

# Avaliação microbiológica de uma estação de piscicultura no Território Central do Estado de Rondônia, Brasil

Microbiological evaluation of a fish farming station in the Central Territory of the State of Rondônia, Brazil

Evaluación microbiológica de una estación de piscicultura en el Territorio Central del Estado de Rondônia, Brasil

Silva-Rodrigues MC, Magalhães-Lopes V, Vilar-Nogueira W, Bianchini-Pontuschka R. Avaliação microbiológica de uma estação de piscicultura no Território Central do Estado de Rondônia, Brasil. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2020; 12(1):e743. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n1.2020.743>

Universidad de Sucre, Colombia

Los autores permiten a RECIA reimprimir el material publicado en él. En caso de que un autor quiera traducir o usar una publicación parcial o completa de nuestro Diario, el autor debe obtener un permiso por escrito del editor de la revista.

Copyright © 2020. El (los) autor (es), Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA. 2020. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), El uso, distribución o reproducción está permitido, siempre que se acrediten al autor original y al propietario del copyright y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, distribución o reproducción que no cumpla con estos términos.



# Avaliação microbiológica de uma estação de piscicultura no Território Central do Estado de Rondônia, Brasil

Microbiological evaluation of a fish farming station in the Central Territory of the State of Rondônia, Brazil

Evaluación microbiológica de una estación de piscicultura en el Territorio Central del Estado de Rondônia, Brasil

## Maria Clelia Silva Rodrigues

Bacharel em Engenharia de Pesca  
Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Engenharia de Pesca, 76.916-000, Presidente Médici, Rondônia, Brasil

[maria.clelia33@gmail.com](mailto:maria.clelia33@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0001-8303-6452>

DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n1.2020.743>

## Valério Magalhães Lopes

Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos  
Instituto Federal de Rondônia, Departamento de Apoio ao Ensino, 78960-000, Ji-Paraná, Rondônia, Brasil

[valerio.lopes@ifro.edu.br](mailto:valerio.lopes@ifro.edu.br)

 <https://orcid.org/0000-0002-8205-0815>

## Wesclen Vilar Nogueira\*

Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos  
Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Química e Alimentos, 96.203-000, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil

[wesclenvilar@gmail.com](mailto:wesclenvilar@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-9353-847X>

## Rute Bianchini Pontuschka

Doutora em Ciência dos Alimentos  
Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Engenharia de Pesca, 76.916-000, Presidente Médici, Rondônia, Brasil

[rutepont@unir.br](mailto:rutepont@unir.br)

 <https://orcid.org/0000-0002-3789-1252>

Recepción: 5 febrero 2020

Aprobación: 30 abril 2020

Publicación: 1 mayo 2020

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar, a qualidade microbiológica de amostras de água da base de piscicultura Carlos Eduardo Matiazze, no município de Presidente Médici, RO, Brasil, através da quantificação de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT). Os coliformes foram quantificados através do método do Número Mais Provável (NMP)/100mL. Houve grande variabilidade nos resultados, tanto de CT quanto de CTT, ao longo do ano. Os resultados variaram de 300 a 1100000 e 300 a 93000 NMP/100 mL para CT e CTT, respectivamente. As maiores concentrações em NMP/100 mL para CT e CTT ocorreram no ponto 6 e no período chuvoso. Este ponto está localizado a jusante, recebendo toda água dos demais devido ao fluxo de escoamento. Constatou-se que 47,7% das amostras avaliadas para CTT apresentaram valores de NMP/100 mL superiores ao limite máximo estabelecido (1000 NMP/100 mL) pela legislação vigente, Resolução CONAMA, nº. 357/2005. Desta forma, o sistema avaliado é considerado impróprio para o desenvolvimento de atividades destinadas à aquicultura.

**Palavras-chave:** coliformes, Brasil, piscicultura, Rondônia, termotolerantes.

## Como citar (Vancouver).

Silva-Rodrigues MC, Magalhães-Lopes V, Vilar-Nogueira W, Bianchini-Pontuschka R. Avaliação microbiológica de uma estação de piscicultura no Território Central do Estado de Rondônia, Brasil. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2020; 12(1):e743. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n1.2020.743>

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the microbiological quality of water samples from the fish farming base Carlos Eduardo Matiazze, in the municipality of Presidente Médici, RO, Brazil, through the quantification of total coliforms (CT) and thermotolerants (CTT). Coliforms were quantified using the Most Likely Number (NMP)/100mL method. There was great variability in the results, for both CT and CTT, throughout the year. The results ranged from 300 to 1100000 and 300 to 93000 NMP/100 mL for CT and CTT, respectively. The highest concentrations in NMP/100 mL for CT and CTT occurred at point 6 and in the rainy season. This point is located downstream, receiving all the water from the others due to the flow of runoff. It was found that 47.7% of the samples evaluated for CTT presented values of NMP/100 mL greater than the maximum limit established (1000 NMP/100 mL) by the current legislation, CONAMA Resolution, n.º. 357/2005. Thus, the evaluated system is considered inappropriate for the development of aquaculture activities.

