



## DISTRIBUIÇÃO DA CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA NA REDE HIDROGRÁFICA URBANA DE GARANHUNS - PE

Karoline da Conceição Cosme Capitó<sup>1</sup>, Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-6627-0149>

Iaponan Cardins de Sousa Almeida<sup>2</sup>, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2731-8492>

Elisângela Ramos Castanha<sup>3</sup>, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1925-7629>

Rosângela Estevão Alves Falcão<sup>4</sup>, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7693-4630>

<sup>1</sup>Universidade de Pernambuco, Garanhuns, PE, Brasil\*

<sup>2</sup> Universidade de Pernambuco, Garanhuns, PE, Brasil \*\*

<sup>3</sup> Universidade de Pernambuco, Garanhuns, PE, Brasil \*\*\*

<sup>4</sup>Universidade de Pernambuco, Garanhuns, PE, Brasil \*\*\*\*

Artigo recebido em 08/12/2022 e aceito em 26/03/2024

### RESUMO

A preservação de mananciais é um condicionante da sobrevivência de seres vivos. A qualidade da água fornecida é frequentemente monitorada através da pesquisa de coliformes. A nascente do Mundaú, localizada no município de Garanhuns é o ponto de distribuição da rede hidrográfica que abrange o noroeste de Pernambuco e o centro-norte-oriental de Alagoas. Este trabalho analisou a contaminação das nascentes do rio Mundaú no município de Garanhuns. No decorrer dos anos de 2021 e 2022, nos períodos de baixa precipitação, foram coletadas amostras de nascentes em três locais diferentes de cada uma das nascentes. As amostras foram submetidas a testes microbiológicos para pesquisa de coliformes totais, *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes. Todos os locais de coleta foram demarcados por *Garmin GPSmap 78s* para localização dos pontos e posteriormente estes pontos foram introduzidos no *software Qgis 3,6* para interpolação dos dados. Os resultados demonstraram alta contaminação em quase todas as nascentes investigadas. A contaminação apresentou relevante decréscimo nos pontos finais de várias coletas, devido a fatores tais como diluição da contaminação, entrada de novos volumes de água, autodepuração, entre outros. Os resultados refletem importante falha na implementação do saneamento básico no município de Garanhuns, e falta de uma política de conservação de fontes de água importantes aos estados de Pernambuco e Alagoas.

**Palavras-chave:** Bacia do Mundaú; contaminação microbiológica; gestão de recursos hídricos

\*Graduada pela Universidade de Pernambuco - Campus Garanhuns em Ciências Biológicas. E-mail: karoline.capito@upe.br

\*\*Doutor em Geografia PROPGEO/UECE - Universidade de Sevilla. E-mail: iaponan.cardins@upe.br

\*\*\*Doutora em Biomedical Sciences pela University of South Carolina, EUA. Professora Adjunta da Universidade de Pernambuco Campus Garanhuns (UPE). E-mail: elisangela.castanha@upe.br

\*\*\*\*Doutora em Biociência Animal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Professora Adjunta da Universidade de Pernambuco Campus Garanhuns (UPE). E-mail: rosangela.falcão@upe.br

## DISTRIBUTION OF MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION IN THE URBAN WATER NETWORK OF GARANHUNS -PE

### ABSTRACT

The preservation of water sources is a condition for the survival of living beings. The quality of the water supplied is frequently monitored through coliform testing. The source of the Mundaú River, located in the municipality of Garanhuns, is the distribution point of the hydrographic network that covers the northwest of Pernambuco and the center-north-east of Alagoas. This work analyzed the contamination of the sources of the Mundaú River in the municipality of Garanhuns. In the years 2021 and 2022, during periods of low rainfall, samples were collected from springs in three different locations in each of the springs. The samples were subjected to microbiological tests to search for total coliforms, *Escherichia coli* and thermotolerant coliforms. All collection locations were demarcated by Garmin GPSmap 78s to locate the points and later these points were introduced into the Qgis 3.6 software for data interpolation. The results demonstrated high contamination in almost all springs investigated. Contamination showed a significant decrease at the end points of several collections due to factors such as dilution of contamination, entry of new volumes of water, self-purification, among others. The results reflect an important failure in the implementation of basic sanitation in the municipality of Garanhuns, and the lack of a conservation policy for important water sources in the states of Pernambuco and Alagoas.

