

# Ostras como bioindicadores na Amazônia: detecção de bactérias patogênicas em ambientes estuarinos

## Oysters as bioindicators in the Amazon: detection of pathogenic bacteria in estuarine environments

Daniela Cristiane da Cruz Rocha<sup>1</sup>, Karina Lúcia Silva da Silva<sup>2</sup>, Anderson Nonato do Rosário Marinho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Evandro Chagas/SVSA/MS, Seção de Meio Ambiente, Laboratório de Microbiologia Ambiental, Ananindeua, Pará, Brasil

<sup>2</sup> Instituto Evandro Chagas/SVSA/MS, Ananindeua, Pará, Brasil



### RESUMO

**INTRODUÇÃO:** A poluição de ambientes aquáticos por esgoto e resíduos orgânicos intensifica a contaminação microbiológica da fauna marinha. Moluscos bivalves, por serem filtradores e bioacumuladores, refletem a qualidade da água de cultivo e são amplamente utilizados como bioindicadores, além de responderem a variações térmicas e pluviométricas. **OBJETIVO:** Avaliar a qualidade microbiológica de ostras cultivadas e comercializadas no estado do Pará, com ênfase na identificação de microrganismos patogênicos associados à contaminação ambiental e sua correlação com variações de temperatura e precipitação. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Foram analisadas 120 ostras provenientes de cinco pontos de cultivo. Realizou-se o isolamento bacteriano em meios seletivos e de enriquecimento, seguido de identificação bioquímica convencional e automatizada pelo sistema VITEK<sup>®</sup> 2 (bioMérieux). **RESULTADOS:** Foram identificados os gêneros *Vibrio* spp., *Aeromonas* spp., *Salmonella* spp. e *Escherichia* spp., todos associados à poluição e epidemiologicamente relevantes. *Vibrio* foi o gênero mais frequente, com destaque para *V. parahaemolyticus* e *V. vulnificus*, cuja proliferação é favorecida por temperaturas elevadas e está relacionada a surtos alimentares. A detecção de *E. coli* indica contaminação fecal e falhas nas práticas sanitárias. *Aeromonas* spp. e *Salmonella* spp., embora menos prevalentes, representam riscos à saúde, especialmente para populações vulneráveis. **CONCLUSÃO:** A presença desses patógenos evidencia a baixa qualidade ambiental das águas utilizadas na aquicultura, associada à poluição e a alterações térmicas e pluviométricas que influenciam a multiplicação bacteriana. Ressalta-se a necessidade de monitoramento contínuo e de implementação de medidas eficazes de controle sanitário e ambiental para a proteção e preservação dos ecossistemas aquáticos e da saúde pública.

**Palavras-chave:** Moluscos Bivalves; Monitoramento; Saúde Pública; Clima; Meio Ambiente.

### ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Pollution of aquatic environments by sewage and organic waste intensifies the microbiological contamination of marine fauna. Bivalve mollusks, due to their filter-feeding behavior and bioaccumulation capacity, reflect the quality of cultivation waters and are widely used as bioindicators, in addition to responding to thermal and pluviometric variations. **OBJECTIVE:** To evaluate the microbiological quality of oysters cultivated and marketed in the state of Pará, with emphasis on the identification of pathogenic microorganisms associated with environmental contamination and their correlation with variations in temperature and precipitation. **MATERIALS AND METHODS:** A total of 120 oysters from five farming sites were analyzed. Bacterial isolation was performed using selective and enrichment media, followed by conventional biochemical identification and automated analysis using the VITEK<sup>®</sup> 2 system (bioMérieux). **RESULTS:** The genera *Vibrio* spp., *Aeromonas* spp., *Salmonella* spp., and *Escherichia* spp. were identified, all of which are associated with pollution and are epidemiologically relevant. *Vibrio* was the most frequent genus, particularly *V. parahaemolyticus* and *V. vulnificus*, whose proliferation is favored by elevated temperatures and is linked to foodborne outbreaks. The detection of *E. coli* indicates fecal contamination and deficiencies in sanitary practices. Although less prevalent, *Aeromonas* spp. and *Salmonella* spp. also pose health risks, especially to vulnerable populations. **CONCLUSION:** The presence of these pathogens indicates the poor environmental quality of waters used in aquaculture, associated with pollution and with thermal and pluviometric changes that influence bacterial multiplication. These findings highlight the need for continuous monitoring and the implementation of effective sanitary and environmental control measures to protect aquatic ecosystems and public health.

**Keywords:** Bivalve Mollusks; Monitoring; Public Health; Climate; Environment.

### Correspondência / Correspondence:

Daniela Cristiane da Cruz Rocha  
Instituto Evandro Chagas/SVSA/MS, Seção de Meio Ambiente  
Rodovia BR-316 km 7, s/n. Bairro: Levilândia. CEP: 67030-000 – Ananindeua, Pará, Brasil  
E-mail: danielarocha@iec.gov.br



## INTRODUÇÃO

Em vários estados litorâneos brasileiros, os moluscos bivalves, como mexilhões e ostras, garantem a subsistência de populações ligadas à pesca artesanal, tanto para consumo quanto para comercialização<sup>1</sup>. Segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura, o estado do Pará ocupa o segundo lugar no ranking nacional de volume de pescado desembarcado, já que a pesca extrativa marinha e estuarina constitui uma importante atividade na Região Norte do Brasil<sup>2,3</sup>.

Segundo Feldhusen<sup>4</sup>, as bactérias patogênicas associadas a doenças relacionadas ao consumo de moluscos bivalves e outros produtos marinhos podem ser agrupadas conforme a fonte de contaminação. O primeiro grupo compreende microrganismos naturalmente presentes no ecossistema aquático, como *Aeromonas hydrophila*, *Clostridium botulinum*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio vulnificus* e *Listeria monocytogenes*. O segundo grupo inclui bactérias presentes nesse ambiente como resultado da contaminação por fezes animais, como *Salmonella* spp., *Shigella* spp. e *Escherichia coli*. O terceiro grupo é constituído por bactérias introduzidas durante a manipulação e processamento dos alimentos, como *Staphylococcus aureus*.

Além dos indicadores clássicos de contaminação fecal, amplamente utilizados para avaliar a qualidade microbiológica de moluscos bivalves, espécies do gênero *Vibrio* ocorrem naturalmente em ambientes marinhos, costeiros e estuários. Algumas delas, como *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* e *V. cholerae*, são potencialmente patogênicas ao ser humano e podem estar presentes em pescados e moluscos consumidos crus ou parcialmente submetidos à cocção<sup>5</sup>.

A importância dos alimentos de origem marinha como veículos de doenças de origem alimentar está condicionada a fatores como hábitos alimentares, cuidados pós-coleta e práticas tradicionais de preparo. Em países como o Japão, a elevada proporção de surtos envolvendo esses alimentos está relacionada ao consumo frequente de pescado *in natura*, quando comparado ao de outros países, como

o Canadá e os Estados Unidos<sup>6</sup>. No Brasil, entretanto, os dados sobre surtos associados ao consumo de produtos marinhos ainda não estão disponíveis no sistema de saúde.

