

ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE (APPCC) NO MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA CIDADE AMAZÔNICA

Hazard analysis and critical control points (haccp) in water quality monitoring in an amazonian city

Antonio Jorge Silva Araújo Júnior

Universidade Federal do Oeste do Pará
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2919-3240>
antonio.jsa@ufopa.edu.br

Ana Paula Brandão Leal

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6436-563X>
anapaulabrandaoleal@gmail.com

Eva Silvestre Araújo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-3832-2638>
silvestreeva086@gmail.com

Joel Noletto Arruda

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-3127-1996>
joelnolettoarrud0180@gmail.com

Mirian Santos Alves

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0039-5340>
miriansantos615@gmail.com

Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa

Universidade Federal do Pará
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7238-6892>
cecosta@ufpa.br

Artigo recebido em outubro/2024 e aceito em janeiro/2025

RESUMO

O objetivo do artigo foi utilizar a metodologia de análise de risco “Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle” (APPCC) para monitorar a qualidade da água nas residências do município de Conceição do Araguaia-PA. O foco foi identificar os principais riscos à saúde relacionados à potabilidade da água e mapeá-los. A pesquisa foi realizada em 46 pontos de coleta distribuídos no município. Foram realizadas determinações laboratoriais de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água. A metodologia APPCC foi utilizada para identificar perigos, estabelecer limites críticos e quantificar os riscos. A originalidade do estudo reside na adaptação da metodologia

APPCC, tradicionalmente aplicada na segurança alimentar, para o monitoramento da qualidade da água para consumo humano. Além disso, a inovação permitiu a geração de mapa e risco que permite identificar áreas mais vulneráveis. Os resultados permitiram identificar pontos com níveis elevados de nitrito, presença de coliformes totais e de *E.coli*, ultrapassando os limites estabelecidos pela portaria de potabilidade. A metodologia permitiu identificar os pontos críticos e mapear as zonas de maior risco. O estudo revelou que a parte sudoeste do município apresentou o maior risco. O estudo contribui para ações de gestão ao identificar os riscos e propor ações corretivas, além de fornecer mapa de risco para orientar gestores na priorização de intervenções. A adaptação da metodologia APPCC fortalece a gestão preventiva e contribui para a vigilância da qualidade da água.

Palavras-chave: Análise de Riscos; Segurança Hídrica; Potabilidade.

ABSTRACT

The objective of this article was to use the “Hazard Analysis and Critical Control Points” (HACCP) risk analysis methodology to monitor water quality in homes in the municipality of Conceição do Araguaia, Pará. The focus was to identify the main health risks related to water potability and map them. The research was conducted at 46 collection points distributed throughout the municipality. Laboratory determinations of physical-chemical and bacteriological parameters of the water were performed. The HACCP methodology was used to identify hazards, establish critical limits and quantify risks. The originality of the study lies in the adaptation of the HACCP methodology, traditionally applied in food safety, to monitor the quality of water for human consumption. In addition, the innovation allowed the generation of a risk map that allows identifying more vulnerable areas. The results allowed identifying points with high levels of nitrite, presence of total coliforms and *E. coli*, exceeding the limits established by the potability ordinance. The methodology allowed identifying critical points and mapping the areas of greatest risk. The study revealed that the southwest part of the municipality presented the highest risk. The study contributes to management actions by identifying risks and proposing corrective actions, in addition to providing a risk map to guide managers in prioritizing interventions. The adaptation of the HACCP methodology strengthens preventive management and contributes to water quality monitoring.

Keywords: Risk Analysis; Water Security; Potability.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água para consumo humano é fundamental para a saúde pública e o bem-estar da sociedade. Além de desempenhar um papel essencial no meio ambiente, a água potável deve estar disponível de maneira contínua e em conformidade com os padrões de potabilidade. A Organização das Nações Unidas reconhece o acesso à água limpa e ao saneamento básico como um direito humano essencial (ONU, 2010). No Brasil, esses padrões são regulamentados pela Portaria n.º 888/2021 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021), que define os requisitos de qualidade da água distribuída à população.

Apesar dos avanços no acesso à água tratada no Brasil, os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023) indicam que 84,92% da população nacional é atendida por uma rede de abastecimento de água (SAA). No entanto, essa cobertura é desigual, especialmente na região Norte, onde apenas 64,22% da população tem acesso à água tratada. A disparidade no acesso

à água potável, combinada com a ausência de informações detalhadas sobre a qualidade da água fornecida, agrava a vulnerabilidade das populações a doenças de origem hídrica. A falta de acesso à água potável segura é um fator importante de mortalidade infantil e doenças infecciosas, contribuindo para 297.000 mortes de crianças menores de 5 anos por doenças diarreicas anualmente em países de baixa e média renda (Prüss-Ustün *et al.*, 2019).