**Keywords:** coliform, Brazil, pisciculture, Rondônia, thermotolerant.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad microbiológica de las muestras de agua de la base de piscicultura Carlos Eduardo Matiazze, en el municipio de Presidente Médici, RO, Brasil, mediante la cuantificación de coliformes totales (CT) y termotolerantes (CTT). Los coliformes se cuantificaron utilizando el método de Número más probable (NMP)/100 mL. Hubo una gran variabilidad en los resultados, tanto para CT como para CTT, durante todo el año. Los resultados variaron de 300 a 1100000 y 300 a 93000 NMP/100 mL para CT y CTT, respectivamente. Las concentraciones más altas en NMP/100 mL para CT y CTT ocurrieron en el punto 6 y en la estación lluviosa, este punto se encuentra aguas abajo, recibiendo toda el agua de los demás debido al flujo de la escorrentía. Se encontró que el 47.7% de las muestras evaluadas para CTT presentaron valores de NMP/100 mL por encima del límite máximo establecido (1000 NMP/100 mL) por la legislación vigente, Resolución CONAMA, n.º. 357/2005. Por lo tanto, el sistema evaluado se considera inapropiado para el desarrollo de actividades dirigidas a la acuicultura.

**Palabras clave:** coliformes, Brasil, piscicultura, Rondônia, termotolerantes.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a aquicultura cresceu de forma expressiva (1). Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2016 a produção aquícola global ultrapassou 110 milhões de toneladas. As projeções produtivas estabelecem um crescimento de 18%, contabilizando índices superiores a 200 milhões de toneladas para 2030, sendo a maior parte da produção representada por espécies cultivadas em água doce (2).

A taxa de produção piscícola, entretanto, apresentou decréscimos anuais a partir de 2010, fator esse relacionado aos altos custos da farinha de peixe e demais ingredientes utilizados na fabricação de rações, à pouca disponibilidade de locais ideais para a produção e aspectos relacionados à qualidade da água (3), sendo este último um dos fatores mais importantes para o sucesso da produção de organismos aquáticos (4).

A qualidade da água destinada ao cultivo de organismos aquáticos deve estar dentro dos parâmetros microbiológicos, físicos e químicos preconizados em lei. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de qualidade da água para o cultivo de organismos aquáticos (5). Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, quando não encontrados em níveis ideais, afetam a sobrevivência, a reprodução, o crescimento, o manejo das espécies cultivadas e a qualidade do produto final (6).

Um grupo de micro-organismos amplamente distribuído na natureza, inclusive na água, é o dos coliformes. Nesse grupo estão incluídos os coliformes termotolerantes (CTT), micro-organismos caracterizados pela atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase, podendo se desenvolver em meios contendo agentes tensoativos, além de fermentar a lactose à temperatura de 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído (6,7). No Brasil, de acordo com a legislação vigente, a Resolução CONAMA n.º 357 de 17 de março de 2005 (5), os CTT são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas ao abastecimento, à recreação, à irrigação e à piscicultura. *Escherichia coli* é um CTT encontrado naturalmente no intestino de homeotérmicos. Entretanto, não faz parte da microbiota intestinal dos peixes, a não ser em função da poluição das águas pelo lançamento de esgotos e outros meios de contaminação (7). Assim, a presença de CTT ou *Escherichia coli* na água aponta a contaminação de origem fecal, sendo, portanto, indicador de qualidade higiênico-sanitária.

Neste contexto, a determinação desses parâmetros em águas de cultivo de animais aquáticos é de grande importância, uma vez que o estado de Rondônia é o maior produtor de peixes nativos em cativeiro do Brasil. Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade microbiológica da água da represa, viveiros escavados e efluente da base de piscicultura Carlos Eduardo Matiazze, localizada em Presidente Médici, Rondônia, Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Área de estudo.** O estudo foi realizado em Presidente Médici, na base de piscicultura Carlos Eduardo Matiazze. A estação pertence à Universidade Federal de Rondônia – UNIR, sendo constituída por uma represa alimentada por vários igarapés de primeira e segunda ordens. A água estocada serve como fonte de abastecimento para os viveiros da unidade experimental, onde são desenvolvidas atividades de pesquisas relativas à criação de peixes (e.g pirarucu e tambaqui) em viveiros escavados e tanques-rede, de acompanhamento limnológico, de melhoramento genético e de estudos com as comunidades planctônicas (8,9).

A represa está localizada em uma zona de transição entre a área urbana e a área rural. À margem direita existe uma pequena reserva de mata ciliar e uma área de propriedade particular que utiliza da água para irrigação do solo, plantação e pastagens. À margem esquerda está diretamente inserida e interligada à área urbana, apresentando diversas moradias. A base de piscicultura não possui viveiros de decantação onde possam ser depositados seus efluentes, sendo os resíduos e a matéria orgânica lançados diretamente a um pequeno efluente.

O ponto 1 (11°10'82"S-61°53'35"O) está localizado na gênese da represa, próximo à entrada das águas dos igarapés que a abastece; o ponto 2 (11°10'57"S-61°53'46,9"O) está localizado próximo às margens com a presença de residências; o ponto 3 (11°10'52"S-61°53'44"O) se localiza próximo à saída de água da represa. O ponto 4 (11°9,54'14"S-61°53,5'63"O) se trata de um viveiro onde foram à época foram realizados experimentos com tambaqui (*Colossoma macropomum*) (8); e o ponto 5 (11°9,57'38"S-61°53,52'87"O) é um viveiro onde foram realizados experimentos com pirarucu (*Arapaima gigas*) (9). Já o ponto 6 (11°10'26"S-61°53'65"O) está localizado a jusante dos demais, no efluente (Figura 1). As coordenadas geográficas foram obtidas com o auxílio de Global Position System (GPS) da marca Garmin modelo etrex.