Na Região Amazônica, a deficiência de infraestrutura de saneamento básico, aliada ao despejo *in natura* de efluentes urbanos em corpos d'água, compromete a qualidade sanitária ambiental<sup>7</sup>. Essa realidade é agravada pelas mudanças climáticas, que alteram os padrões hidrológicos e elevam a temperatura das águas, favorecendo a proliferação de microrganismos patogênicos<sup>8</sup>. Dessa forma, a identificação de bactérias patogênicas em ostras provenientes de áreas de cultivo no litoral nordeste do Pará fornece dados inéditos sobre a distribuição desses microrganismos em moluscos bivalves e sobre os níveis de contaminação ambiental. A correlação desses dados com variações de temperatura e precipitação permite uma compreensão mais ampla dos fatores ambientais que influenciam a ocorrência desses patógenos, subsidiando o monitoramento microbiológico das ostras e do ambiente em que são cultivadas, além de auxiliar na avaliação dos potenciais riscos à saúde pública.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no litoral do nordeste paraense (Figura 1), região caracterizada por uma complexa rede de estuários, manguezais e áreas de maré, que favorecem o cultivo de moluscos bivalves, especialmente ostras. Essa região integra o ecossistema costeiro-amazônico e apresenta grande importância ecológica e socioeconômica. O clima predominante é o equatorial úmido, com duas estações bem definidas: uma chuvosa, de janeiro a junho, e outra menos chuvosa, de julho a dezembro. As temperaturas médias anuais variam entre 26 °C e 28 °C, com alta umidade relativa do ar. Do ponto de vista fisiográfico, a região apresenta relevo baixo e plano, solos predominantemente argilosos e forte influência das marés, fatores que condicionam a dinâmica hidrológica e a distribuição da biota aquática<sup>9</sup>.

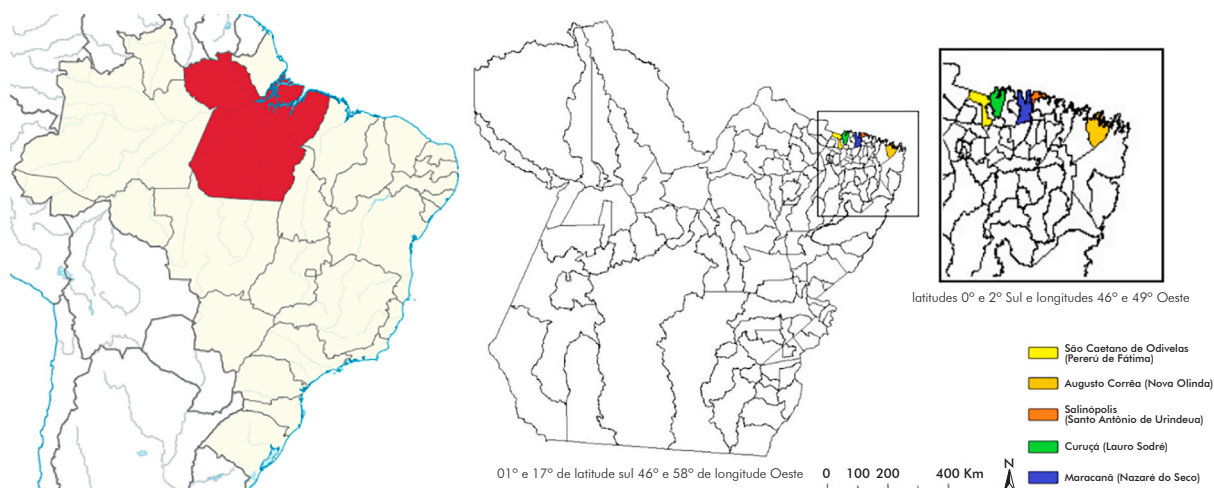


Figura 1 – Municípios onde foram realizadas as coletas de ostra para a pesquisa, estado do Pará, Brasil

A ostreicultura constitui uma atividade relevante para as populações tradicionais do litoral nordeste do Pará, especialmente nas comunidades de Nova Olinda (Augusto Corrêa), Santo Antônio de Urindeua (Salinópolis), Nazaré do Seco (Maracanã), Lauro Sodré (Curuçá) e Pererú de Fátima (São Caetano de Odivelas) (Tabela 1). Desenvolvida de forma artesanal e majoritariamente familiar, essa atividade caracteriza-se como prática sustentável de subsistência, que se consolida como forma de resistência às mudanças climáticas e às pressões socioambientais<sup>10</sup>.

#### DESENHO DO ESTUDO E ASPECTOS ÉTICOS

Trata-se de um estudo longitudinal, com coleta de amostras de ostras entre 2017 e 2018, em áreas de

ostreicultura de cinco municípios do estado do Pará. Por se tratar de estudo envolvendo exclusivamente animais invertebrados, não foi necessária a apreciação do projeto por um Comitê de Ética no Uso de Animais.

#### COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

As coletas foram realizadas em dois períodos distintos, em 2017 e 2018, contemplando variações sazonais. Em 2017, ocorreram nos meses de março, abril, junho, setembro e novembro; em 2018, em março, junho, setembro, novembro e dezembro. As tabelas 2 e 3 apresentam a distribuição do número de ostras coletadas por localidade e mês. Essa abordagem permitiu avaliar a variabilidade temporal e espacial das amostras.

**Tabela 1** – Indicadores populacionais dos municípios onde foram realizadas as coletas de ostra para a pesquisa, estado do Pará, Brasil

Município (Comunidade)	População em 2022	IDHM
Augusto Corrêa (Nova Olinda)	44.573 habitantes	IDHM ≈ 0,52
Salinópolis (Santo Antônio de Urindeua)	44.772 habitantes	IDHM ≈ 0,65
Maracanã (Nazaré do Seco)	25.971 habitantes	IDHM ≈ 0,57
Curuçá (Lauro Sodré)	41.262 habitantes	—
São Caetano de Odivelas (Pererú de Fátima)	16.666 habitantes	IDHM ≈ 0,585

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022)<sup>11</sup>.

IDHM: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

**Tabela 2** – Distribuição do número de ostras coletadas por localidade e mês do ano de 2017, no estado do Pará, Brasil

Comunidade (Município)	Mês de coleta (2017)					Total/Ano
	Março	Abril	Junho	Setembro	Novembro	
Nova Olinda (Augusto Corrêa)	4	–	4	–	4	12
Lauro Sodré (Curuçá)	–	4	4	4	4	16
Pererú de Fátima (São Caetano de Odivelas)	3	–	3	3	3	12
Santo Antônio de Urindeua (Salinópolis)	3	–	3	3	3	12
Nazaré do Seco (Maracanã)	–	4	4	–	–	8
Total/Mês	10	8	18	10	14	60

Sinal convencional utilizado: – Dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento.

**Tabela 3** – Distribuição do número de ostras coletadas por localidade e mês do ano de 2018, no estado do Pará, Brasil

Comunidade (Município)*	Mês de coleta (2018)					Total/Ano
	Março	Junho	Setembro	Novembro	Dezembro	
Nova Olinda (Augusto Corrêa)	4	3	4	4	3	18
Lauro Sodré (Curuçá)	3	4	4	3	–	14
Pererú de Fátima (São Caetano de Odivelas)	4	4	4	3	3	18
Santo Antônio de Urindeua (Salinópolis)	3	4	–	3	–	10
Total/Mês	14	15	12	13	6	60

\* Não houve coleta na localidade de Nazaré do Seco (Maracanã), no ano de 2018, em razão de impedimentos operacionais. Sinal convencional utilizado: – Dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento.

