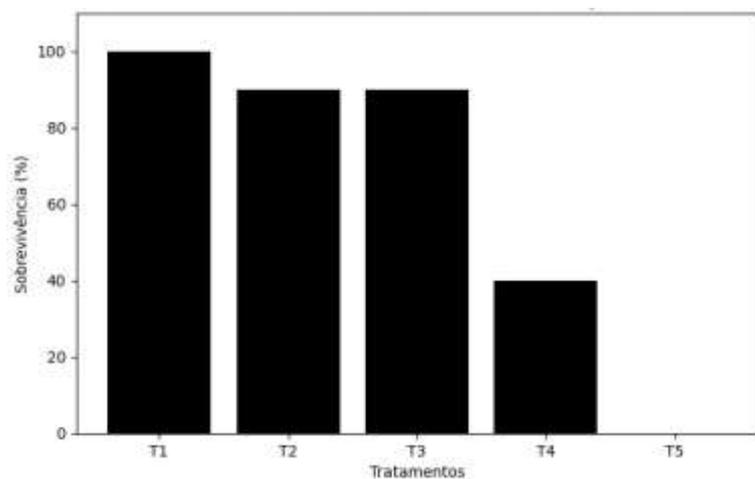
O tratamento T2, com concentração de metabissulfito de sódio de 0,05 mg/L, apresentou taxa de sobrevivência equivalente a 90%, sendo que a redução na taxa de sobrevivência foi observada no decorrer de 48 horas de cultivo.

No tratamento T3, com concentração de 0,07 mg/L de metabissulfito de sódio, também apresentou sobrevivência equivalente a 90% dos indivíduos testados, sendo que a redução da taxa de sobrevivência foi observada nas primeiras 36 horas de cultivo e posterior estabilização nas taxas de sobrevivência. Sugerindo que concentrações menores de metabissulfito de sódio permitem mudanças no tempo de sobrevivência desta espécie, mas que são concentrações aceitáveis para a sua sobrevivência.

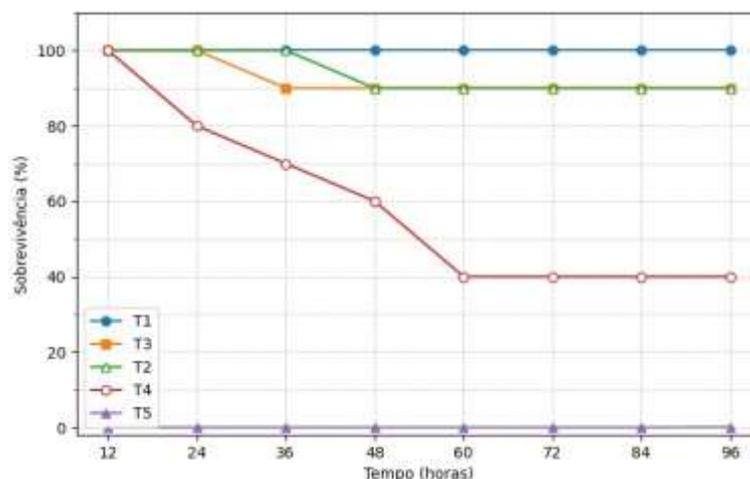
No tratamento T4, onde foi utilizada a concentração de 0,10 mg/L de metabissulfito de sódio, observou-se uma taxa de sobrevivência de 40%, e uma redução na taxa de sobrevivência nas primeiras 24, 36, 48 e 68 horas de cultivo e posterior estabilização nas taxas de sobrevivência, tal resultado sugere que essa concentração tem grande significância na redução da sobrevivência dessa espécie.

No tratamento T5, com concentração de 0,15 mg/L de metabissulfito de sódio, foi observado uma taxa de sobrevivência de 0%, tal concentração foi determinante para inviabilizar a sobrevivência desta espécie, onde todos os indivíduos testados apresentaram sobrevivência inferior a 12 horas de cultivo, sugerindo que essa concentração de metabissulfito de sódio é nociva à sobrevivência desta espécie. Este resultado demonstra que concentrações superiores a 0,10 mg/L de metabissulfito de sódio são capazes de provocar mortalidade no cultivo desta espécie (Figura 3 e 4).

**Figura 3.** Relação tratamento - sobrevivência do *M. mordax* para o NaHSO<sub>3</sub> no teste de sensibilidade.



**Figura 4.** Relação sobrevivência – tempo do *M. mordax* para o NaHSO<sub>3</sub> no teste de sensibilidade.



Na literatura científica, existem várias pesquisas voltadas para a avaliação de testes de toxicidade em organismos aquáticos como microalgas (Aidar et al., 2002), macroalgas (Maurat, 1996), ostras (Nascimento, 2002), mexilhões (Zaroni, 2002), peixes (Fernandes, 2002), microcrustáceo (*Artemia* sp.) (Veiga & Vital, 2002), camarões (Clay, 1997), com diversos xenobióticos, pois a preocupação com a proteção do ecossistema marinho é enorme (Nascimento et al., 2002; Aragão et al., 2008).