**Figura 1** - Ilustração da área de estudo e demarcação dos pontos de coleta.

**Clima.** O clima da região é caracterizado por temperaturas que variam entre 19 e 33°C e precipitação anual em torno de 2500 mm (10). O período chuvoso ocorre nos meses de outubro a abril, e o período de junho a agosto corresponde à época seca, maio e setembro são considerados meses de transição (10). Os dados referentes à pluviosidade para o período de desenvolvimento do trabalho foram adquiridos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de Presidente Médici e são apresentados na Figura 2.

**Coleta das amostras.** As amostras de água foram coletadas mensalmente entre agosto de 2013 e julho de 2014 nos seis pontos amostrais (72 coletas), abrangendo a estação de chuva e seca. Foram utilizados frascos de vidro com capacidade para 250 mL, com tampa esmerilhada, esterilizados em autoclave (15 min a 121 °C). O frasco foi mergulhado à profundidade de 15 a 30 cm e aberto apenas dentro da água, com a abertura posicionada para baixo. Após a coleta, as amostras foram transportadas em bolsa térmica com gelo para o Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus de Ji-Paraná, onde foram analisadas no Laboratório de Química.

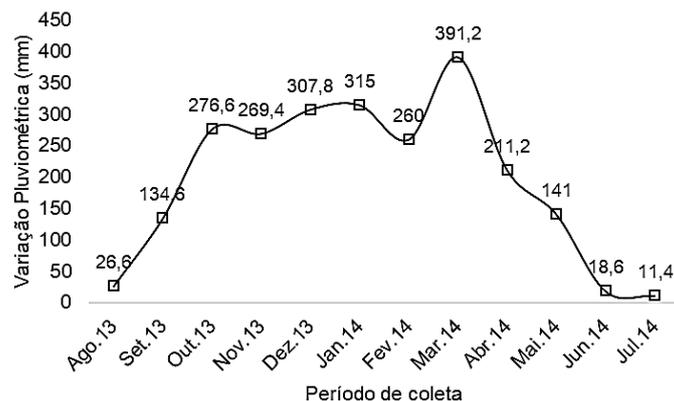


Figura 2 - Variação mensal da pluviosidade.

**Preparação do local de trabalho.** Os frascos contendo a água foram manipulados assepticamente em área de trabalho previamente desinfetada com etanol 70%. Todos os utensílios e instrumentos usados foram previamente esterilizados em autoclave, estufa de esterilização ou flambados no momento do uso, conforme o caso.

**Análises microbiológicas.** O método empregado para a determinação de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT) foi o do Número Mais Provável (NMP). Esta técnica foi proposta por McCrady e estima a quantidade de microrganismos presentes na amostra (11). Pelo número de tubos positivos em cada uma das diluições empregadas determina-se o Número Mais Provável por grama ou mL de produto, tendo como base a tabela estatística de Hoskins para três, cinco ou dez tubos. Por esta técnica pode-se obter informações sobre a população presuntiva de coliformes (teste presuntivo), sobre a população real de coliformes (teste confirmativo) e sobre a população de coliformes termotolerantes.

**Preparação dos meios de cultura.** Foram empregados três caldos, sendo cada um dissolvido em água conforme orientação da embalagem. Após a dissolução, alíquotas de 9 mL de cada caldo foram distribuídas em tubos de ensaio com rosca contendo tubos de Durham invertidos. Os tubos com meio de cultura foram esterilizados em autoclave a 121°C, durante 15 min. O ar contido nos tubos de Durham foi removido.

**Teste presuntivo.** Para cada ponto de coleta foram feitas seis diluições em triplicata, de modo que a água coletada foi diluída no caldo lactosado. A primeira diluição ( $10^{-1}$ ) consistiu na transferência de um mL da água para um tubo contendo 9 mL do meio de cultura. Em seguida, foi realizada homogeneização e, posteriormente, a segunda diluição ( $10^{-2}$ ), que consistiu na transferência de um mL da diluição  $10^{-1}$  para outro tubo com 9 mL de caldo lactosado. Esse procedimento seguiu até a sexta diluição ( $10^{-6}$ ). O teste é dito presuntivo porque além de coliformes, outras bactérias não pertencentes a esse grupo podem fermentar a lactose e produzir gás.

**Incubação.** Após a inoculação os tubos foram incubados em estufa à  $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$  por 48 horas. Após esse período, os tubos que apresentaram turbidez do meio e presença de gás nos tubos de Durhan foram considerados positivos.

**Teste confirmativo para coliformes totais (CT).** Para este teste utilizou-se o caldo verde bile brilhante (VB), que contém dois inibidores (bile e o corante verde brilhante, derivado do trifenilmetano) do crescimento da microflora acompanhante, especialmente bactérias gram-positivas. A incubação foi em banho-maria a  $35^\circ\text{C}$  durante 48 horas. A lactose é a fonte de carboidrato deste meio. Assim, a produção de gás nos tubos de Durhan, nas condições do teste, indica que houve desenvolvimento de bactérias gram-negativas que fermentam lactose, característica do grupo coliforme. Dos tubos que apresentaram formação de gás no caldo lactosado foram retiradas alíquotas com alça de platina e transferidas para tubos contendo 9 mL de caldo VB, com tubos de Durhan invertidos.