Além das características ambientais e socioeconômicas, é importante destacar as especificidades da ostreicultura praticada nas comunidades estudadas. Em Nova Olinda (Augusto Corrêa), Santo Antônio de Urindeua (Salinópolis), Nazaré do Seco (Maracanã), Lauro Sodré (Curuçá) e Pererú de Fátima (São Caetano de Odivelas), a produção de ostras é artesanal, conduzida majoritariamente por famílias extrativistas e organizações locais. Em Nazaré do Seco e em Pererú de Fátima, a atividade é realizada diretamente em áreas de manguezal, utilizando técnicas tradicionais, como estacas fixas ou cordões suspensos.

Em todas as comunidades, a espécie cultivada é a *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), nativa do Atlântico Sul e adaptada às condições estuarinas e à salinidade variável da região. Para este estudo, foram analisadas 120 ostras, coletadas de forma sistemática em diferentes pontos de cultivo ao longo do período de amostragem, considerando critérios de representatividade espacial e sazonal, abrangendo os períodos chuvoso e menos chuvoso.

Após a coleta, as amostras foram lavadas individualmente com água destilada estéril e álcool a 70%. Em condições de esterilidade, sob capela de fluxo laminar, as valvas foram abertas com facas ou bisturis para a retirada da parte mole, que foi agrupada em pools e triturada com gral e pistilo. Para cada análise bacteriológica, foram utilizados aproximadamente 25 g de tecido, correspondentes, em média, a quatro espécimes.

#### ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

A identificação de enterobactérias foi realizada por meio de métodos de isolamento e caracterização bioquímica. As amostras foram homogeneizadas em 225 mL de água peptonada tamponada (APT, pH 7,0) e incubadas a 35 °C por 18 h. Para a pesquisa de *Salmonella*, uma alíquota de 0,1 mL da cultura em APT foi inoculada em caldo Rappaport-Vassiliadis (RV) e incubada a 42,2 °C por 18 h. Outra alíquota de 0,1 mL foi inoculada em caldo *Escherichia coli* (EC) e incubada a 35 °C por 18 h para isolamento de *E. coli*. Posteriormente, as culturas dos caldos RV e EC foram semeadas em ágar *Salmonella-Shigella* (SS) e ágar MacConkey (MC), respectivamente. Colônias suspeitas foram submetidas ao meio de cultura triplo açúcar ferro (TSI) e identificadas bioquimicamente.

Para a pesquisa de *Vibrio*, as amostras foram diluídas em água peptonada alcalina (APA) contendo 1% e 3% de NaCl, além de APT, seguidas de isolamento em ágar SS, MC e tiosulfato-citrato-bile-sacarose. Entre cinco e dez colônias suspeitas foram semeadas nos meios de triagem TSI e Kligler, seguidas de identificação bioquímica e sorológica<sup>12</sup>. Após a triagem das colônias suspeitas, as amostras foram identificadas por automação no aparelho VITEK® 2 (bioMérieux), utilizando painéis com provas de identificação para bacilos Gram-negativos.

#### LEVANTAMENTO DAS VARIAÇÕES DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO

Para avaliar o impacto potencial das variações climáticas sobre a multiplicação de bactérias no ambiente aquático, foram utilizados anomalias de temperatura média (ATM) e dados de precipitação observada extraídos do sistema do Instituto Nacional de Meteorologia, referentes aos anos de 2017 e 2018.

#### RESULTADOS

As tabelas 4 e 5 apresentam a identificação dos isolados bacterianos por local de estudo e período de amostragem. Foram observados quatro gêneros predominantes: *Vibrio* (n = 46), *Escherichia* (n = 31), *Aeromonas* (n = 24) e *Salmonella* (n = 13). Observou-se que, em 2017, as 60 amostras analisadas resultaram em 86 isolados bacterianos, indicando a ocorrência de mais de um isolado em parte das amostras. Já em 2018, as 60 amostras processadas totalizaram 28 isolados, evidenciando menor frequência de isolamento no período. Ressalta-se que o número de isolados não corresponde necessariamente ao número de amostras, uma vez que uma mesma amostra pode apresentar mais de uma ocorrência bacteriana (Tabela 6).

Em 2017, o Pará apresentou anomalias positivas significativas no que se refere à ATM, especialmente nas regiões centro-oeste e sul, com desvios superiores a +2,0 °C em relação à referência dos anos de 1981–2010, indicando um período mais quente do que o normal. Nas áreas de estudo, observou-se uma elevação de temperatura entre +0,2 °C e +0,4 °C ao longo da área costeira analisada (Figura 2A).

Em relação aos meses analisados em 2017, houve predominância de variação da ATM de +0,2 °C em março e novembro, em toda a área de estudo. Em abril, registrou-se uma faixa da costa com ATM de +0,4 °C, enquanto, em junho e setembro, houve maior ocorrência de áreas com +0,4 °C, porém com predominância de +0,2 °C no limite costeiro (Figura 2B).

Em 2018, a temperatura no Pará apresentou-se mais moderada e heterogênea quando comparada a 2017. Observou-se uma diferença nas anomalias positivas, com desaparecimento de variações acima de +2 °C nas regiões centrais do estado, e maior predominância de aquecimento entre +1 °C e +1,5 °C, especialmente no leste paraense (Figura 3A). Nas áreas de coleta, a elevação da temperatura média manteve-se entre +0,2 °C e +0,4 °C, semelhante ao ano anterior, porém com predominância de +0,4 °C em março, junho e setembro; em junho, entretanto, predominou +0,2 °C no limite da costa (Figura 3B). Em novembro e dezembro, verificou-se tendência de diminuição da variação, com predominância de +0,2 °C em novembro, com ligeira variação de +0,4 °C no leste da região, seguida de uma variação abrupta, com diminuição da temperatura de +0,2 °C a +0,4 °C para patamares de -0,4 °C a -0,6 °C (Figura 3B).

Com base nos mapas de precipitação classificados por quantis (Figuras 4 e 5), observa-se que o Brasil apresentou variações significativas nas condições pluviométricas em 2017 e 2018, com ampla oscilação espacial das chuvas entre as diferentes regiões do país (Figuras 4A e 5A).

Na Região Norte, especialmente no estado do Pará, o primeiro semestre de 2017 (Figura 4B) foi marcado por grande heterogeneidade na distribuição das chuvas, com condições extremamente secas no sudoeste e em parte do sul do estado e precipitações extremamente elevadas no oeste. No ponto de estudo, localizado

no nordeste paraense, predominou um padrão entre normal e chuvoso.

No segundo semestre de 2017 (Figura 4C), prevaleceram condições de seco a muito seco, sobretudo nas regiões central e norte do Pará. Em contrapartida, áreas localizadas a leste e oeste apresentaram condições próximas da normalidade, com pequenos núcleos de chuva acima da média no extremo leste. De modo geral, as imagens indicam um padrão de déficit pluviométrico no estado no período, especialmente no nordeste paraense, classificado como seco a muito seco.