Apesar de existirem ainda poucos grupos de pesquisa voltados para a avaliação do impacto biológico de poluentes lançados ao mar, como o metabissulfito de sódio; na literatura científica existem estudos de toxicidade em caranguejos, utilizando-se o metabissulfito de sódio, com duas espécies de interesse comercial, *Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumi* (Pedale et al., 2008; Galli et al., 2012).

## Conclusão

O caranguejo chama-maré *M. mordax* é sensível ao agente químico metabissulfito de sódio, apresentando CL50 de 0,10 mg/L.

Esse xenobiótico, embora ainda não detectado na região, através de estudos científicos, são fontes de contaminação ambiental. Sabe-se que na região Nordeste do Brasil predomina o cultivo de camarões marinhos, embora, se observa o crescimento da carcinicultura na zona costeira da região Norte, sendo esta atividade a principal fonte de efluentes.

A determinação da CL50 pode colaborar em muito como ferramenta de informação para elaboração de leis ambientais e normas de políticas públicas para prevenção de impactos ambientais envolvendo esta substância química.

## Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fundamental apoio e incentivo à realização deste estudo e ao avanço da ciência brasileira.

## Referências

- Aidar, E., Pereira, S.A., Sousa, E.C.P.M. & Brasil-Lima, G.M.S. (2002). *Testes de toxicidade com microalgas. In Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil* (p. 262). Editora Artes Gráficas e Indústria.
- Albuquerque, L.F. (2005). *Estudo da oxidação do metabissulfito de sódio contido no efluente da carcinicultura* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.
- Alford, J.A. & Fieger, E.A. (1952). The non-microbial nature of the black spots on ice-packed shrimp. *Food Technology*, 6(6): 217–219.
- Anderson, J.L. (2002). Aquaculture and the future: Why fisheries economists should care. *Marine Resource Economics*, 17(2): 133–151.

- Aragão, J.S., Castro, C.B. de, & Lotufo, L.V.C. (2008). Toxicidade do metabissulfito de sódio em *Mysidopsis juniae*. *Arquivo de Ciências do Mar*, 41(1): 24–29.
- Araújo, F.R. & Araújo, Y.M.G. (2004). *Metabissulfito de sódio e SO<sub>2</sub>: Perigo químico oculto para os trabalhadores que realizam a despesca do camarão em cativeiro* (Relatório técnico). Delegacia Regional do Trabalho – DRT/CE.
- Atkinson, D.A., Sim, T.C. & Grant, J.A. (1993). Sodium metabisulfite and SO<sub>2</sub> release: An under-recognized hazard among shrimp fishermen. *Annals of Allergy*, 71(6): 563–566.
- Bailey, C. (1988). The social consequences of tropical shrimp mariculture development. *Ocean and Shoreline Management*, 11(1): 31–44.
- César, A., Silva, S.L.R. da, & Santos, A.R. (1997). *Testes de toxicidade aquática no controle da poluição*. Santos: Universidade Santa Cecília - Unisanta.
- Clay, J.W. (1997). Toward sustainable shrimp aquaculture. *World Aquaculture-Baton Rouge*, 28(3): 32-37.
- Crane, J. (1975). *Fiddler crabs of the world: Ocypodidae: Genus Uca*. Princeton University Press.
- Cruz, R.R.M. (2004). *O uso do metabissulfito de sódio na criação de camarão marinho em cativeiro e seu perigo para o trabalhador e o meio ambiente* (Monografia de especialização em gestão ambiental). Universidade de Fortaleza.
- FAO (2007). *The state of world fisheries and aquaculture 2006* (180 p.). FAO. Disponível em: <https://www.fao.org/4/a0699e/a0699e.pdf>
- Fazio, T. & Warner, C.R. (1990). A review of sulphites in foods: Analytical methodology and reported findings. *Food Additives & Contaminants*, 7(4): 433–454.
- Ferreira, C.M. (2003). Testes de toxicidade aquática para monitoramento ambiental. *Biológico*, 65(1/2): 17-18.
- Galli, O.B.S., Fujimoto, R.Y. & Abrunhosa, F.A. (2012). Acute toxicity of sodium metabisulphite in larvae and post-larvae of the land crab, *Cardisoma guanhumi*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89(2): 274-280.
- Genoni, G.P. (1985). Food limitation in salt marsh fiddler crabs *Uca rapax* (Smith) (Decapoda: Ocypodidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 87(1): 97-110.
- Genoni, G.P. (1991). Increased burrowing by fiddler crabs *Uca rapax* (Smith) (Decapoda: Ocypodidae) in response to low food supply. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 147(2): 267-285.
- Hamilton, M.A., Russo, R.C. & Thurston, R.V. (1978). Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in bioassays. *Environmental Science & Technology*, 12(4): 417.
- Koch, V. & Wolff, M. (2002). Energy budget and ecological role of mangrove epibenthos in the Caeté estuary, North Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, 228, 119–130.
- Lombardi, J.V. (2004). *Fundamentos de toxicologia aquática*. In *Sanidade de organismos aquáticos* (pp. 263-272). São Paulo.
- Madrid, R.M. (2005). Análise das exportações da carcinicultura brasileira de 1999 a 2003: Cinco anos de sucesso e 2004, o início de uma nova fase. *Revista da ABCC*, 7(1): 76-84.
- Manual, Bacteriological Analytical. (1998). Revision A. Gaithersburg, MA, USA: US Food and Drug Administration (FDA).
- Maurat, M.C.S. (1996). *Efeito crônico do óleo bruto, de dispersante de petróleo e da mistura óleo/dispersante na espécie *Champia parvula* (C. Agardh) Harvey-macroalga* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo.
- Melo, G.D. (1996). *Manual de identificação dos *Brachyura* (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. Belém: Plêiade/Fadesp.