**Teste confirmativo para coliformes termotolerantes (CTT).** Para o teste confirmativo da presença de CTT utilizou-se o caldo *Escherichia coli*. Assim, tomou-se uma alçada do meio de cultura dos tubos positivos para o teste presuntivo e a transferiu para tubos contendo o caldo EC. A incubação foi em banho-maria a  $44,5 - 45^\circ\text{C}$  durante 48 horas. A positividade do teste foi observada pela produção de gás no interior dos tubos de Durhan. A partir do número de tubos positivos, com base na tabela de cálculo de Hoskins, foi obtido o Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes, expresso em NMP por 100 mL. Esse número, baseado em fórmulas probabilísticas, é uma estimativa da densidade média de coliformes na amostra (12).

**Análise estatística.** Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram apresentados como média. Coliformes totais e termotolerantes foram avaliados por ANOVA, buscando demonstrar a contaminação apenas entre os pontos e meses de coleta. Homocedasticidade e normalidade dos resíduos foram avaliadas (teste de Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente) e os dados transformados quando necessário, para ajuste aos pressupostos da análise. Foi considerado um nível de significância de 5% e as análises estatísticas foram realizadas no software R (<https://www.r-project.org/>).

## RESULTADOS

Os valores para coliformes totais variaram de 300 a 1100000 NMP/100 mL e de 360 a 110000 NMP/100 mL para o período chuvoso e seco, respectivamente. Diferenças significativas foram observadas entre os pontos e entre os meses avaliados ( $p < 0,05$ ). O ponto 6 (efluente) apresentou a maior contaminação de NMP/100 mL, seguido pelos pontos localizados na represa (1, 2 e 3) e os pontos localizados nos tanques (4 e 5). Estatisticamente os meses de março e abril apresentaram os maiores valores de NMP/100 mL para todos os pontos (Tabela 1).

Para os coliformes termotolerantes, os valores variaram de 300 a 93000 NMP/100 mL e de 300 a 21000 NMP/100 mL para o período chuvoso e seco, respectivamente. Diferenças significativas foram observadas apenas entre os meses ( $p < 0,05$ ) de julho, novembro e fevereiro, que apresentaram menores valores de NMP/100 mL. Os demais meses não diferem estatisticamente entre si, apresentando valores de NMP/100 mL elevados (Tabela 2).

**Tabela 1** - Coliformes totais (NMP/100 mL) na água da base de piscicultura Carlos Eduardo Matiazze.

| Ponto           | Período             |                     |                     |                     |                      |                     |                     |                     |                      |                     |                     |                     |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                 | 2013                |                     |                     |                     |                      |                     | 2014                |                     |                      |                     |                     |                     |
|                 | ago. <sup>abc</sup> | set. <sup>bc</sup>  | out. <sup>abc</sup> | nov. <sup>bc</sup>  | dez. <sup>bc</sup>   | jan. <sup>abc</sup> | fev. <sup>c</sup>   | mar. <sup>ab</sup>  | abr. <sup>a</sup>    | mai. <sup>abc</sup> | jun. <sup>bc</sup>  | jul. <sup>bc</sup>  |
| 1 <sup>AB</sup> | 4,6x10 <sup>4</sup> | 1,1x10 <sup>4</sup> | 4,3x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 2,3 x10 <sup>3</sup> | 2,4x10 <sup>4</sup> | 2,3x10 <sup>3</sup> | 2,1x10 <sup>4</sup> | 9,3x10 <sup>4</sup>  | 7,4x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>4</sup> | 1,5x10 <sup>4</sup> |
| 2 <sup>AB</sup> | 3,6x10 <sup>3</sup> | 4,3x10 <sup>3</sup> | 7,4x10 <sup>3</sup> | 1,5x10 <sup>3</sup> | 1,5x10 <sup>4</sup>  | 9,3x10 <sup>3</sup> | 7,4x10 <sup>3</sup> | 9,3x10 <sup>4</sup> | 150000               | 1,5x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 7,4x10 <sup>3</sup> |
| 3 <sup>AB</sup> | 7,5x10 <sup>3</sup> | 7,4x10 <sup>3</sup> | 1,5x10 <sup>4</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 1,5x10 <sup>4</sup>  | 4,3x10 <sup>3</sup> | 4,3x10 <sup>3</sup> | 240000              | 9,3x10 <sup>4</sup>  | 7,4x10 <sup>3</sup> | 4,3x10 <sup>4</sup> | 2,4x10 <sup>4</sup> |
| 4 <sup>B</sup>  | 1,5x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 9,2x10 <sup>2</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 7,4x10 <sup>2</sup>  | 4,3x10 <sup>4</sup> | *                   | 1,5x10 <sup>4</sup> | 4,6x10 <sup>4</sup>  | 1,5x10 <sup>4</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> |
| 5 <sup>B</sup>  | 2,1x10 <sup>4</sup> | 4,3x10 <sup>3</sup> | 2,3x10 <sup>3</sup> | 4,3x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup>  | 4,3x10 <sup>3</sup> | *                   | 4,3x10 <sup>3</sup> | 1,1 x10 <sup>6</sup> | 9,2x10 <sup>2</sup> | 1,5x10 <sup>3</sup> | 1,5x10 <sup>3</sup> |
| 6 <sup>A</sup>  | 1,1x10 <sup>5</sup> | 1,5x10 <sup>4</sup> | 2,1x10 <sup>5</sup> | 7,4x10 <sup>4</sup> | 1,5x10 <sup>4</sup>  | 9,3x10 <sup>3</sup> | 9,3x10 <sup>3</sup> | 7,4x10 <sup>4</sup> | 4,6x10 <sup>5</sup>  | 7,4x10 <sup>4</sup> | 2,1x10 <sup>4</sup> | 7,4x10 <sup>3</sup> |