**Keywords:** Mundaú Basin; microbiological contamination, water resources management

## DISTRIBUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA EN LA RED AGUA URBANA DEL MUNICIPIO DE GARANHUNS - PE

### RESUMEN

La preservación de las fuentes de agua es una condición para la supervivencia de los seres vivos. La calidad del agua suministrada se controla frecuentemente mediante pruebas de coliformes. La fuente de Mundaú, ubicada en el municipio de Garanhuns, es el punto de distribución de la red hidrográfica que cubre el noroeste de Pernambuco y el centro-noreste de Alagoas. Este trabajo analizó la contaminación de las nacientes del río Mundaú en el municipio de Garanhuns. Durante los años 2021 y 2022, durante períodos de escasas precipitaciones, se recolectaron muestras de manantiales en tres ubicaciones diferentes en cada uno de los manantiales. Las muestras fueron sometidas a pruebas microbiológicas para búsqueda de coliformes totales, *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes. Todas las ubicaciones de recolección fueron demarcadas por Garmin GPSmap 78 para ubicar los puntos y posteriormente estos puntos se introdujeron en el software Qgis 3.6 para la interpolación de datos. Los resultados demostraron una alta contaminación en casi todos los manantiales investigados. La contaminación mostró una disminución significativa en los puntos finales de varias colectas, debido a factores como dilución de la contaminación, ingreso de nuevos volúmenes de agua, autodepuración, entre otros. Los resultados reflejan una importante falla en la implementación de saneamiento básico en el municipio de Garanhuns, y la falta de una política de conservación de importantes fuentes de agua en los estados de Pernambuco y Alagoas. Garanhuns y la falta de una política de conservación de importantes fuentes de agua en los estados de Pernambuco y Alagoas.

**Palabras clave:** Cuenca de Mundaú; contaminación microbiológica; gestión de recursos hídricos

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a subsistência dos seres vivos, sendo improvável a sobrevivência de alguma forma de vida na ausência da mesma. O seu fornecimento, tanto em quantidade como em qualidade, é fundamental para a manutenção da vida humana, animal e vegetal. Segundo Galvan et al (2020), as características das águas naturais são definidas de acordo com suas propriedades físicas, químicas e biológicas e sua qualidade constitui um dos principais fatores limitantes do crescimento socioeconômico (BAKER & MILLER, 2013).

Segundo a Agência Nacional das Águas - ANA (2012), os possíveis motivos para a água com qualidade insatisfatória são, basicamente, o crescimento populacional com ausência de investimento em saneamento e a contaminação por meio da indústria, agropecuária e mineração. Desta forma, atualmente, existem inúmeros problemas socioambientais, principalmente em áreas de nascentes e curso d'água, que afetam sobretudo a qualidade microbiológica das águas superficiais e podem indicar atividades humanas que apresentam potenciais riscos a esse recurso e à saúde pública (FRIAS et al., 2020).

Dentre os indicadores mais utilizados na análise de contaminação microbiológica da água está a pesquisa de coliformes totais, microrganismos da família Enterobacteriaceae que abrange os gêneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Serratia* (DAVIS et al., 2022). Coliformes são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos que são encontrados comumente na microbiota do trato intestinal de seres humanos e animais. Apesar de nem todos os coliformes totais serem patogênicos, um número elevado destes microrganismos aponta com segurança a contaminação da água por resíduos fecais (SEO; LEE; KIM, 2019). Desta forma, sua presença em mananciais indica contaminação por esgotos, e, dentre os coliformes totais, a presença de *E. coli* é indicador específico de contaminação fecal, sendo por isso utilizada por muitos países como um parâmetro regulatório das análises de água e alimentos para identificação do contato destes com fezes humanas ou de animais (NIYOYITUNGIYW; GIRI; NDAYISENGA, 2020).

A área da bacia hidrográfica do Rio Mundaú corresponde a 4.126 km<sup>2</sup>, envolvendo os estados de Pernambuco e Alagoas, sendo, portanto, um rio de domínio da união, conforme estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos. As nascentes do Rio Mundaú estão localizadas na zona urbana de Garanhuns, a partir de onde se distribui a rede hidrográfica da bacia, e sua área de drenagem em Pernambuco envolve 15 municípios, 4 municípios em sua totalidade, Angelim, Correntes, Palmerina e São João, 4 municípios com sede na bacia. Caetés, Garanhuns, Canhotinho e Lagoa do

Ouro e 7 municípios Brejão, Calçado, Capoeiras, Jucati, Jurema, Jupi e Lajedo parcialmente inseridos na bacia. O presente trabalho analisou a contaminação microbiológica de mananciais que formam a bacia do Mundaú em Garanhuns e seu comportamento em diferentes pontos de coleta (APAC, 2023).