**Tabela 4** – Distribuição dos isolados encontrados por local de coleta e mês do ano de 2017, estado do Pará, Brasil

Isolado	Mês e locais de coleta* em 2017					Locais†
	Março	Abril	Junho	Setembro	Novembro	
<i>Aeromonas hydrophila</i>	–	–	1 <sup>2</sup>	–	–	2
<i>Aeromonas salmonicida</i>	2 <sup>1,4</sup>	–	–	–	3 <sup>1,2,4</sup>	1, 2, 4
<i>Aeromonas sobria</i>	–	2 <sup>2,5</sup>	4 <sup>2,3,4,5</sup>	2 <sup>3,4</sup>	–	2, 3, 4, 5
<i>Aeromonas caviae</i>	–	1 <sup>5</sup>	4 <sup>1,2,4</sup>	–	–	1, 2, 4, 5
<i>Vibrio vulnificus</i>	1 <sup>1</sup>	–	–	1 <sup>3</sup>	–	1,3
<i>Vibrio fluvialis</i>	1 <sup>1</sup>	2 <sup>2,5</sup>	2 <sup>3,5</sup>	3 <sup>2,3,4</sup>	–	1, 2, 3, 4, 5
<i>Vibrio cholerae</i>	1 <sup>1</sup>	–	1 <sup>5</sup>	–	–	1, 5
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	2 <sup>3,4</sup>	–	2 <sup>1</sup>	8 <sup>1,2,3,4</sup>	2 <sup>2,4</sup>	1, 2, 3, 4
<i>Vibrio alginolyticus</i>	1 <sup>3</sup>	–	–	6 <sup>1,2,3,4</sup>	1 <sup>4</sup>	1, 2, 3, 4
<i>Escherichia coli</i>	3 <sup>1,3,4</sup>	2 <sup>2,5</sup>	6 <sup>1,2,3,4,5</sup>	7 <sup>1,2,3,4</sup>	5 <sup>1,2,4</sup>	1, 2, 3, 4, 5
<i>Salmonella</i> spp. - Grupo C1	–	2 <sup>2,5</sup>	–	–	–	2, 5
<i>Salmonella</i> spp. - Grupo H	–	–	–	3 <sup>1,3</sup>	–	1, 3
<i>Salmonella</i> spp.	–	–	2 <sup>2,4</sup>	2 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>	2, 4
Total/Mês	11	9	22	32	12	

\* Comunidade (Município) – 1: Nova Olinda (Augusto Corrêa); 2: Lauro Sodré (Curuçá); 3: Pererú de Fátima (São Caetano de Odivelas); 4: Santo Antônio de Urindeua (Salinópolis); 5: Nazaré do Seco (Maracanã). † Os números sobrescritos correspondem ao local de ocorrência do isolado, sintetizados nesta coluna. Sinal convencional utilizado: – Dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento.

**Tabela 5** – Distribuição dos isolados encontrados por local de coleta e mês do ano de 2018, estado do Pará, Brasil

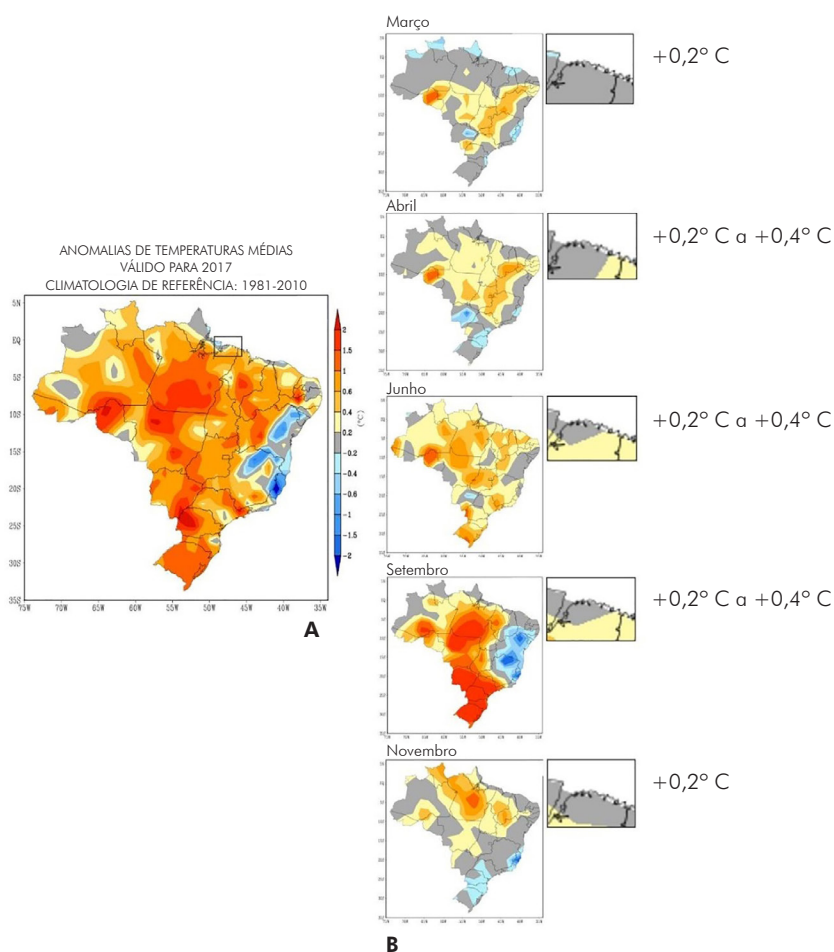
Isolado	Mês e locais de coleta* em 2018					Locais†
	Março	Junho	Setembro	Novembro	Dezembro	
<i>Aeromonas salmonicida</i>	–	–	3 <sup>1,2,4</sup>	1 <sup>4</sup>	1 <sup>1</sup>	1, 2, 4
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	–	–	4 <sup>1,2,3,4</sup>	–	2 <sup>1,3</sup>	1, 2, 3, 4
<i>Vibrio alginolyticus</i>	–	–	4 <sup>1,2,3,4</sup>	–	2 <sup>1,3</sup>	1, 2, 3, 4
<i>Escherichia coli</i>	–	3 <sup>1,2</sup>	4 <sup>1,2,3,4</sup>	–	1 <sup>3</sup>	1, 2, 3, 4
<i>Salmonella</i> spp.	–	1 <sup>3</sup>	1 <sup>2</sup>	–	1 <sup>3</sup>	2, 3
Total/Mês	–	4	16	1	7	

\* Comunidade (Município) – 1: Nova Olinda (Augusto Corrêa); 2: Lauro Sodré (Curuçá); 3: Pererú de Fátima (São Caetano de Odivelas); 4: Santo Antônio de Urindeua (Salinópolis). † Os números sobrescritos correspondem ao local de ocorrência do isolado, sintetizados nesta coluna. Sinal convencional utilizado: – Dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento.