- Meneses, A.C.S. & Ogawa, M. (1977). Uso do bissulfito de sódio na prevenção da "mancha preta" em camarões, durante estocagem em gelo, e estimação do dióxido de enxofre residual. *Arquivos de Ciências do Mar*, 17(2): 89–93.
- Moreira, F.M.S. & Siqueira, J.O. (2006). *Microbiologia e bioquímica do solo* (2ª ed.). Lavras: UFLA
- Nascimento, I.A. (2002). Testes de toxicidade com embriões da ostra *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). In *Métodos em ecotoxicologia marinha: Aplicações no Brasil* (p. 262). Editora Artes Gráficas e Indústria Ltda.
- Nickelson, R. & Cox, B. (1977). *Stop shrimp 'Black Spot'*. Marine Advisory Bulletin, TAMU-SG-77-504. Texas A&M University.
- Ogawa, M., et al. (1983). Mechanism of black discoloration in spiny lobster tails stored in ice. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 49(7): 1065–1075.
- Ogawa, M., et al. (1985). Influence of freezing, storing and thawing on melanin formation in lobster (*Panulirus laeviscauda*) tails. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 51(1): 127-131.
- Ogawa, M., Perdígão, N.B., Meneses, A.C.S., Magalhães-Neto, E.O. & Lima, A.W.O. (1984). Estudo da barriga-preta em caudas de lagosta do gênero *Panulirus* White. *Arquivos de Ciências do Mar*, 23(1-2): 57-63.
- Ostrensky, A., Borghetti, J.R. & Pedini, M. (2000). Situação atual da aquicultura brasileira e mundial. In *Aquicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável* (pp. 354-381). CNPq.
- Pedale, A.B., Fujimoto, R.Y., Santos, R.F. & Abrunhosa, F.A. (2012). Acute toxicity of sodium metabisulphite on mangrove crab *Ucides cordatus* (Decapoda, Ucididae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84(4): 1009-1014.
- Pillay, T.V.R. (2008). *Aquaculture and the environment*. John Wiley & Sons.
- Rocha, I.P. & Maia, E.P. (1998). Desenvolvimento tecnológico e perspectivas de crescimento da carcinicultura marinha brasileira. In *Anais do Aquacultura Brasil* (Vol. 1, pp. 213-235).
- Silva, R.R. da. (1988). Considerações sobre o uso e o mal uso de sais de sulfito em crustáceos. In Seminário sobre Controle de Qualidade na Indústria de Pescado, Santos: *Anais* (pp. 244-259). Loyola.
- Veiga, L.F. & Vital, N. (2002). Testes de toxicidade aguda com o microcrustáceo *Artemia* sp. In Nascimento, I.A., Souza, E.C.P.M. & Nipper, M. (Eds.): *Métodos de ecotoxicologia marinha* (pp. 111-119). Editora Artes Gráficas e Industriais Ltda.
- Zaroni, L.P. (2002). Testes de toxicidade com embriões do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758). In Nascimento, I.A., Sousa, E.C.P.M. & Nipper, M. (Eds.): *Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações para o Brasil* (262 p.). Editora Artes Gráficas e Industriais Ltda.

#### Como citar o artigo:

Pires, M.A.B., Guimarães-Júnior, J.C., Saviato, M.Jr. & Ribeiro, M.S.G. (2025). Avaliação toxicológica do xenobiótico metabissulfito de sódio na sobrevivência do caranguejo-violinista *Minuca mordax* (Smith, 1870) (Decapoda, Ocypodidae). *Actapesca*, 23, 163-171.