## METODOLOGIA

### *Localização das coletas*

Segundo a APAC (2023), a bacia hidrográfica do Rio Mundaú (Figura 1) está localizada no noroeste do Estado de Pernambuco e centro-norte-oriental de Alagoas. A mesma possui uma área de 4.090,39 km<sup>2</sup>, dos quais 2.154,26 km<sup>2</sup> (52,7%) estão localizados no Estado de Pernambuco e 1.936,13 km<sup>2</sup> (47,3%) no Estado de Alagoas. A porção compreendida no território pernambucano, localiza-se entre as coordenadas 08° 41' 34" e 09° 14' 00" de latitude sul, e 36° 03' 36" e 36° 37' 27" de longitude oeste. A bacia hidrográfica do Rio Mundaú limita-se ao norte com a bacia do Rio Una, ao sul com Estado de Alagoas e com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 1 - GII, a Leste com a bacia do Rio Una e com o Estado de Alagoas e, a oeste, com o grupo GII e com a bacia do rio Una.

Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio Mundaú



Fonte: Gomes, 2016

### *Coletas*

As coletas foram realizadas em triplicata, durante o período de 2021 e 2022, com pausa durante os períodos chuvosos, para minimizar a influência nos resultados das análises. Foram feitas 3 coletas em 3 pontos de distâncias diferentes dentro da rede de drenagem, denominados aqui de Pontos iniciais (Pi), Pontos medianos (Pm) e Pontos finais (Pf), para verificar possíveis variações na

contaminação microbiana de acordo com a distância. As amostras foram coletadas em saco estéril 540 mL (114X229MM), da INLAB. Em seguida, foram identificadas e acondicionadas em caixa isotérmica com gelo reciclável e conduzidas ao laboratório LABEA UPE - *Campus Garanhuns*. Os testes tiveram início antes das 24h de coleta.

### ***Etapas presuntiva de coliformes totais***

O protocolo utilizado se refere ao contido no *Standard Methods* (APHA, 2017) onde cada amostra coletada foi inoculada em três séries com três tubos contendo Caldo Lauril Duplo (Merck) com tubo de Durhan invertido em todos os tubos de ensaio. Foram inoculadas as amostras de água em 15 tubos contendo meio de Lauryl, onde em cada 5 tubos foi realizado a diluição, 10 mL 1,0 e 0,1 mL da amostra de água. As amostras foram incubadas a  $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , sendo feitas duas leituras com 24h e com 48h. Após esse período, foi realizada a leitura dos tubos a partir da formação de gás dentro do tubo de Durhan, o que aponta como teste presuntivo positivo para coliformes totais.

### ***Etapas confirmativa para coliformes totais***

Todos os tubos positivos do teste presuntivo foram submetidos ao teste confirmativo onde uma alíquota de 10 microlitros de cada amostra positiva foi transferida para tubo correspondente contendo o Meio Caldo Verde Brilhante Bile a 2% (Fabricante: Merck). Os tubos foram identificados e posteriormente incubados na estufa bacteriológica  $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , procedendo duas leituras com 24 e 48 horas. Os coliformes totais podem crescer em 24/48 horas. Ao final da incubação, a produção de gás no tubo de Durhan foi considerada determinante positivo para coliformes totais. Os resultados foram avaliados através da tabela do *Standard Methods* (APHA, 2017), que permite a obtenção de uma estimativa da densidade original das bactérias pesquisadas, por meio da aplicação de cálculos de probabilidade NMP (Número Mais Provável) /100 mL de amostra.

### ***Etapas confirmativa para Escherichia coli***

A partir dos tubos positivos da etapa confirmativa para coliformes totais, uma alçada foi transferida para tubos de ensaio contendo o meio Ec Medium with Mug (EC)- (Fabricante: Neogen). As amostras foram incubadas no banho maria a  $45 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas. A presença de gás nos tubos de Durhan evidencia a fermentação da lactose presente no meio e a fluorescência na luz

UltraVioleta. O caldo EC apresenta em sua composição uma mistura de fosfatos que lhe confere um poder tamponante, impedindo a sua acidificação. A seletividade do meio se deve à presença de sais biliares, responsáveis pela inibição dos microrganismos Gram positivos.

### ***Etapa confirmativa para coliformes termotolerantes***

A partir dos tubos positivos *da* etapa confirmativa para *Escherichia coli*, novamente uma alçada foi transferida para tubos de ensaio contendo o Meio EC. As amostras foram incubadas em banho maria à  $45 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, a presença de gás nos tubos de Durhan evidencia a fermentação da lactose presente no meio e sem a fluorescência na luz UV. A confirmação dos coliformes é indicada pela acidificação e formação de gás nos tubos de Durhan (mínimo 1/10 do volume total) ou efervescência quando agitado. A *Escherichia coli* além de ter essas características tem um diferencial por ser a única bactéria que possui a enzima b-D glucoronidase, requerida para a hidrólise do MUG e assim produzindo fluorescência. Foram anotados os números de tubos positivos em cada série de diluição e verificado na tabela o valor máximo permitido, o mesmo se deu para os negativos. A ausência de reação ácida e/ou a formação de gás na extremidade em  $48 \pm 3\text{h}$  de incubação constitui um teste negativo conforme tabela traduzida e baseada no *Standard Methods* (APHA, 2017).