**Tabela 6** – Resultados das identificações dos isolados bacterianos obtidos nas amostras analisadas nos anos de 2017 e 2018, no estado do Pará, Brasil

Identificação	Ano		Total
	2017	2018	
	Nº de amostras positivas		
	60	60	120
	Nº de isolados		
<i>Aeromonas caviae</i>	5	–	5
<i>Aeromonas hydrophila</i>	1	–	1
<i>Aeromonas salmonicida</i>	5	5	10
<i>Aeromonas sobria</i>	8	–	8
<i>Escherichia coli</i>	23	8	31
<i>Salmonella</i> spp.	10	3	13
<i>Vibrio alginolyticus</i>	8	6	14
<i>Vibrio cholerae</i>	2	–	2
<i>Vibrio fluvialis</i>	8	–	8
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	14	6	20
<i>Vibrio vulnificus</i>	2	–	2
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>28</b>	<b>114</b>

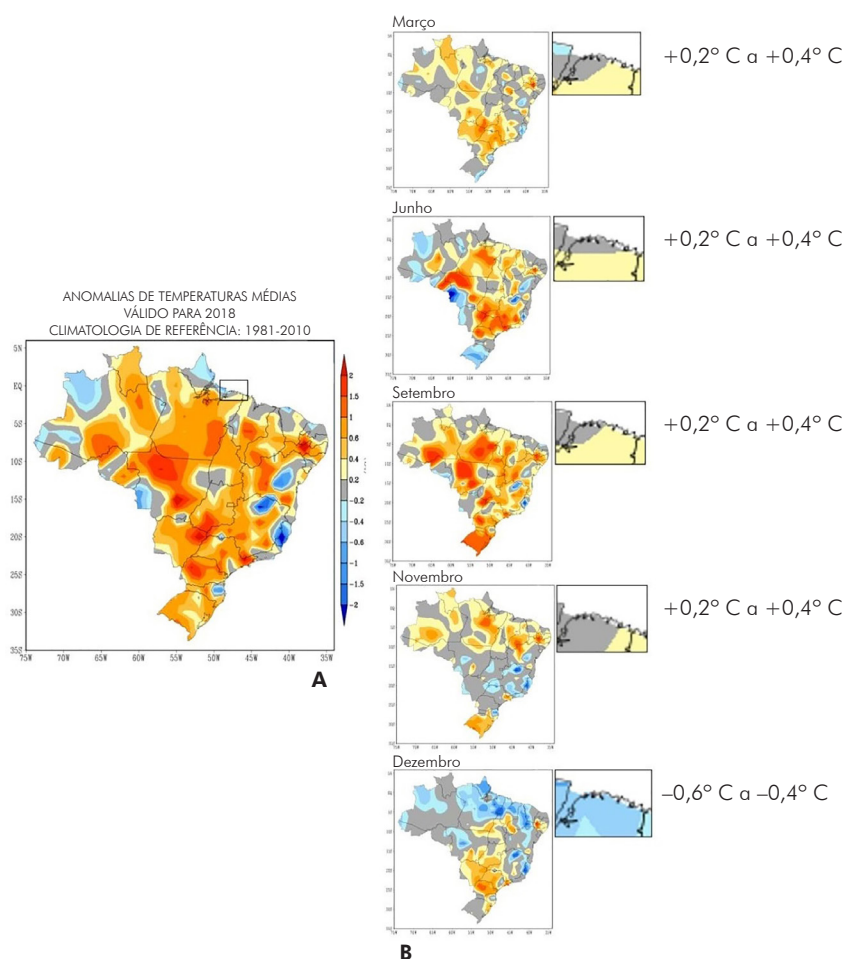
Sinal convencional utilizado: – Dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)<sup>13</sup>.

**A:** Anomalias registradas para o ano de 2017; **B:** Anomalias registradas para os meses de coleta.

**Figura 2** – Mapas de anomalias de temperatura média (ATM) para 2017, com base nos anos de 1981 a 2010



Fonte: INMET<sup>13</sup>.

**A:** Anomalias registradas para o ano de 2018; **B:** Anomalias registradas para os meses de coleta.

**Figura 3** – Mapas de anomalias de temperatura média (ATM) para 2018, com base nos anos de 1981 a 2010

Considerando os meses de amostragem em 2017 (Figura 4D), as condições pluviométricas oscilaram de normais a secas em abril, chuvosas em junho e muito chuvosas em março e variaram entre normais, secas e extremamente chuvosas em setembro e novembro.

Em 2018, as variações espaciais de precipitação no Brasil apresentaram padrões diferentes daqueles observados em 2017, com contrastes marcantes entre regiões mais secas e áreas com excesso de chuva (Figura 5A). No primeiro semestre (Figura 5B), o Pará apresentou predominância de condições extremamente secas a muito chuvosas, especialmente nas regiões oeste e sudeste, enquanto, no nordeste paraense, as condições mantiveram-se próximas da normalidade. No segundo semestre (Figura 5C), observou-se ampliação das áreas com anomalias de precipitação, principalmente no nordeste do estado, indicando aumento da pluviosidade em relação ao semestre anterior. Pequenas áreas no extremo oeste e no nordeste apresentaram chuvas acima da média, mas de forma localizada.

Nos meses de amostragem de 2018 (Figura 5D), as condições pluviométricas oscilaram entre normais e muito chuvosas. Março e junho apresentaram

variações de seco a extremamente seco, setembro manteve-se próximo da normalidade, e novembro e dezembro registraram precipitações acima da média, com condições entre muito chuvosas e extremamente chuvosas, refletindo o pico do período úmido característico da região e o restabelecimento do regime de chuvas ao final do ano.

## DISCUSSÃO

A discrepância entre a elevada proporção de amostras positivas em 2017 e 2018 e a redução do número total de isolados bacterianos em 2018 sugere menor diversidade microbiana ou o predomínio de cepas específicas, possivelmente favorecidas por condições ambientais locais, como variações na salinidade, na temperatura e na poluição orgânica. Esses fatores são reconhecidos como influenciadores da microbiota associada às ostras<sup>14</sup>.

As diferenças observadas entre 2018 e 2017 também podem estar relacionadas à ocorrência, em 2017, de um período de seca com elevação da ATM, com desvios superiores a +2,0 °C na região, o que pode ter afetado a qualidade das águas dos estuários e a salubridade das áreas de cultivo