O município de Conceição do Araguaia, localizado no estado do Pará, apresenta uma cobertura de abastecimento de água potável de 51,31% (SNIS, 2023). No entanto, aproximadamente 7.383 domicílios estão fora da cobertura do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e a qualidade da água fornecida pela concessionária permanece incerta, uma vez que os dados são escassos sobre o tema.

Diante dessa ausência de informações sobre a qualidade da água e da cobertura limitada do sistema de abastecimento, há um risco significativo à saúde pública no município. Monitorar a qualidade da água é fundamental para garantir que os recursos hídricos estejam adequados para seus diferentes usos, como consumo humano, irrigação e lazer (Arruda *et al.*, 2023). Portanto, monitorar é uma medida mandatória para garantir que a água consumida atenda aos padrões de potabilidade.

Vários estudos têm investigado o uso de metodologias de análise de risco no monitoramento da qualidade da água, com destaque para abordagens como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Rak e Pietrucha-Urbanik (2019) propuseram um método de avaliação de índices de risco para água potável baseado em estimativas de probabilidade, aplicável a diversas condições operacionais dos sistemas de abastecimento. Wu *et al.* (2020) também contribuíram ao desenvolver uma estrutura de análise de risco para sistemas urbanos, utilizando dados de processos industriais para detectar mudanças emergentes na qualidade da água.

Além disso, Rucka e Suchacek (2016) adaptaram uma metodologia de análise de risco para pequenas comunidades, priorizando a implementação de medidas corretivas com base nos riscos identificados. Mortazavi-Naeini *et al.* (2019) enfatizaram a necessidade de estratégias eficazes para garantir a qualidade da água em cenários de mudanças climáticas e crescimento urbano. Por fim, Bogdanova *et al.*, 2023, propuseram um algoritmo para otimizar a avaliação de riscos à saúde pública decorrentes da qualidade da água, reforçando a importância de metodologias integradas para monitoramento de sistemas centralizados.

Em comum, os estudos indicam que a implementação dessas metodologias de análise de risco é importante para a detecção precoce de riscos e a aplicação de medidas corretivas eficazes. Essas abordagens preventivas garantem maior segurança no abastecimento de água, especialmente diante das mudanças climáticas e da crescente urbanização (Mortazavi-Naeini *et al.*, 2019; Rak; Pietrucha-Urbanik, 2019; Rucka; Suchacek, 2016; Wu *et al.*, 2020).

Este estudo pretende adaptar a metodologia de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), tradicionalmente utilizada na segurança alimentar (Ropkins; Beck, 2000), para o monitoramento da qualidade da água nas residências do município de Conceição do Araguaia. Através da coleta de amostras e análises laboratoriais, pretende-se identificar os principais perigos à saúde relacionados à água potável e mapear as áreas mais vulneráveis, contribuindo para a gestão de risco e a tomada de decisões preventivas por parte dos gestores públicos. Além disso, Araújo Junior e Teixeira (2023) verificaram que a adaptação de metodologia de análise de risco para segurança hídrica pode reduzir os custos de amostragem e análise laboratorial, uma vez que a interpolação dos dados coletados em pontos específicos permite identificar áreas vulneráveis sem a necessidade de uma amostragem abrangente em toda a região.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada na cidade de Conceição do Araguaia, localizada no Sudeste Paraense, na Região Norte do Brasil, nas coordenadas geográficas 8°15'47.2" S 49°16'08.9" W, situada às margens do Rio Araguaia, o qual divide o estado do Pará com Tocantins, como mostrado na Figura 1. Importante ressaltar que a realização deste estudo na localidade se dá por ser uma região ecótone entre a Amazônia e o Cerrado, estabelecendo um panorama entre suas características específicas.