### ***Mapas temáticos e distribuição dos pontos de contaminação dos mananciais***

Para a representação cartográfica dos resultados alcançados, foram obtidas amostras de água em 62 pontos da rede hidrográfica originada na zona urbana do município de Garanhuns-PE e analisadas as concentrações de coliformes totais, termotolerantes e *E. Coli*. Para tanto, foram escolhidos pontos de coleta, localizados nas cabeceiras, nascentes, canais fluviais e reservatórios hídricos. Para a seleção dos postos foi estabelecido o seguinte critério: obtenção de amostras onde houve água corrente ou parada, como produto do escoamento natural ou induzido pelo lançamento de efluentes da infraestrutura de esgotamento sanitário. O propósito foi comparar a contaminação encontrada entre os pontos iniciais, médios e finais da rede de drenagem, tendo como limite, o exutório de cada sub-bacia hidrográfica.

Os períodos de coleta aconteceram durante os meses de maio e agosto de 2021; fevereiro, março, abril e maio de 2022, objetivando um diagnóstico pontual sobre contaminação das águas, sem a pretensão de uma avaliação temporal. A distribuição dos pontos de coleta se deu em toda a área das



sete sub-bacias hidrográficas afetadas pela drenagem de Garanhuns e pelo respectivo lançamento de efluentes na rede hidrográfica, tendo como delimitação espacial, os divisores de águas e os cursos fluviais mais importantes. A localização dos pontos de coleta foi obtida por meio do aparelho *Garmin GPSmap 78s*, transferida para planilhas eletrônicas e associadas à identificação de cada ponto.

Após a coleta, os dados foram e importados para interpolação, edição e exportação do mapeamento, através do *software* Qgis 3,6. Para a interpolação desses dados foi utilizado o método do *Satellite Facility* (ASF) (<https://search.asf.alaska.edu/#/>). Os registros altimétricos desta imagem permitiram a geração de curvas de nível, declividade e hiposometria que contribuíram na interpretação de dados, bem como na geração do relevo sombreado que sobrepõe alguns mapas, facilitando sua leitura e interpretação; inverso ponderado da distância (*IDW - Inverse Distance Weighting*). A partir da localização dos pontos de coleta, é calculada a média ponderada pelo inverso da distância entre eles. Esse método de interpolação de dados espaciais é utilizado para a obtenção de uma estimativa geral de probabilidade, com uma distribuição espacial uniforme (LAMDIN, 2000 p. 6). A equação utilizada neste modelo geoestatístico é representado da seguinte forma:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^B}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^B}}$$

Onde: “Z” representa o valor interpolado, “Zi” é o valor do ponto amostrado (pode ser Zres+, Zres- ou Zres0); “hi” é a distância entre os pontos; “B” é o expoente de ponderação e “n” é o número de pontos utilizados para interpolar (LANDIN, 2000 p. 6).

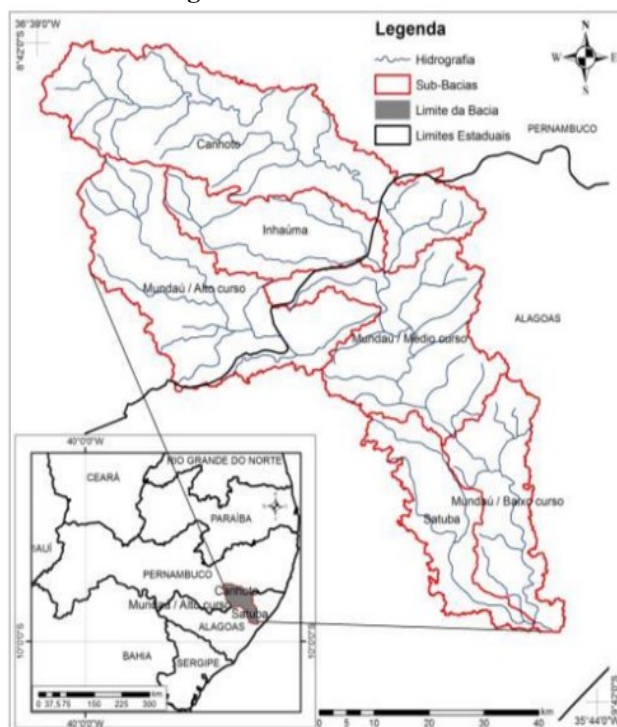
Também foi realizada a coleta de dados cartográficos em formato vetorial em diferentes fontes, que foram tratados para a construção dos mapas temáticos e dos produtos cartográficos finais (Figura 5). As bases utilizadas foram: Limites municipais dos estados de Pernambuco obtidos na base de dados do IBGE (2020), utilizados na elaboração do mapa de localização do objeto de estudo. Os dados vetoriais da rede de drenagem e limites das sub-bacias do rio Mundaú foram obtidos no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2016); a malha viária estadual e federal, obtidas na base de dados do Departamento de Rodagem de Pernambuco (2023); as coordenadas geográficas dos pontos de coleta foram obtidas com o aparelho *Garmin GPSmap 78s* e imagens de radar ALOS PALSAR com resolução espacial de 12,5m. As cenas selecionadas foram as ALPSRP262707000,