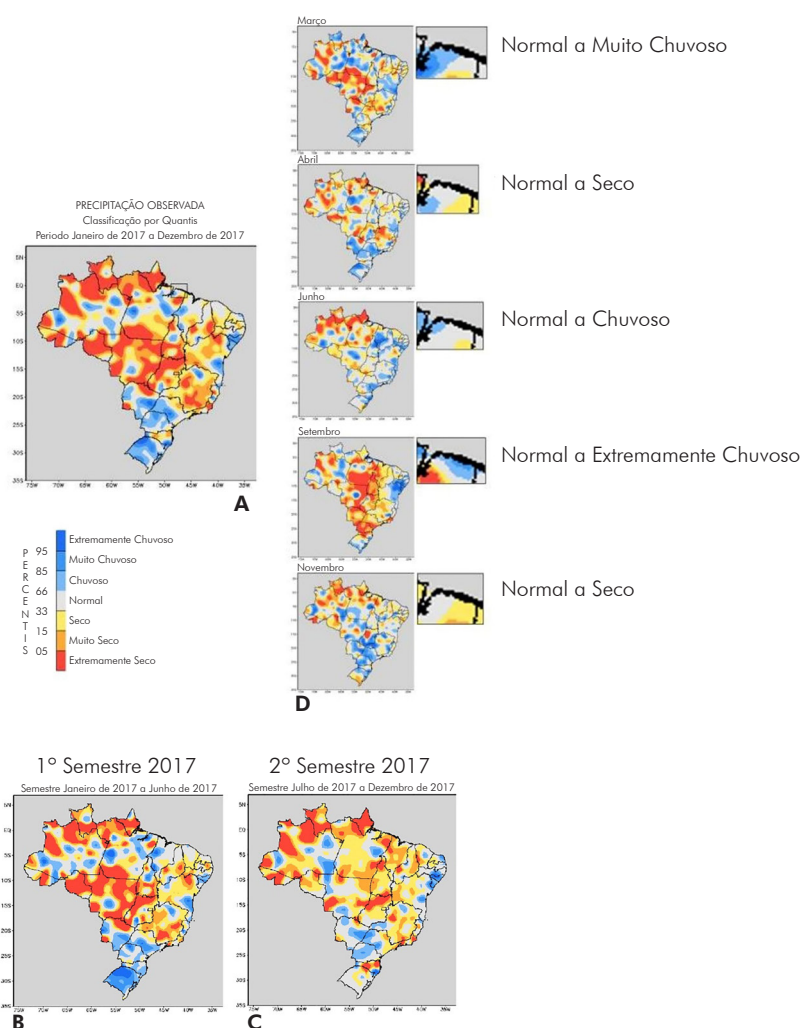
de moluscos. Embora a ATM na região da coleta não tenha ultrapassado a elevação de +0,4 °C na totalidade da área analisada, os dados apontaram para uma maior observação de amostras positivas com maior número de espécimes isolados e identificados em 2017 quando comparado ao ano de 2018, que apresentou variações de +0,2 °C a +0,4 °C seguidas de queda para -0,4 °C a -0,6 °C.

Embora Sousa et al.<sup>15</sup> não tenham identificado correlação entre a temperatura e o aumento dos níveis de contaminação em ostras na costa amazônica, o aumento da temperatura pode favorecer maior contaminação de ostras por bactérias por diversos mecanismos interligados, tanto do ponto de vista ambiental quanto biológico, uma vez que bactérias patogênicas como *Vibrio* spp., *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e *Aeromonas* spp. têm seu crescimento favorecido em temperaturas mais altas, geralmente entre 20 °C e 37 °C<sup>16,17,18,19</sup>.

Billah e Rahman<sup>18</sup> demonstraram correlação entre a temperatura e a presença de *E. coli* em tecidos de

ostras, destacando que o aumento da temperatura da água atua como fator amplificador da contaminação bacteriana em ostras. O incremento metabólico desses organismos intensifica a filtração, que, associada à redução da qualidade da água, leva à maior concentração de bactérias e contaminantes. Esses eventos podem afetar a imunidade das ostras, elevando sua vulnerabilidade a infecções, aumentando o risco a mais contaminações<sup>17</sup>.

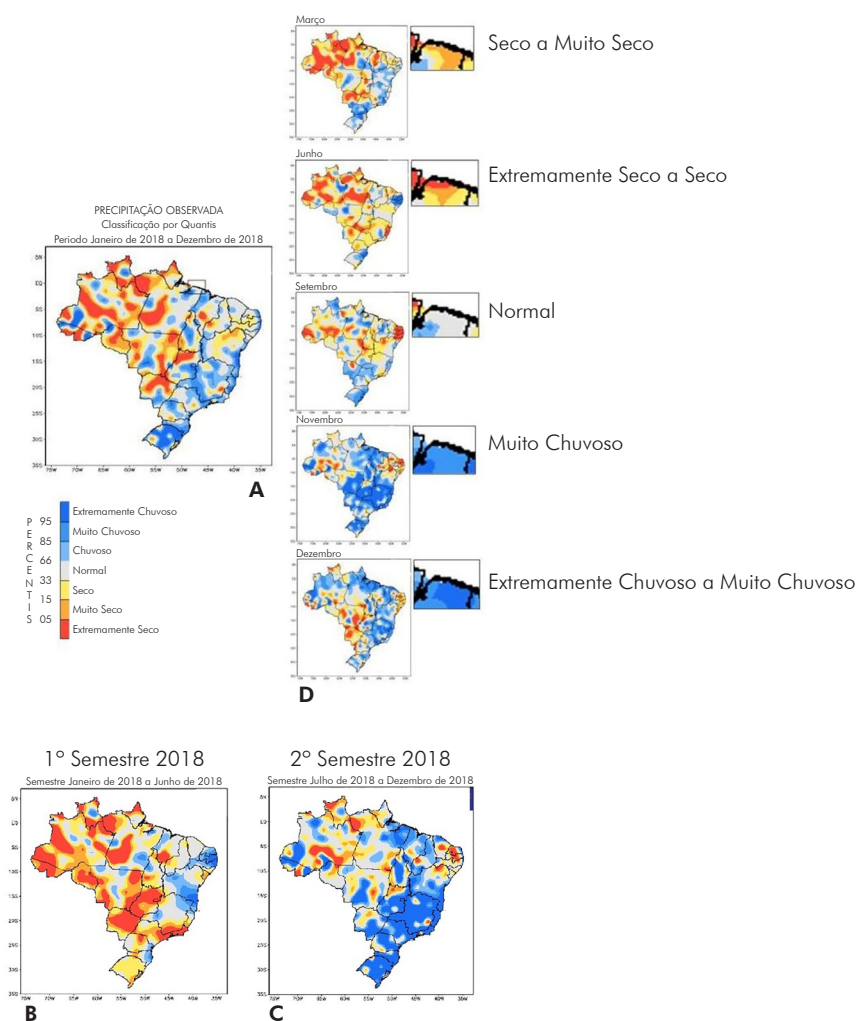
As análises de pluviosidade demonstraram extremos entre os anos estudados, indo de seco a muito seco em 2017, a muito chuvoso a extremamente chuvoso em 2018, no Pará. O aumento da precipitação em novembro e dezembro de 2018, classificada como muito chuvosa a extremamente chuvosa, está associado ao restabelecimento do período amazônico, quando a Zona de Convergência Intertropical exerce maior atuação sobre o Norte do país. Esse sistema favorece o transporte de umidade do Oceano Atlântico para o interior da Amazônia, promovendo a formação de nebulosidade e episódios de chuvas intensas, principalmente nas porções norte e nordeste do Pará<sup>20</sup>.



Fonte: INMET<sup>13</sup>.

**A:** Anomalias observadas em 2017; **B:** Anomalias ocorridas no primeiro semestre de 2017; **C:** Anomalias ocorridas no segundo semestre de 2017; **D:** Anomalias observadas nos meses de coleta.

**Figura 4** – Precipitações observadas em percentis (classificação por quantis) em 2017



Fonte: INMET<sup>13</sup>.

**A:** Anomalias observadas em 2018; **B:** Anomalias ocorridas no primeiro semestre de 2018; **C:** Anomalias ocorridas no segundo semestre de 2018; **D:** Anomalias observadas nos meses de coleta.