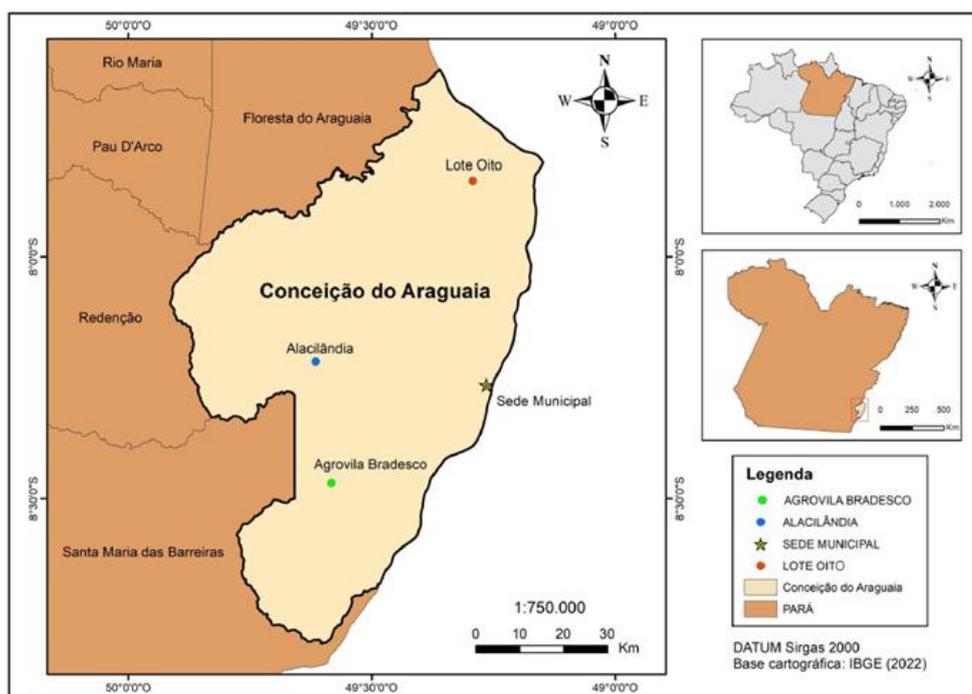


Figura 1 – Mapa de localização do município de Conceição do Araguaia–PA.

Esta pesquisa foi dividida em três etapas: coleta de amostras; análise laboratorial; aplicação da APPCC. Foram realizadas coletas no núcleo urbano do município. Para cada ponto de coleta, foram realizadas determinações de cor aparente, turbidez, pH, coliformes totais, *E.coli*, nitrito e sólidos totais dissolvidos, seguindo metodologias laboratoriais, conforme Tabela 1. Ressalta-se que todas as determinações foram realizadas em triplicata.

Tabela 1: Metodologia de determinação dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Metodologia	Referência
Cor aparente (uC)	2120.C	(American Public Health Association <i>et al.</i> , 2023)
pH	4500-H ⁺ :II	
Turbidez (uT)	2130.B	
Nitrito (mg/L)	4500-NO ₂ ⁻	
Coliformes totais e E.coli (UFC/100 mL)	9221.F	
Sólidos totais dissolvidos (ppm)	2510.B	

Em razão da abrangência territorial e para garantir a representatividade espacial, foram determinados 46 pontos de coleta distribuídos na zona urbana do município, conforme Figura 2.