ALPSRP226677000 do ano de 2010 e a ALPSRP051703790 do ano de 2007, que foram baixadas gratuitamente no site da NASA *Alaska*

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Rio Mundaú nasce a oeste da cidade de Garanhuns em Pernambuco, percorre 69 km em áreas pernambucanas, entra em território alagoano pela Cachoeira da Escada, ao sul da cidade de Correntes – PE e noroeste da cidade de Santana do Mundaú em Alagoas, percorre mais 72 km por terras alagoanas até o litoral do município de Maceió, onde desemboca na Lagoa Mundaú, os principais afluentes no estado de Pernambuco são: pela margem direita, riacho Conceição, riacho Salgado, rio Correntes e rio Mundauzinho; e pela margem esquerda o rio Canhoto, mais importante tributário do rio Mundaú e tem, por sua vez, como principal contribuinte o rio Inhaúma, que drena todo o município de Palmeirina (APAC, 2023). GOMES *et al.* (2016) aponta que a rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Mundaú pode ser dividida em diversas sub-bacias de acordo com a hierarquia fluvial. Desta forma a bacia pode ser compartimentalizada em seis sub-bacias: Alto Mundaú, Médio Mundaú, Baixo Mundaú, Canhoto, Inhaúma e Satuba. A divisão da bacia do Rio Mundaú é mostrada na Figura 2, logo abaixo, com as seis sub-bacias demarcadas.

Figura 2 – Bacia hidrográfica do Rio Mundaú e suas sub-bacias



Fonte: Gomes, 2014

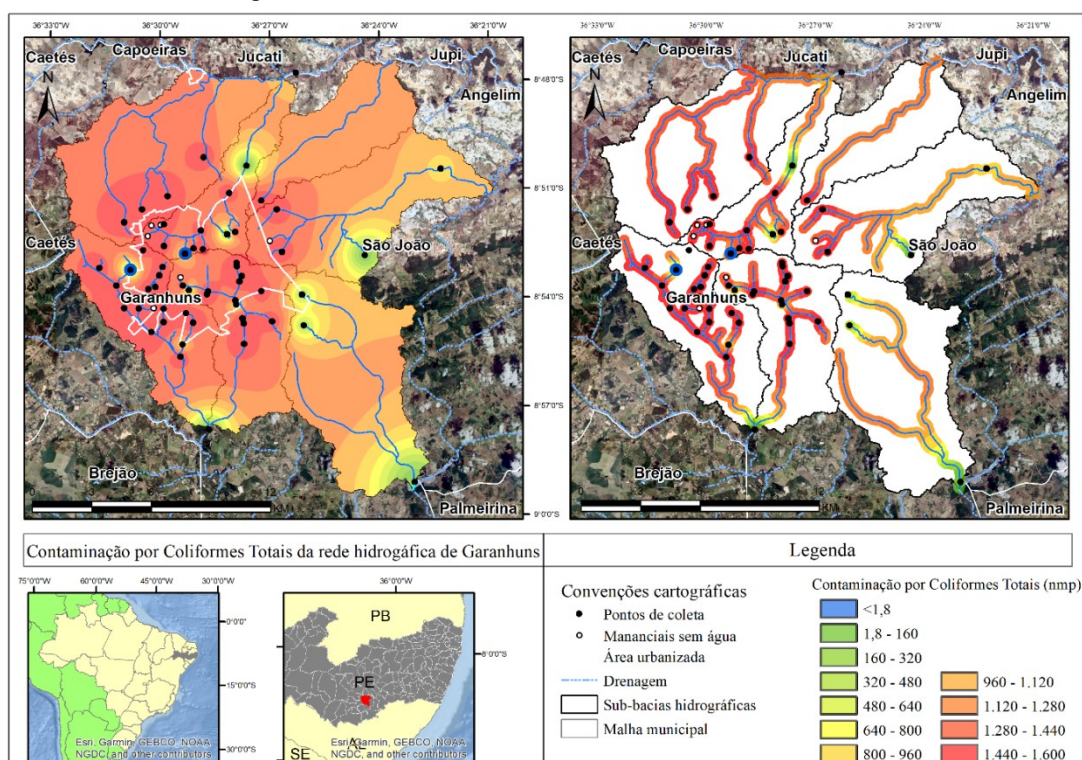


### **Contaminação por coliformes totais**

A presença de coliformes totais em mananciais é o protocolo inicial para identificação do grau de contaminação de mananciais, alimentos, culturas agrícolas e produtos comercializados, uma vez que estes microrganismos são um indicador de poluição fecal por serem encontrados comumente na flora intestinal de seres humanos e de animais. Além deste fato sua análise é adotada por diferentes órgãos de diferentes países pela fácil detecção, sendo simples e relativamente rápida o que agiliza a tomada de decisão pelos órgãos regulatórios a partir de uma resposta colorimétrica que aponta o Número Mais Provável (NMP/mL).