**Figura 5** – Precipitações observadas em percentis (classificação por quantis) em 2018

Esse perfil, associado às variações na ATM, pode ter influenciado tanto a quantidade de amostras contaminadas quanto a diversidade de espécies bacterianas isoladas, com 86 isolados e 11 espécies em 2017, em contraste com 28 isolados e cinco espécies em 2018. Aparentemente, o aumento das chuvas ocasionou maior dispersão dos contaminantes, que, mesmo com variações de +0,4 °C a +2,0 °C nas ATM, no estado do Pará, mitigou a elevação da contaminação e proporcionou maior saúde das ostras, uma vez que a qualidade da água pode sofrer influência de diversos fatores ambientais, tais como salinidade, turbidez, pH, marés e a pluviosidade<sup>14,15</sup>.

A avaliação realizada pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), em 2024, aponta que condições estuarinas, ou de menor salinidade, acrescidas de alterações climáticas, favorecem o aumento da prevalência de *Vibrio* spp. em frutos do mar, bem como a emergência de cepas resistentes a antibióticos<sup>21</sup>. De forma semelhante, Brandão et al.<sup>14</sup>, ao investigarem ostras em ambientes costeiros do Rio de Janeiro, observaram elevadas

taxas de contaminação por espécies da família Enterobacteriaceae, reforçando a influência das condições ambientais e antrópicas na microbiota desses moluscos.

Em muitos países, existem normas baseadas em análises microbiológicas de alimentos e de água de cultivo. No Brasil, os padrões de qualidade que determinam limites para parâmetros ou substâncias presentes dependem da classificação das águas interiores, estabelecida segundo seus usos preponderantes, conforme a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente<sup>22</sup>.

A predominância dos gêneros *Vibrio*, *Escherichia*, *Aeromonas* e *Salmonella* em ostras comercializadas no nordeste paraense evidencia riscos epidemiológicos à saúde pública. *Vibrio* (n = 46), o gênero mais frequente neste estudo, é amplamente documentado na literatura como agente causador de surtos alimentares, especialmente em países tropicais onde o consumo de ostras cruas ou malcozidas é comum. Espécies como *V. parahaemolyticus* e *V. vulnificus* estão entre

os principais agentes etiológicos de gastroenterites e septicemias associadas a frutos do mar, como evidenciado em registros epidemiológicos nos Estados Unidos, Japão e Brasil<sup>21,23</sup>.

A presença significativa de *E. coli* ( $n = 31$ ) nas amostras indica contaminação fecal e, portanto, riscos epidemiológicos associados à veiculação de enteropatógenos. Esse microrganismo é amplamente utilizado como indicador da qualidade higiênico-sanitária de alimentos de origem aquática, e sua detecção em produtos comercializados reflete falhas no manejo e na higiene ambiental. Em ambientes tropicais, a carga fecal nas águas de cultivo tende a ser elevada devido à ausência de sistemas eficazes de saneamento, aumentando o risco de contaminação microbiana na cadeia alimentar<sup>14</sup>.

No Brasil, embora estudos tenham abordado a qualidade microbiológica de moluscos bivalves e das águas utilizadas em seu cultivo, ainda são escassos os dados referentes à Região Amazônica, especialmente ao Pará<sup>24,25</sup>. Em uma investigação conduzida nesse estado<sup>26</sup>, foram analisadas 23 amostras de ostras provenientes de seis municípios paraenses, sendo três oriundas de cooperativas de ostreicultores e 20 obtidas junto a vendedores ambulantes em praias do litoral. Os resultados das análises microbiológicas revelaram a presença de *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* em 100% das amostras, independentemente da origem. Tais achados evidenciam falhas nos processos de manejo e comercialização, ressaltando a necessidade de implementação de medidas sanitárias mais rigorosas ao longo da cadeia produtiva, a fim de garantir a segurança alimentar dos consumidores<sup>26</sup>.

O isolamento de *Aeromonas* spp. ( $n = 23$ ), embora menos frequente, é relevante do ponto de vista epidemiológico, pois esse gênero compreende espécies oportunistas envolvidas em infecções entéricas, de pele e de partes moles, especialmente em indivíduos imunocomprometidos. Além disso, *Aeromonas* spp. podem atuar como reservatórios ambientais de genes de resistência a antimicrobianos, contribuindo para a manutenção e disseminação da resistência em contextos comunitários e hospitalares<sup>27</sup>.

Embora *Salmonella* spp. ( $n = 13$ ) tenha sido o gênero menos detectado, seu potencial patogênico e a baixa dose infectante tornam sua presença altamente relevante do ponto de vista epidemiológico. Esse gênero figura entre os principais agentes etiológicos de surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil e no mundo. A temperatura da água influencia o nível de contaminação por *Salmonella*, como constatado por Billah e Rahman<sup>28</sup>, que observaram, no período de inverno, quando a água está mais fria, um declínio na presença de bactérias, o que também foi observado no presente estudo. Por outro lado, no verão, há maior taxa de sobrevivência das bactérias na água em temperaturas mais elevadas.

Ao analisar as variações climáticas e sua possível influência sobre a ocorrência das bactérias, observou-se

que a precipitação apresentou associação mais evidente com os registros de isolamento bacteriano do que a temperatura média. O ano de 2018 destacou-se por apresentar valores de precipitação acumulada significativamente superiores aos dos demais períodos analisados, coincidindo com a diminuição expressiva na detecção de bactérias. Embora essa relação aparente sugira que a maior umidade ambiental possa desfavorecer o isolamento bacteriológico, não foi possível realizar uma análise estatística devido à ausência de dados contínuos para todas as variáveis meteorológicas e períodos avaliados. Futuras investigações com séries temporais homogêneas poderão aprofundar essa análise e confirmar o padrão identificado.

Diante dos resultados obtidos, reforça-se o papel das ostras como bioindicadores eficazes na detecção de bactérias patogênicas em ambientes estuarinos da Amazônia, evidenciando a influência das variações climáticas, como temperatura e precipitação, sobre a presença e a diversidade microbiana. Contudo, é fundamental destacar a necessidade de apoio técnico e científico contínuo às comunidades extrativistas e produtoras, para que ampliem o conhecimento sobre a qualidade sanitária de seus produtos e como as variações climáticas podem impactar a qualidade da produção. Essa capacitação é essencial para promover melhores práticas de manejo, garantir a segurança alimentar e viabilizar uma inserção mais justa e sustentável nos mercados consumidores.

## CONCLUSÃO

Os achados reforçam o papel das ostras como potenciais veículos de transmissão de patógenos relevantes para a saúde pública, com capacidade de desencadear surtos e complicações clínicas, especialmente em populações vulneráveis. Além disso, esses moluscos atuam como bioindicadores importantes da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, refletindo tanto as condições sanitárias locais quanto os efeitos das mudanças climáticas na proliferação de bactérias patogênicas, devido à sua atividade filtradora. Variações climáticas, particularmente de temperatura e precipitação, exercem influência significativa sobre a ocorrência e a distribuição de espécies microbianas nesses ambientes.

Nesse contexto, a análise microbiológica de moluscos bivalves revela-se uma ferramenta eficaz para a avaliação da qualidade do habitat aquático. Esses organismos, portanto, devem ser monitorados continuamente, com o objetivo de garantir a produção de alimentos seguros para o consumo humano e subsidiar a avaliação de impactos ambientais, incluindo alterações antrópicas que afetam diretamente a saúde dos ecossistemas aquáticos. Diante disso, a vigilância microbiológica e o controle rigoroso ao longo da cadeia produtiva tornam-se medidas fundamentais para mitigar a disseminação de bactérias patogênicas, sobretudo em regiões tropicais, onde as condições ambientais favorecem sua proliferação.