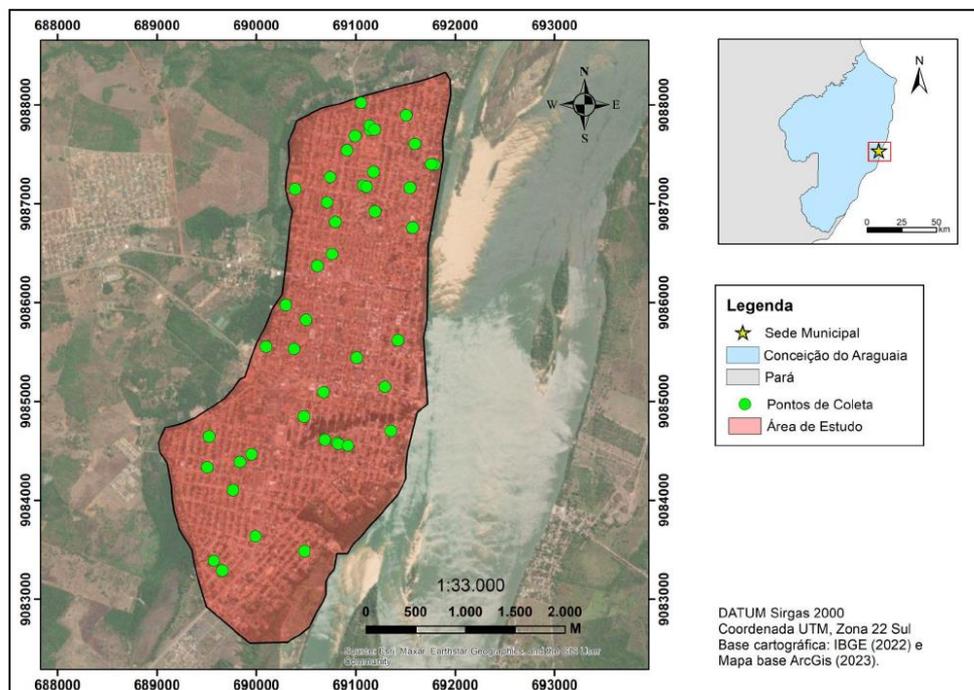


Figura 2 – Localização dos pontos de coleta.

2.1. Aplicação da Análise dos Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)

Segundo Hulebak e Schlosser (2002), a APPCC é baseada em sete etapas fundamentais: conduzir análise dos perigos; identificar os pontos críticos de controle; estabelecer limites críticos; estabelecer procedimentos de monitoramento; estabelecer ações corretivas; estabelecer procedimentos de verificação; e estabelecer documentação e registros.

Para esta pesquisa foram utilizadas as etapas: conduzir análise dos perigos; identificar os pontos críticos de controle; estabelecer os limites críticos; estabelecer procedimentos de monitoramento; e estabelecer ações corretivas. As etapas de estabelecimento de procedimentos de verificação e documentação e registros foram subtraídas para esta análise.

A análise dos perigos foi realizada em função dos efeitos deletérios à saúde humana provocada pela não conformidade de cada parâmetro com a portaria de potabilidade preconizada por Brasil (2021).

A identificação dos pontos críticos de controle (PCCs), no contexto desta pesquisa, são os locais onde os parâmetros de qualidade ultrapassaram os valores máximos permitidos pela portaria de potabilidade Brasil (2021), ou que estão próximos dessas condições. Esses PCCs foram identificados como locais críticos no processo de monitoramento da qualidade, pois, nesses pontos, o risco à saúde é elevado devido a não conformidade com os padrões.

O critério para a definição dos limites críticos foi baseado nos padrões de potabilidade vigentes e nos perigos associados a cada parâmetro. Foi adotada uma escala de 0 a 5, onde valores mais próximos de 5 indicam maior proximidade do limite crítico. Por exemplo, para o parâmetro cor aparente, o valor 5 representa resultados acima do limite estabelecido pela portaria de potabilidade (> 15 uC). A escala segue a mesma lógica para todos os parâmetros, conforme apresentado na Figura 3, adaptada de Araújo Junior e Teixeira (2023).

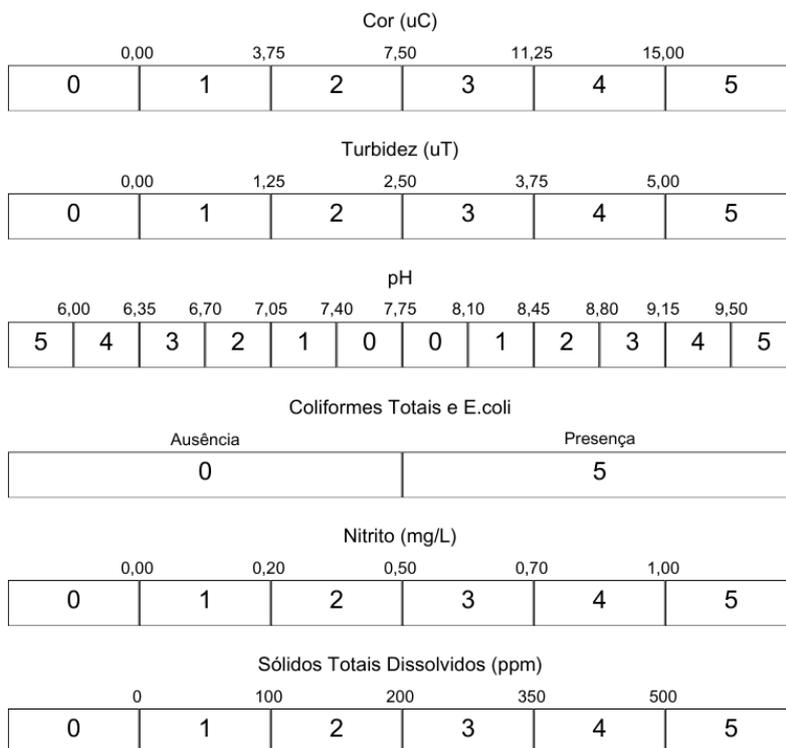


Figura 3 – Limites críticos de controle de cada parâmetro (escala de 0 a 5).