Os resultados obtidos para coliformes totais nos locais de coleta mostrou-se bastante significativo se apresentando na maior parte dos pontos de coleta Pi entre 800 a 1.600 NMP/mL (Figura 3). Também é possível perceber que apenas dois pontos apontam uma provável ausência de coliformes totais em áreas mais distantes de Pi, as nascentes do Magano e São Luiz. Os coliformes totais não são resultados conclusivos de contaminação por poderem ser encontrados como seres de vida livre, mas dentro deste grupo também apresentam espécies patogênicas relevantes como *E.coli* e *Klebsiela*. Seu achado representa um indicativo que pode haver contaminação e que a amostra coletada deve ser melhor investigada através de meios seletivos. Além deste fato, os coliformes totais são os mais importantes indicadores da poluição de águas e sendo sua presença importante variável nos padrões de potabilidade da água, sendo estes microrganismos detectados rapidamente.

Figura 3 – Resultado da análise coliformes totais



Fonte: Autores, 2023

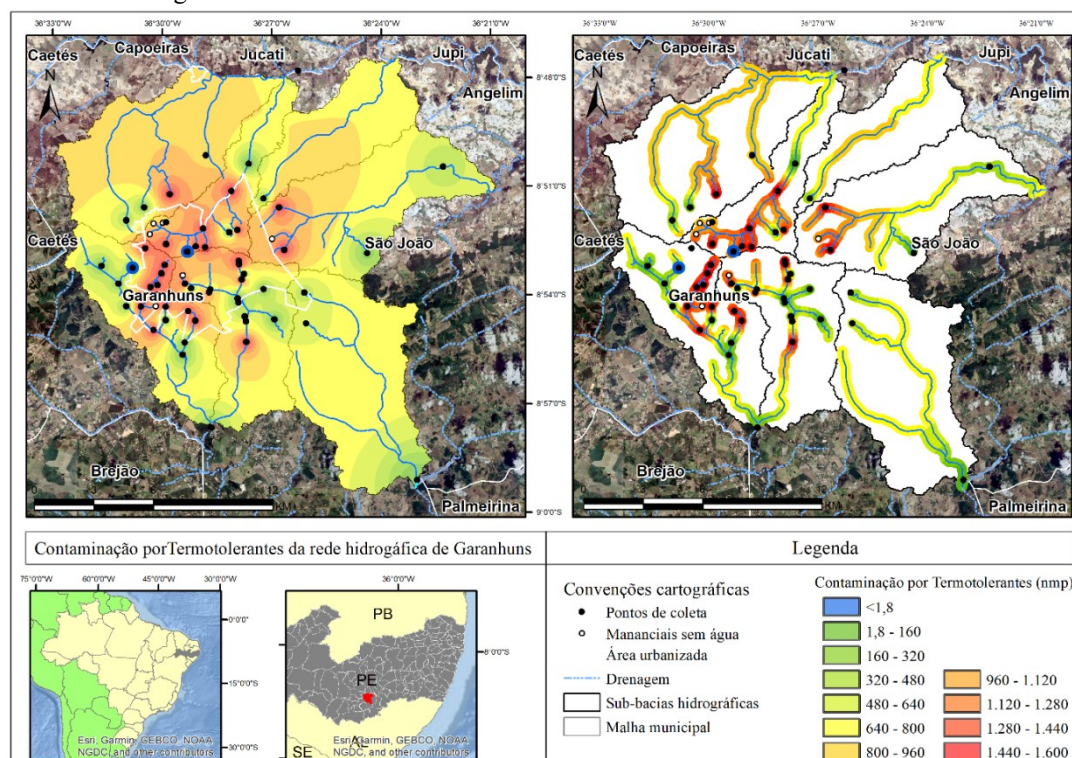
### Contaminação por microrganismos termotolerantes

Os resultados obtidos na investigação de coliformes termotolerantes também se mostraram positivos (Figura 10), nas áreas de coleta as quais as amostras foram coletadas, em particular aquelas próximas à presença de animais, esgoto doméstico, entulho, comparando com os resultados de coliformes totais, a mesma apresentou duas amostras inferior a <1,8, porém os índices de contaminação nos outros pontos estão bastante elevados, o que representa um sério risco à saúde pública e doenças de veiculação hídrica. É possível afirmar que a contaminação dentro da área urbana é significativa, mas que nos pontos mais distantes da área de ocupação urbana esta contaminação sofre uma queda importante.