## REFERÊNCIAS

- 1 Macedo ARG, Silva AS, Sousa NC, Silva FNL, Barros FAL, Suhnel S, et al. Growth and economic viability of native oyster *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) cultivated in two systems. *Custos Agronegócio*. 2020 Nov;16(n. esp):282-312.
- 2 Ministério da Pesca e Aquicultura (BR). Estatística da aquicultura e pesca no Brasil [Internet]. Brasília: MPA; 2010 [citado 2025 set 11]. Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br>.
- 3 Araujo RF, Martins CM, Santos MAS, Fernandes BÁOF, Cintra IHA, Fernandes JLN. Mercado consumidor de ostra: estudo na Região Metropolitana de Belém. *Cad Adm*. 2020;14(2):102-122.
- 4 Feldhusen F. The role of seafood in bacterial foodborne diseases. *Microbes Infect*. 2000 Nov;2(13):1651-60.
- 5 Campbell VM, Chouljenko A, Hall SG. Depuration of live oysters to reduce *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus*: a review of ecology and processing parameters. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2022 Jul;21(4):3480-506.
- 6 Nunāl SN, Monaya KJM, Mueda CRT, Leon SMS. Microbiological quality of oysters and mussels along its market supply chain. *J Food Prot*. 2023 Mar;86(3):100063.
- 7 Soares MAM, Silva GML, Lima LBD, Oliveira FB, Paiva SG, Paulino MG, et al. Lack of basic sanitation influence on the enteropathogen presence in a river of the Brazilian Legal Amazon. *Environ Monit Assess*. 2025 Feb;197(3):231.
- 8 Lee H, Romero J, editors. IPCC Synthesis Report on Climate Change 2023 (AR6). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change; 2023 Mar.
- 9 Schaeffer-Novelli Y, Abuchahla GMO, Cintrón-Molero G, editors. Brazilian mangroves and salt marshes. Cham: Springer Nature; 2023.
- 10 Sampaio DS, Tagliaro CH, Schneider H, Beasley CR. Oyster culture on the Amazon mangrove coast: asymmetries and advances in emerging sector. *Rev Aquac*. 2019 Feb;11(1):88-104.
- 11 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados: Censos demográficos: 2022 [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2023 [citado 2025 set 26]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>.
- 12 Ministério da Saúde (BR). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Detecção e identificação de bactérias de importância médica: módulo V [Internet]. Brasília: Anvisa; [2004] [citado 2025 nov 1]. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_microbiologia\\_mod5.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_microbiologia_mod5.pdf).
- 13 Instituto Nacional de Meteorologia. Portal do INMET [Internet]. Brasília: INMET; [202?] [citado 2026 nov 19]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>.
- 14 Brandão MAR, Lopes ATS, Silva Neta MR, Oliveira RBF, Rezende RP, Albuquerque GR, et al. Microbiological quality and prevalence of  $\beta$ -lactam antibiotic resistance genes in oysters (*Crassostrea rhizophorae*). *J Food Prot*. 2017 Mar;80(3):488-96.
- 15 Sousa CB, Costa FN, Funo ICSA, Freitas AS, Barros TM. Microbiological quality of oysters and water in macromarine mangrove swamps of the Amazon coast (Island of São Luís, MA), Brazil. *Eng Sanit Ambient*. 2023;28:e20220051.
- 16 Abdalla T, Al-Rumaithi H, Osaili TM, Hasan F, Obaid RS, Abushelaibi A, et al. Prevalence, antibiotic-resistance, and growth profile of *Vibrio* spp. Isolated from fish and shellfish in subtropical-arid area. *Front Microbiol*. 2022 Apr;13:861547.
- 17 Li X, Shi C, Yang B, Li Q, Liu S. High temperature aggravates mortalities of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) infected with *Vibrio*: a perspective from homeostasis of digestive microbiota and immune response. *Aquaculture*. 2023 Apr;568:739309.
- 18 Billah MM, Rahman S. Impacts of anthropogenic contaminants and elevated temperature on prevalence and proliferation of *Escherichia coli* in the wild-caught American oyster, *Crassostrea virginica* in the southern Gulf of Mexico coast. *Mar Biol Res*. 2021;17(9-10):775-93.
- 19 Kim YW, Lee SH, Hwang IG, Yoon KS. Effect of temperature on growth of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in flounder, salmon sashimi and oyster meat. *Int J Environ Res Public Health*. 2013 Jul;10(7):314.
- 20 Molion, LCB. Amazonian rainfall and its variability. In: Bonell M, Hufschmidt MM, Gladwell JS, editors. Hydrology and water management in the humid tropics. New York: Cambridge University Press; 1993. p. 99-111.

- 21 European Food Safety Authority. *Vibrio* bacteria in seafood: increased risk due to climate change and antimicrobial resistance [Internet]. Parma (ITA): EFSA; 2024 [cited 2025 Sep 11]. Available from: <https://www.efsa.europa.eu/en/news/vibrio-bacteria-seafood-increased-risk-due-climate-change-and-antimicrobial-resistance>.
- 22 Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União [Internet], Brasília (DF), 2005 mar 18 [citado 2025 out 8]; Seção 1:58-63. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450).
- 23 Redfield RR. CDC 2020 in review: press release. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2020 Dec 29.
- 24 Silva OLL, Veríssimo SMM, Rosa AMBP, Iguchi YB, Nunes ESCL, Moraes CM, et al. Effect of environmental factors on microbiological quality of oyster farming in Amazon estuaries. *Aquac Rep*. 2020 Nov;18:100437.
- 25 Pires WKFL, Lima LS, Lima JF, Rodrigues DP, Proietti Junior AA, Souza MJC, et al. Moluscos bivalves como indicadores de poluição ambiental no Rio Amazonas, Brasil. *Rev ReGeo*. 2026;17(1):e1407.
- 26 Silva DF, Silva EVC, Santos SF, Coutinho EC, Prazeres AR, Lima ELR, et al. Avaliação microbiológica de ostras (*Crassostrea* spp) comercializadas no estado do Pará, Brasil. *Rev Aracê (São José dos Pinhais)*. 2024;6(4):18826-37.
- 27 Janda JM, Abbott SL. The genus *Aeromonas*: taxonomy, pathogenicity, and infection. *Clin Microbiol Rev*. 2010 Jan;23(1):35-73.
- 28 Billah MM, Rahman S. *Salmonella* in the environment: a review on ecology, antimicrobial resistance, seafood contaminations, and human health implications. *J Hazard Mater Adv*. 2024 Feb;13:100407.

Recebido em / Received: 15/9/2025  
Aceito em / Accepted: 5/11/2025

Este artigo compõe a Seção Temática "Saúde e Meio Ambiente na Pan-Amazônia: Ciência, Território e Resistência em tempos de crise climática" em alusão à 30ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 30).

Como citar este artigo / How to cite this article:

Rocha DCC, Silva KLS, Marinho ANR. Ostras como bioindicadores na Amazônia: detecção de bactérias patogênicas em ambientes estuarinos. *Rev Pan Amaz Saude*. 2026;17:e202601826. Doi: <https://doi.org/10.5123/S2176-6223202601826>