Em seguida, foi proposto procedimentos de monitoramento com base nos PCCs e nos perigos elencados na análise de perigos, e nos scores de risco de cada ponto. Para cada ponto foi calculado o score a partir da somatória da pontuação em cada escala relacionado aos parâmetros encontrados, onde o score máximo possível é de 35.

Para categorizar os riscos e auxiliar na detecção dos PCC's, foi criado uma classificação relacionada ao intervalo de score encontrado.

Tabela 2: Classificação dos riscos.

Intervalo	Classificação
$0 \leq score < 7$	Desprezível
$7 \leq score < 14$	Fraco
$14 \leq score < 21$	Moderado
$21 \leq score < 28$	Forte
$28 \leq score \leq 35$	Crítico

Para facilitar a visualização dos PCCs foram elaborados mapas de risco com interpolação dos scores pelo método da Interpolação Inversa da Distância Ponderada (conhecido como Inverse Distance Weighting – IDW). A interpolação IDW apresenta vantagens como a simplicidade e eficiência, flexibilidade para áreas com poucos dados, onde é possível interpolar as lacunas de maneira eficiente, criando superfície contínua de estimativas (Chen *et al.*, 2015).

A partir da classificação, da identificação dos PCCs foi possível sugerir ações corretivas direcionadas aos PCCs.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A coletas e análises laboratoriais refletiram os resultados da identificação dos PCCs, procedimentos de monitoramento, classificação dos riscos e construção dos mapas. Contudo, para que esses resultados tivessem coerência, foi necessário elaborar a tabela de perigos associados a cada parâmetro de estudo (Tabela 3), conforme estabelecida na literatura.

Tabela 3: Perigos para cada parâmetro de qualidade da água.

Parâmetros	Perigos
Cor	A cor elevada pode estar associada a presença de matéria orgânica, que associado ao desinfetante pode gerar substâncias cancerígenas como os trihalometanos (Rahman <i>et al.</i> , 2010). Materiais responsáveis pela cor também podem afetar o sabor da água, reduzir a eficiência da cloração e promover o crescimento de bactérias, aumentando os riscos microbiológicos, além de poder estar relacionado com a presença de ferro e manganês (Moreira-Colletti <i>et al.</i> , 2016).
Turbidez	A turbidez elevada pode abrigar patógenos, dificultando a desinfecção e aumentando o risco de doenças gastrointestinais (De Roos <i>et al.</i> , 2017; Muoio <i>et al.</i> , 2020)
pH	O consumo de água com pH ácido também pode alterar o equilíbrio ácido-base no corpo, levando a acidose, condição associada a gastrites, refluxo gastroesofágico e úlceras gástricas, enquanto o consumo prolongado de água alcalina pode desregular o pH do organismo humano, levando a condições como a alcalose (Arhin <i>et al.</i> , 2023; Hulebak; Schlosser, 2002).
Coliformes totais e <i>E.coli</i>	Quando estão presentes na água, podem desencadear intoxicações alimentares, infecções urinárias e, em casos raros, meningite e pneumonia, inclusive infecções nosocomiais (hospitalares). A transmissão ocorre geralmente por ingestão de água contaminada ou contato com superfícies contaminadas (Krisdianilo <i>et al.</i> , 2023; Sudha <i>et al.</i> , 2021).
Nitrito	Em quantidades elevadas, o nitrito pode ocasionar metemoglobinemia, especialmente em bebês, ao interferir na capacidade da hemoglobina de transportar oxigênio, levando à chamada "síndrome do bebê azul" (Hameed <i>et al.</i> , 2021). Além disso, o nitrito pode reagir com aminas presentes no ambiente ácido do estômago, formando nitrosaminas, compostos conhecidos por serem carcinogênicos e associados a um risco aumentado de câncer no sistema digestório (Ali <i>et al.</i> , 2021).
Sólidos totais dissolvidos	Sólidos Totais Dissolvidos em concentrações elevadas podem estar associados a sais inorgânicos, metais pesados, além de substâncias orgânicas, podendo causar problemas gastrointestinais e hepáticos (Pushpalatha <i>et al.</i> , 2022).