Valores na mesma linha (meses) seguidos por letras minúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % entre os meses pelo teste de Tukey, enquanto valores na mesma coluna (pontos), seguidos por letras maiúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % entre os pontos pelo teste de Tukey. \*Impossibilidade de coleta - calagem.

**Tabela 2** - Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) na água da base de piscicultura Carlos Eduardo Matiazze.

| Ponto          | Período             |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                | 2013                |                     |                     |                     |                     |                     | 2014                |                     |                     |                     |                     |                     |
|                | ago. <sup>ab</sup>  | set. <sup>ab</sup>  | out. <sup>ab</sup>  | nov. <sup>b</sup>   | dez. <sup>ab</sup>  | jan. <sup>ab</sup>  | fev. <sup>b</sup>   | mar. <sup>a</sup>   | abr. <sup>ab</sup>  | mai. <sup>ab</sup>  | jun. <sup>ab</sup>  | jul. <sup>b</sup>   |
| 1 <sup>A</sup> | 4,3x10 <sup>3</sup> | 7,4x10 <sup>3</sup> | 1,5x10 <sup>3</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 2,3x10 <sup>3</sup> | 7,4x10 <sup>2</sup> | 2,3x10 <sup>3</sup> | 4,3x10 <sup>3</sup> | 2,1x10 <sup>3</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 1,5x10 <sup>3</sup> |
| 2 <sup>A</sup> | 7,5x10 <sup>3</sup> | 2,3x10 <sup>3</sup> | 4,3x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 4,3x10 <sup>4</sup> | 2,0x10 <sup>4</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> |
| 3 <sup>A</sup> | 2,0x10 <sup>3</sup> | 7,4x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 2,3x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 9,2x10 <sup>2</sup> | 9,3x10 <sup>4</sup> | 1,1x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 3,6x10 <sup>3</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> |
| 4 <sup>A</sup> | 1,5x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 9,2x10 <sup>2</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 9,3x10 <sup>3</sup> | *                   | 4,3x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 7,4x10 <sup>3</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> |
| 5 <sup>A</sup> | 1,1x10 <sup>3</sup> | 9,2x10 <sup>2</sup> | 9,2x10 <sup>2</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | 3,0x10 <sup>2</sup> | *                   | 3,6x10 <sup>2</sup> | 7,4x10 <sup>2</sup> | 9,2x10 <sup>2</sup> | 3,6x10 <sup>3</sup> | 9,2x10 <sup>2</sup> |
| 6 <sup>A</sup> | 2,1x10 <sup>4</sup> | 2,3x10 <sup>3</sup> | 1,5x10 <sup>4</sup> | 1,5x10 <sup>3</sup> | 2,1x10 <sup>3</sup> | 9,2x10 <sup>2</sup> | 1,5x10 <sup>3</sup> | 2,4x10 <sup>4</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> | 9,2x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>3</sup> | 3,6x10 <sup>2</sup> |

Valores na mesma linha (meses) seguidos por letras minúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % entre os meses pelo teste de Tukey, enquanto valores em uma mesma coluna (pontos), seguidos por letras maiúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % entre os pontos pelo teste de Tukey. \*Impossibilidade de coleta - calagem.

Ao avaliar os dados estatisticamente, verifica-se que os maiores valores de coliformes totais e termotolerantes para todos os pontos ocorreram nos meses de março e abril, coincidindo com as maiores variações pluviométricas. Além disso, pode ser observado um aumento da contaminação tanto de CT como de CTT de montante à jusante para os pontos 1, 2, 3 e 6 na medida em que aumentou a precipitação pluviométrica. Esse fato pode ser visualizado quando os dados de contaminação e pluviosidade são plotados num mesmo gráfico (Figuras 3 e 4).

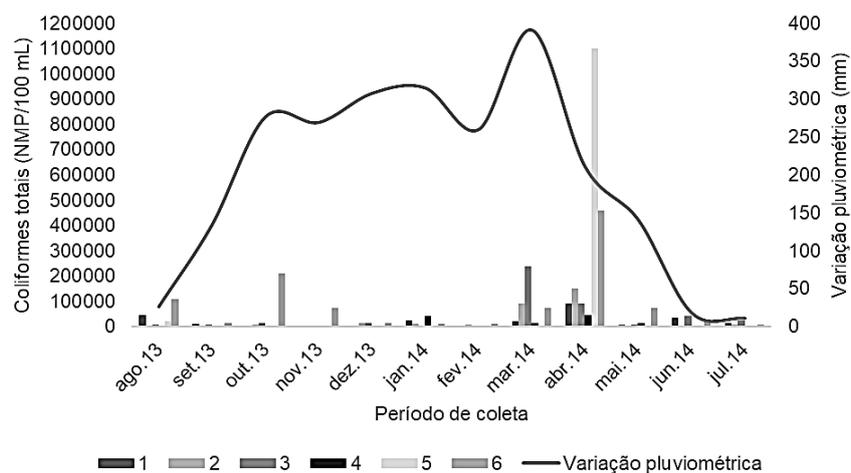


Figura 3 - Relação de coliformes totais (NMP/100 mL) e pluviosidade (mm).