Tal diminuição de contaminação microbiológica pode ser justificada por diferentes fatores tais como a diluição da contaminação através da entrada de novos volumes de água através de córregos e riachos, processos naturais de autodepuração que consiste em um processo natural onde cargas de poluentes biodegradáveis lançadas em um corpo d'água são atenuadas (GUEDES et al., 2019) tais como luz solar, presença de bactérias decompositoras, processos de sedimentação onde os

microrganismos se ligam a detritos provocando sua descida; tempo de residência que se define como o tempo que a água leva para percorrer o rio e menos fortes de contaminação nos pontos mais distantes da área urbana. Todos estes fatores são variáveis que precisam ser consideradas nos resultados encontrados.

Figura 4 – Resultado da análise de coliformes termotolerantes

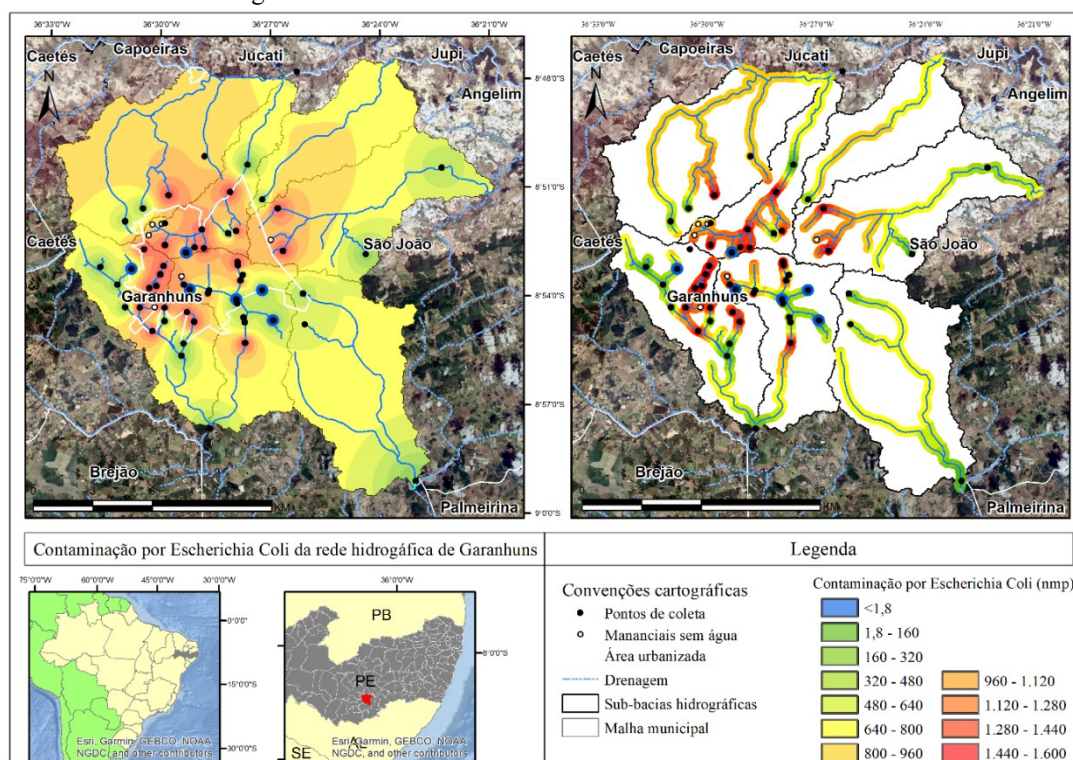


Fonte: Autores, 2023

### Contaminação por *Escherichia coli*

A investigação sobre a presença de *Escherichia coli* é de suma importância por ser a principal bactéria do grupo dos termotolerantes, conforme descrito pela Portaria GM/MS nº 888/2021, sendo o ideal que seu resultado seja equivalente à <1,8 NMP/mL. Os resultados entre ou maiores que 1.600 NMP/mL são resultados elevados, pois denotam maior índice de contaminação.