Com base nos limites críticos definidos através da Figura 3 e na classificação dos riscos conforme a Tabela 2, foi possível construir os mapas de risco para cada ponto e o mapa com a interpolação IDW, que permitiram a melhor identificação dos PCCs.

O maior risco encontrado obteve score 19, com classificação moderado. Sendo assim, nenhum ponto foi classificado como risco forte ou crítico. A Figura 4 representa a projeção individual do risco nos pontos de coleta, com variação de risco entre 0 e 19 em ordem crescente, sendo que o valor 0 corresponde ao menor risco e o valor 19, ao maior risco encontrado.

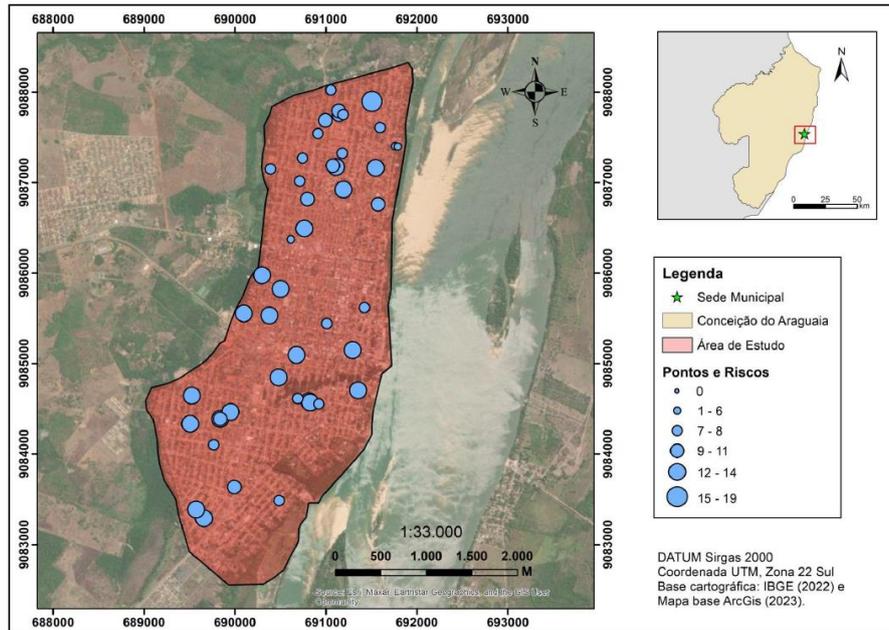


Figura 4 – Mapa de risco dos pontos de coleta.

A partir do tratamento dos dados, foi possível realizar a interpolação por meio do método IDW utilizando software para geoprocessamento, o que permitiu a obtenção das zonas de influência com base nos dados de entrada. Dessa forma, foi possível projetar o mapa de risco do centro urbano do município de Conceição do Araguaia, conforme ilustrado na Figura 5.

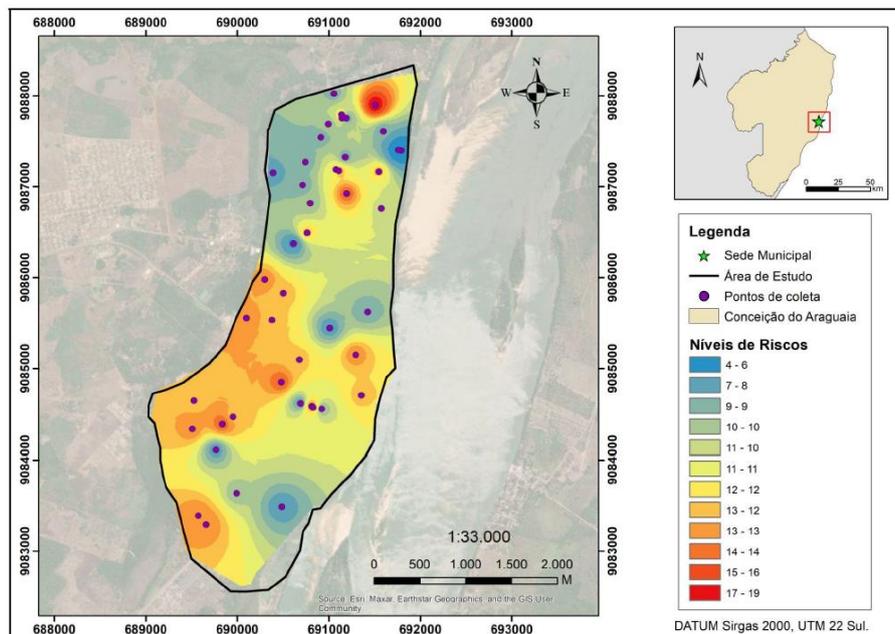


Figura 5 – Mapa de risco da área urbana de Conceição do Araguaia-PA.