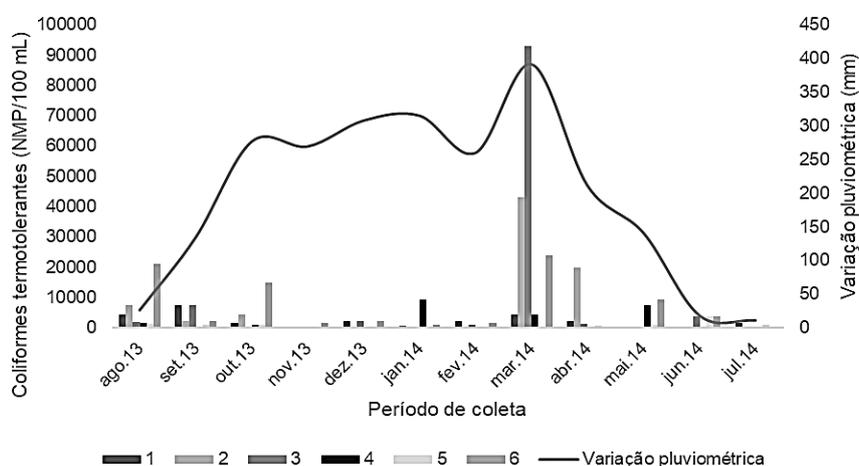


Figura 4 - Relação entre coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) e pluviosidade (mm).

## DISCUSSÃO

A avaliação da microbiota da água é necessária para estabelecer, determinar e monitorar a presença de microrganismos indicadores de contaminação e veículos de intoxicações e doenças que possam acometer o homem e as populações de organismos aquáticos (13). Desta forma, as concentrações de coliformes totais e termotolerantes apresentam-se como parâmetros de referência para avaliar a qualidade sanitária de um ambiente aquático, principalmente aqueles destinados à aquicultura (14).

No Brasil, o Artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005 estabelece as condições e padrões para águas de Classe 2, que são as destinadas, entre outras atividades, à aquicultura (5). Esta resolução não estabelece valores máximos permissíveis para CT. Entretanto, estabelece um limite máximo de 1000 NMP/100 mL para CTT. Das amostras analisadas para CTT, 47,7% apresentaram valores superiores ao limite máximo estabelecido, principalmente no período chuvoso.

A relação existente entre a precipitação pluviométrica e a presença de coliformes pode ser atribuída ao aporte de nutrientes alóctones carreados pelas chuvas (e.g. nitrogênio e fósforo) para o ambiente aquático, oriundos da ocupação urbana desordenada (e.g. fossas e esgotos) e práticas rurais (e.g. pecuária extensiva) ao longo da região limítrofe da área de estudo. Essa relação também foi observada por Vasconcelos e Souza (15) ao avaliar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água de lagoas do Complexo Hídrico Estadual do Utinga próxima à região metropolitana de Belém, no estado do Pará. Os autores observaram alterações importantes nas variáveis físicas, químicas e biológicas e constataram que as alterações estão diretamente relacionadas ao crescimento populacional e o aumento da produção de esgoto não tratado lançado nos corpos d'água no período de chuvas. Essa mesma relação também foi observada, inclusive no cultivo

de peixes, onde os maiores valores de NMP/100 mL foram verificados para o período chuvoso, sendo a presença dos coliformes atribuída à entrada de enxurrada nos tanques de cultivo (16, 17).

A contaminação por coliformes também pode sofrer interferência e estar diretamente relacionada à geologia e às características morfológicas da bacia hidrográfica (18). Desta forma, o processo de carreamento da matéria orgânica pode ter influenciado diretamente nos maiores valores de NMP/100 mL no ponto 6, uma vez que está a jusante e, recebe toda água dos pontos a montante devido ao fluxo de escoamento. O aumento da contaminação de coliformes de montante a jusante foi avaliado por Martins e Silva (19) em um efluente do Rio Pomba, Zona da Mata do estado de Minas Gerais, e constataram diferença significativa ( $p < 0,0001$ ) relacionadas ao local de coleta e a contaminação por CT e CTT, esse processo foi atribuído ao fluxo de escoamento das águas e à poluição urbana. Entretanto, essa relação não se aplica aos pontos 4 e 5 deste trabalho, uma vez que apresentavam sistema fechado de recirculação de água.

Porém, independente de a concentração sofrer variações de montante para jusante, ou ser menor nos pontos sem renovação contínua de água, a presença desses contaminantes, mesmo que em níveis baixos, representa riscos às espécies aquáticas. A microbiota do peixe vivo, apesar de ser relativamente uniforme, está diretamente relacionada à microbiota da água onde o animal está inserido (20).