Figura 5 – Resultado da análise de *Escherichia coli*

Fonte: Autores, 2023

*Escherichia coli* é um microrganismo que pode ser encontrado no aparelho digestivo de animais de sangue quente e que pode se apresentar como cepa comensal, mas também pode ser patogênica causadora de infecções gastrointestinais e urinárias (NATARO; KAPER, 1998). Sua presença é indicativa de despejo de esgotos sem tratamento nos mananciais investigados e a presença nos Pi apontam uma contaminação generalizada de água não tratada nestas nascentes, apontando claramente a dificuldade da cidade em oferecer um saneamento básico minimamente adequado à população como o risco elevado à saúde pública. FRIAS et al., 2020 afirmam que os esgotos sanitários quando lançados de forma incorreta ou sem o tratamento em corpos hídricos causam danos ao meio ambiente, pois neles existe a presença de microrganismos de origem fecal.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados a respeito da contaminação dos mananciais presentes no município de Garanhuns apresentam índices alarmantes e apontam para a dificuldade do município de oferecer um saneamento básico adequado à zona urbana. É possível perceber que ao se afastar da região urbana, de maior densidade populacional, ocorre um resgate da qualidade microbiológica da água,

mas tal fato não altera os riscos desde indicador de saúde demográfica e socioeconômico, uma vez que estes mananciais sofrem uso doméstico da água, lavagem de produtos agrícolas para comercialização em feiras e presença de edificações próximas a estes locais.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Bacia do Rio Mundaú**. Pernambuco: APAC, 2023. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-mundau/168-bacias-hidrograficas-rio-mundau/199-bacia-do-rio-mundau>. Acesso em: 22 dez. 2023.

BAKER, T. J.; MILLER, S. N. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to Assess Land Use Impact on Water Resources in an East African Watershed. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 486, p. 100-111, abr. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.01.041>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002216941300098X?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2023.

DAVIES, Y. M. et al. Use of MALDI-TOF for identification and surveillance of gram-negative bacteria in captive wild psittacines. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 82, p. e233523, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.233523>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/JkYfSHGJGtQZcTDsmTQhNRL/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2023.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Mapa do sistema de transportes 2013. Pernambuco: DER-PE, 2013. 1 mapa, color. Escala 1:2.000.000. Disponível em: [http://www.portais.pe.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=f3419899-b6f4-4908-9bab-29139a4f0ed2&groupId=4356545](http://www.portais.pe.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f3419899-b6f4-4908-9bab-29139a4f0ed2&groupId=4356545). Acesso em: 23 dez. 2023.

FRIAS, D. F. R. et al. Variação espaço-temporal da concentração de *Escherichia coli* em águas superficiais e a saúde pública. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 8, n. 60, p. 77–86, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17271/2318847286020202422>. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/2422](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/2422). Acesso em: 22 dez. 2023.

GALVAN, K. A. et al. Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v.11, n.1, p.165-176, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0016>. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20200214175052/http://www.sustenere.co/index.php/rica/article/download/CBPC2179-6858.2020.001.0016/1851>. Acesso em: 22 dez. 2023.

GOMES, Daniel Dantas Moreira et al. Mapeamento e caracterização dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú - PE/AL. **Caderno De Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, p. 272, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2016v26n2p27>. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26n2p272>. Acesso em: 22 dez. 2023.

GUEDES, D. M.; TERAN, F. J. C.; GUEDES, P. G. S. A. Avaliação da influência do coeficiente de desoxigenação no modelo de autodepuração utilizando efluentes de laticínio. **Revista Internacional de Ciências**, [S. l.], v. 09, n. 03, p. 32-46, set-dez, 2019. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/ric>. Acesso em: 22 dez. 2023

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Garanhuns-PE: mapa municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 1 mapa, color. Escala 1:240.000. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/mapas\\_municipais/colecao\\_de\\_mapas\\_municipais/2020/PE/garanhuns/2606002\\_MM.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_municipais/colecao_de_mapas_municipais/2020/PE/garanhuns/2606002_MM.pdf). Acesso em: 23 dez. 2023.

LANDIM, P.M.B. Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas. 20 p. Rio Claro: UNESP. 2000.

NATARO, J.P.; KAPER, J. B. Diarrheagenic *Escherichia coli*. **Clinical Microbiology Reviews**, [S. l.], v. 11, p. 142-201, 1988. Disponível em <https://www.ncbi-nlm-nih.ez371.periodicos.capes.gov.br/pmc/articles/PMC121379/>. Acesso em: 22 dez.2023.

NIYOYITUNGIYE, L.; GIRI, A.; NDAYISENGA, M. Assessment of Coliforms Bacteria Contamination in Lake Tanganyika as Bioindicators of Recreational and Drinking Water Quality. **South Asian Journal of Research in Microbiology**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 9-16, 2020. DOI: <https://doi.org/10.9734/sajrm/2020/v6i330150>. Disponível em: <https://journalsajrm.com/index.php/SAJRM/article/view/108>. Acesso em: 22 dez. 2023.

SEO, M.; LEE, H.; KIM, Y. Relationship between Coliform Bacteria and Water Quality Factors at Weir Stations in the Nakdong River, South Korea. **Water**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. 1171, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11061171>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/6/1171>. Acesso em: 22 dez. 2023.