Embora nenhum risco tenha sido classificado como crítico, é possível identificar pontos vulneráveis, que podem ser considerados como PCCs, objetivando promover a melhoria contínua da

segurança hídrica no sistema de abastecimento. Nesse contexto, os pontos e regiões com coloração vermelha mais escura indicam áreas que requerem a implementação de medidas corretivas.

O mapa de risco da área urbana de Conceição do Araguaia revela a distribuição dos PCCs ao longo do município. Os PCCs estão localizados predominantemente nas regiões central e sul, onde se concentra a maioria das áreas de risco moderado, conforme indicado pelas cores mais escuras (laranja e vermelho). No entanto, também é possível observar dois pontos isolados ao norte que indicam áreas de risco considerável, embora sejam menos extensas em comparação às outras regiões.

Essas áreas no centro e no sul do município, correspondente ao bairro da Vila Cruzeiro do Sul e adjacências, sugerem que essas zonas estão sujeitas a maior vulnerabilidade, seja por fatores como densidade populacional, infraestrutura inadequada ou proximidade de possíveis fontes de poluição. Os dois pontos isolados ao norte indicam uma necessidade de atenção específica, pois, apesar de estarem mais afastados das principais concentrações de risco, ainda apresentam níveis que demandam atenção.

Diante dessa identificação das áreas de risco, é crucial estabelecer procedimentos adequados de monitoramento para assegurar a segurança hídrica. Segundo Brasil (2021), a frequência de amostragem nos pontos de consumo deve ser semanal para os parâmetros bacteriológicos quando o abastecimento é realizado por manancial subterrâneo, sendo 1 amostra para cada 1.000 habitantes. Sugere-se a definição de frequência de coletas minimamente mensal, quando não houver recursos para atender à frequência por Brasil (2021).

Após a coleta, o cálculo dos scores e o mapeamento, o gestor poderá utilizar a interpolação IDW para identificar as áreas mais vulneráveis, permitindo uma verificação mais detalhada. Além disso, o gestor municipal deve sistematizar as informações obtidas, criando uma série histórica de monitoramento vinculado à análise de riscos. Essa série histórica permitirá a identificação de problemas crônicos e pontuais, facilitando a adoção de ações corretivas mais assertivas. As ações corretivas devem ser baseadas nas causas identificadas para os PCCs, que precisam ser investigadas de maneira detalhada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto desta pesquisa, observou-se uma grande área contínua com risco moderado, abrangendo a zona central e sul do município. Diante desse cenário, é necessário verificar as condições do reservatório municipal, do manancial subterrâneo ou da rede de distribuição que atende essas regiões, uma vez que essas infraestruturas são comuns aos pontos identificados.

De maneira geral, os esforços devem ser concentrados nas zonas vulneráveis indicadas pelo mapa de risco, buscando identificar as causas subjacentes e propor as medidas corretivas adequadas.

Quando se observam grandes áreas contínuas de risco moderado, elevado ou crítico, é provável que o problema esteja relacionado as falhas em uma infraestrutura comum, como exemplificado anteriormente. Por outro lado, quando um PCC está isolado e distante de outros pontos de risco, isso sugere uma causa pontual, como problemas no reservatório predial do imóvel ou contaminação localizada. Assim, a metodologia proposta facilita a rápida identificação e resolução dos problemas pelos gestores, otimizando a eficiência das intervenções e minimizando os riscos à saúde pública.

É essencial que as ações corretivas estejam alinhadas com as políticas públicas de saneamento, promovendo melhorias estruturais a longo prazo. A colaboração entre gestores municipais, técnicos e equipes de saúde pública é crucial para implementar soluções eficazes e sustentáveis, com monitoramento contínuo das áreas de risco e sistemas de alerta precoce, visando a saúde e segurança da população. Como trabalhos futuros, sugerem-se estudos sobre a implementação de medidas de prevenção em comunidades de risco podem contribuir para a redução de problemas relacionados à qualidade da água e à saúde pública na região de estudo, que sofre com a carência desta temática.