Desta forma, a presença de coliformes pode causar impacto negativo no desempenho zootécnico das espécies nos pontos 4 e 5. Para esses pontos, a contaminação por coliformes totais apresentou valores inferiores aos demais. Entretanto, os valores ultrapassam os estabelecidos na legislação para coliformes termotolerantes (5), principalmente no período de chuva. Macedo, Amaral e Sipaúba-Tavares (21) reportaram essa mesma relação e enfatizaram que os índices sanitários indesejáveis e em desacordo com a legislação, podem ocasionar vários efeitos aos animais e também para o homem.

Embora os coliformes termotolerantes pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella* não sejam relatados como causadores de enfermidades em peixes, esses podem influenciar de forma indireta as funções fisiológicas dos animais. A presença destes micro-organismos pode interferir de forma negativa na absorção de nutrientes, reduzir sua capacidade imunitária, favorecendo a colonização de micro-organismos patogênicos prejudiciais para o desenvolvimento da atividade piscícola, principalmente de alevinos, que são mais frágeis (16). Além disso, vale ressaltar que micro-organismos pertencentes ao grupo dos coliformes podem apresentar transferência horizontal de genes e, como consequência, exibir estirpes patogênicas que se destacam como potencial zoonótico emergente (22).

Como exemplo, tem-se a *Escherichia coli* shigatoxigênica (STEC) e enteropatogênica (EPEC), fatais ao homem (23). Essas estirpes foram isoladas de *Oreochromis niloticus* cultivadas em diferentes pisciculturas (24), e também na água e em espécies de peixes utilizadas em pesque-pague, no estado de São Paulo (25). A presença dessas estirpes também é relatada em peixes e moluscos cultivados em Kolkata, Índia (26). As estirpes de *Escherichia coli* podem não apresentar patogenicidade ou produção de enterotoxinas que possam acometer os peixes (27,28), entretanto, quando presentes em alimentos (e. g. pescados), caso sejam consumidos, ligam-se às microvilosidades dos enterócitos acarretando uma disfunção da absorção intestinal, provocando diarreia (29). Segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS), 1,5 milhões de crianças morrem a cada ano vítimas de doenças diarreicas, sobretudo em países em desenvolvimento (30).

Assim, produtos oriundos do processamento de peixes cultivados em ambientes com a presença de coliformes, como os filés, podem, portanto, veicular a transmissão de agentes patogênicos ocasionando intoxicações em humanos, constituindo-se em riscos sanitários à saúde pública (31). Desta forma, o sistema avaliado é considerado impróprio para o desenvolvimento de atividades destinadas à aquicultura, pois 47% das amostras avaliadas para CTT os valores de NMP/100 mL eram superiores ao limite estabelecido pelo Artigo 15 da Resolução CONAMA, n.º 357/2005.

## Conflito de interesse

Não há.

## Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Rondônia e à Universidade Federal de Rondônia pelo apoio laboratorial e assistência técnica.

## REFERÊNCIAS

1. Siqueira, T. V. Aquaculture: the new frontier for sustainable food production. Revista do BNDES, 2018; 25:119-170. [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16085/1/PRArt\\_Aquicultura%20a%20nova%20fronteira\\_compl.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16085/1/PRArt_Aquicultura%20a%20nova%20fronteira_compl.pdf)
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma: FAO; 2018. <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>
3. Pauly D, Zeller D. Comments on FAOs state of world fisheries and aquaculture (SOFIA 2016). Marine Policy. 2017; 77(1):176-181. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.01.006>
4. LIU, X., XU, H., CHENG, G., LIU, C., LIU, S., LU, S., TIAN, C., TANG, R., GU, Z. Effects of portable solar water quality control machines on aquaculture ponds. Environmental Science and Pollution Research, 2016; 24(1):4040-4047. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8144-5>
5. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357 de 2005. Brasília: CONAMA; 2005. <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
6. Cavalheiro TB, Conceição MM, Ribeiro TTBC. Crescimento do camarão *Litopenaeus vannamei* em viveiros e tanques utilizando efluente do processo de dessalinização. Gaia Scientia. 2016; 10(4):319-337. <http://dx.doi.org/10.21707/ga.v10.n04a26>
7. Lorenzon CS, Gatti Junior P, Nunes AP, Pinto FR, Scholten C, Honda SN, Amaral LA. Perfil microbiológico de peixes e água de cultivo em pesque-pagues situados na região nordeste do estado de São Paulo. Arquivos do Instituto Biológico. 2010; 77(1):617-624. [http://www.biológico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v77\\_4/lorenzonz.pdf](http://www.biológico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v77_4/lorenzonz.pdf)
8. Porto MO, Machado JJ, Cavali J, Nunes NNS, Almeida AL, Ferreira E. Performance of juvenile tambaqui in cage, under different feed rates. Boletim do Instituto da Pesca. 2018; 44(2):1-7. DOI: DOI: <http://dx.doi.org/10.20950/1678-2305.2018.308>
9. Luxinger AO, Cavali J, Porto MO, Sales-Neto HM, Lago AA, Freitas RTF. Morphometric measurements applied in the evaluation of *Arapaima gigas* body components. Aquaculture. 2018; 489(1):80–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.044>
10. Krusche AV, Ballester MVR, Victoria RL, Bernardes MC, Leite NK, Hanada L, et al. Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. Acta Amazonica. 2005; 35(2):197-205. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200009>
11. Döbereiner J, Baldani VLD, Baldani JI. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas. Brasília: EMBRAPA; 1995. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98370/1/Como-isolar-e-identificar-bacterias.pdf>
12. Greenberg AE, Clesceri LS, Eaton AD. Microbiological examination. In: Baird RB, Eaton AD, Rice EW. (Org.). Standard methods for examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association; 1992.
13. Sipaúba-Tavares LH, Millan RN, Capitano ECO, Scardoelli-Truzzi B. Abiotic parameters and planktonic community of an earthen fish pond with continuous water flow. Acta Limnologica Brasiliensia. 2019; 31(3):1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x3018>
14. Frick C, Vierheilig J, Linke R, Savio D, Zornig H, Antensteiner R, et al. Poikilothermic Animals as a Previously Unrecognized Source of Fecal Indicator Bacteria in a Backwater Ecosystem of a Large River. Applied and Environmental Microbiology. 2018; 84(16):1-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.00715-18>
15. Vasconcelos VMM, Souza CF. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. Ambi-Agua. 2011; 6(2):305-324. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.202>