REFERÊNCIAS

- ALI, H. R. H. *et al.* Nitrite fluorometric nanoprobe based on α -MnO₂ nanorods functionalized with a fluorescence reporter dye. **Microchemical Journal**, v. 164, p. 105982, 2021.
- SILVA JUNIOR, A. J. S. A.; TEIXEIRA, L. C. G. M. Utilização da análise de riscos como ferramenta para segurança da qualidade da água. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 19, n. 4, 2023.
- ARHIN, E. *et al.* The pH of Drinking Water and Its Human Health Implications: A Case of Surrounding Communities in the Dormaa Central Municipality of Ghana. **Journal Healthcare Treatment Development**, v. 41, p. 15–26, 2023.
- ARRUDA, J. N. *et al.* Monitoramento da qualidade da água do rio Araguaia em Conceição do Araguaia-PA: caracterização do manancial em termos de qualidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 05, p. 15507-15516, 2023.
- BOGDANOVA, V. D.; ALENITSKAYA, M. V.; SAKHAROVA, O. B. Some Methodological Approaches to Assessing Health Risks Related to Potable Water Quality in Centralized Water Supply Systems. **Public Health and Live Environment**, v. 31, n. 1, 2023.
- CHEN, C. *et al.* A generalization of inverse distance weighting method via kernel regression and its application to surface modeling. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 8, p. 6623-6633, 2015.
- DE ROOS, A. J. *et al.* Review of epidemiological studies of drinking-water turbidity in relation to acute gastrointestinal illness. **Environmental health perspectives**, v. 125, n. 8, p. 086003, 2017.
- HAMEED, A. *et al.* Assessment of health hazards related to contaminations of fluorides, nitrates, and nitrites in drinking water of Vehari, Punjab, Pakistan. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 27, n. 6, p. 1509-1522, 2021.

- HULEBAK, K. L.; SCHLOSSER, W. Hazard analysis and critical control point (HACCP) history and conceptual overview. **Risk analysis**, v. 22, n. 3, p. 547-552, 2002.
- KRISDIANILO, V. *et al.* Workshop Diagnosis of Escherichia coli on Well Water Samples. **JURNAL PENGMAS KESTRA (JPK)**, v. 3, n. 1, p. 26-28, 2023.
- MOREIRA-COLLETTI, G.; PEREIRA-TANGERINO, E.; SÁNCHEZ-ORTIZ, I. A. Aplicación de electrólisis con adición de sales para remoción de color en potabilización de agua. **Revista Facultad de Ingeniería**, v. 25, n. 43, p. 47-57, 2016.
- MORTAZAVI-NAEINI, M. *et al.* Assessment of risks to public water supply from low flows and harmful water quality in a changing climate. **Water Resources Research**, v. 55, n. 12, p. 10386-10404, 2019.
- MUOIO, R. *et al.* Water safety plans and risk assessment: A novel procedure applied to treated water turbidity and gastrointestinal diseases. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 223, n. 1, p. 281-288, 2020.
- PRÜSS-USTÜN, A. *et al.* Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: an updated analysis with a focus on low-and middle-income countries. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 222, n. 5, p. 765-777, 2019.
- PUSHPALATHA, N. *et al.* Total dissolved solids and their removal techniques. **International Journal**, v. 2, n. 2, 2022.
- RAHMAN, M. B. *et al.* Disinfection by-products in drinking water and colorectal cancer: a meta-analysis. **International journal of epidemiology**, v. 39, n. 3, p. 733-745, 2010.
- RAK, J. R.; PIETRUCHA-URBANIK, K. An approach to determine risk indices for drinking water-study investigation. **Sustainability**, v. 11, n. 11, p. 3189, 2019.
- ROPKINS, K.; BECK, A. J. Evaluation of worldwide approaches to the use of HACCP to control food safety. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, n. 1, p. 10-21, 2000.
- RUCKA, J.; SUCHACEK, T. Risk analysis of the drinking water supply system of the small village. **MM Science Journal**, v. 05, p. 1497-1501, 2016.
- SUDHA, N.; AFFAN, F. H. A study on antibiotic susceptibility pattern of Escherichia coli isolates from extra intestinal infections in a tertiary care hospital. **International Journal of Advanced Research**, v. 9, n. 11, p. 781-788, 2021.
- WU, Di *et al.* Quality risk analysis for sustainable smart water supply using data perception. **IEEE transactions on sustainable computing**, v. 5, n. 3, p. 377-388, 2019.