16. Ramírez MAP, Miranda GD, Escobar MP, Hernández MN, Gago MM, Izquierdo OR, et al. Water and sediment of a harvest season of *Claria gariepinus* in Cuba. Revista Electrónica de Veterinaria. 2015; 16(9):1-9. DOI: <http://hdl.handle.net/1834/11229>
17. Pilarski F, Tomazelli Júnior O, Casaca JM, Garcia FRM, Tomazelli IB, Santos IR. Consórcio suíno-peixe: aspectos ambientais e qualidade do pescado. Revista Brasileira de Zootecnia. 2004; 33(2):267-276. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000200001>
18. Lemos M, Ferreira Neto M, Dias NS. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2010; 14(2):155-164. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000200006>
19. Martins JB, Silva SLM. Coliforms in São Manoel river (MG) during the rainy period. Ibero-American Journal of Environmental Science. 2017; 8(3):1-10. DOI: <http://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.003.0008>
20. Souza GMD, Pretto-Giordano LG, Vilas-Bôas GT, Carvalho, TO, Silva-Souza AT, Caetano Filho M, et al. Journal of Aquaculture Research & Development. 2015; 6(6):1-6. DOI: <http://doi.org/10.4172/2155-9546.1000344>
21. Macedo CF, Amaral LA, Sipaúba-Tavares, LH. Microbiology quality in continuous water flow fish ponds. Semina: Ciências Agrárias. 2011; 32(2):701-708. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p701>
22. Parrado M, Salas MC, Hernández-Arévalo G, Ortega JP, Yossa MI. Bacterial variety of fish farms and resistance to antibacterial. Orinoquia Suplemento. 2014; 18(1):237-247. <https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/382>
23. Scheutz F, Teel LD, Beutin L, Piérard D, Buvens G, Karch H, et al. Multicenter evaluation of a sequence-based protocol for subtyping shiga toxins and standardizing Stx nomenclature. Journal of Clinical Microbiology. 2012; 50(9):2951-2963. DOI: <http://dx.doi.org/10.1128/JCM.00860-12>
24. Cardozo MV, Borges CA, Beraldo LG, Maluta RP, Pollo AS, Borzi MM, et al. Shigatoxigenic and atypical enteropathogenic *Escherichia coli* in fish for human consumption. Brazilian Journal of Microbiology. 2018; 49(4):936-941. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2018.02.013>
25. Ribeiro LF, Barbosa MM, Rezende PF, Guariz CS, Maluta RP, Rossi JR, Rossi GA, Lemos MV, Amaral LA. Shiga toxigenic and enteropathogenic *Escherichia coli* in water and fish from pay-to-fish ponds. Letters in Applied Microbiology. 2016; 62(1):216-220. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.12536>
26. Manna SK, Das R, Manna C. Microbiological quality of finfish and shellfish with special reference to shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157. Journal of Food Science. 2008; 73(6):283-286. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00815.x>
27. Silva ML, Matté GR, Germano PML, Matté MH. Occurrence of pathogenic microorganisms in fish sold in São Paulo, Brazil. Journal of Food Safety. 2010; 30(1):94-110. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00192.x>
28. Jiang HX, Tang D, Liu YH, Zhang XH, Zeng ZL, Xu L, et al. Prevalence and characteristics of  $\beta$ -lactamase and plasmid-mediated quinolone resistance genes in *Escherichia coli* isolated from farmed fish in China. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 2012; 67(10):2350-2353. DOI: <https://doi.org/10.1093/jac/dks250>
29. Ghanem NA, Elshabasy NA, Ibrahim HA, Samaha IA. Enterobacteriaceae in some marine fish fillet. Alexandria Journal of Veterinary Sciences. 2014; 40(1):124-131. DOI: <http://dx.doi.org/10.5455/ajvs.49502>
30. Organização Mundial da Saúde - OMS. Championing Health for Sustainable Development and Equity: catalyzing public health action. 2016. <https://www.paho.org/annual-report-2016/Espanol.html>
31. Leira MH, Lago AS, Viana JÁ, Cunha LT, Mendonça FG, Freitas RTF. As principais doenças na criação de tilápias no Brasil: revisão de literatura Bactéria, microbiologia, peixes, produção, aquicultura. Nutritime. 2017; 14(2):4982-4996. [https://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/Artigo\\_414.pdf](https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Artigo_414.pdf)