

Contaminação hídrica associada ao uso de fossas rudimentares: Análise estatística de dados de qualidade da água em Itiquira-MT (2019–2023)

Evaí Pereira da Silva Lima

Mestrando no Programa de Mestrado em Gestão e Tecnologia Ambiental

Instituição: Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)

E-mail: Evai.pereira@aluno.ufr.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-9005-2047>

Aires José Pereira

Doutor em Geografia

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

E-mail: aires@ufu.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7707-1187>

RESUMO

Este estudo analisa os impactos do uso de fossas rudimentares na qualidade da água destinada ao consumo humano no município de Itiquira–MT, com base em dados coletados pela vigilância ambiental entre 2019 e 2023. Foram avaliados 547 resultados de amostras de água, considerando os parâmetros cloro residual livre, turbidez, pH, coliformes totais e *Escherichia coli*. Os dados foram tratados estatisticamente no software Jamovi, permitindo identificar padrões temporais e espaciais de contaminação. Os resultados indicaram presença recorrente de *E. coli*, com pico em 2021 (24,6% das amostras). Conclui-se que as fossas rudimentares contribuem significativamente para a contaminação hídrica, reforçando a necessidade de políticas públicas de saneamento e ações preventivas.

Palavras-chave: Saneamento Básico. Contaminação da Água. *Escherichia coli*. Análise Estatística. Saúde Pública.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é essencial para a saúde coletiva, especialmente em municípios de pequeno porte com infraestrutura deficiente. Em Itiquira–MT, a ausência de sistema de esgoto com tratamento resulta no uso predominante de fossas rudimentares. Esse cenário favorece a infiltração de contaminantes no solo, nos aquíferos e no sistema de distribuição de água potável a população, representando risco de doenças de veiculação hídrica. O objetivo deste artigo é analisar dados de monitoramento da qualidade da água no município entre 2019 e 2023 e relacionar os resultados com a presença de fossas rudimentares.

2 METODOLOGIA

O estudo caracteriza-se como quantitativo e descritivo, utilizando dados secundários da vigilância ambiental do município de Itiquira–MT. Entre 2019 e 2023, foram analisadas 547 amostras de água coletadas em 12 bairros e no distrito de Ouro Branco do Sul. Os parâmetros avaliados foram:

- Cloro Residual Livre (CRL);
- Turbidez (TU);
- pH;
- Coliformes Totais (CT);
- Escherichia coli (EC).

Os dados foram processados no software Jamovi para cálculo de estatísticas descritivas e frequências, com apresentação de resultados em tabelas e gráfico que permitiram avaliar a conformidade dos resultados alcançados com as metas proposta pelo Plano Municipal de Saneamento Básico e o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 - ODS 6.

3 RESULTADOS

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Itiquira–MT é um instrumento fundamental para o planejamento e gestão dos serviços de saneamento no município, abrangendo abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Instituído pela Lei Municipal n.º 994, de 13 de novembro de 2017, o PMSB visa assegurar a proteção da saúde pública e a salubridade do meio ambiente urbano e rural.

Abastecimento de Água (SAA): O Sistema de Abastecimento de Água em Itiquira enfrenta desafios relacionados à infraestrutura e à gestão municipal. A pesquisa de Vasconcelos (2018) destaca a necessidade de investimentos para garantir a qualidade e a regularidade do fornecimento de água potável à população.

No entanto, a ausência de um sistema eficiente de saneamento básico em Itiquira – MT acarreta alguns problemas como: água servida escorrendo nas ruas, nas galerias pluviais, além de frequentemente as fossas rudimentares serem instaladas nas calçadas e próximos às redes de abastecimento de água, representando um risco direto à saúde pública e ao meio ambiente. A contaminação do lençol freático, associada à construção inadequada dessas fossas, compromete nascentes urbanas e rios, colocando em risco não apenas o abastecimento de água potável, mas também a biodiversidade e o equilíbrio ambiental da região.

3.1 DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS

O número de amostras variou anualmente, com pico em 2019 e 2023 (119) e menor volume em 2022 (89). A distribuição espacial abrangeu todos os bairros e pontos de captação conforme o quadro 01 a seguir.

Quadro 01: Número de amostras analisadas para EC e CT (2019–2023)

Bairros	Imóveis	Amostr as 2019	Amostr as 2020	Amostr as 2021	Amostr as 2022	Amostr as 2023	Amostr as Total
Itiquira (Centro) – B1	1493	56	32	24	19	20	151
Ouro Branco do Sul – B2	1323	00	16	29	20	34	99
Jd. Planalto – B3	509	12	11	07	09	08	47
Stº Antônio – B4	235	14	07	15	10	15	61
Poxoréo – B5	205	09	10	13	11	15	58
Goiás – B6	138	07	09	13	08	14	51
Arco Ires I – B7	82	05	02	02	04	07	20
Jd Natal – B8	75	00	04	01	02	03	10
Arco Ires II – B9	52	05	02	04	02	01	14
Coohab Apoena – B10	49	06	08	03	02	02	24
Vila I – B11	164	00	00	00	02	00	02
João de Barros – B12	57	05	07	01	0	00	13
TOTAL	4.325	119	108	112	89	119	547

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O bairro com maior representatividade (quadro 01), foi o Centro (Itiquira – B1), com um total de 151 amostras, correspondendo a aproximadamente 27,6% do total. Em seguida destacam-se os bairros Ouro Branco do Sul (B2) com 59 amostras, e Santo Antônio (B4) com 61 amostras. Outros bairros como Poxoréo (B5) e Goiás (B6) também apresentaram quantidades expressivas de amostras, totalizando respectivamente 58 e 51 análises.

As amostras analisadas (Vigilância Ambiental 2019 – 2023) são cumprimento da diretriz nacional do plano de amostragem – parâmetros básicos que contempla o sistema de informação de vigilância da qualidade da água para consumo humano que tem como responsabilidade a realização de um quantitativo mínimo de dez amostras mensais de cada parâmetro (coliformes totais, *Escherichia coli*, cloro residual livre, turbidez e pH), além de cinco amostras de fluoreto mensal, a qual não será analisada neste trabalho em razão do órgão municipal não realizar análise para este parâmetro.

3.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

A análise dos resultados dos ensaios biológicos é fundamental para garantir a qualidade da água destinada ao consumo humano, pois permite avaliar a presença de microrganismos e substâncias

potencialmente prejudiciais à saúde. Essa avaliação desempenha um papel crucial em diversos aspectos, como na detecção de contaminação microbiológica, pois os ensaios biológicos identificam bactérias, vírus, protozoários e outros microrganismos patogênicos que podem causar doenças como gastroenterites, hepatite A e cólera. A presença de coliformes fecais, por exemplo, indica contaminação por esgoto e necessidade de medidas corretivas.

A análise revelou que, apesar de valores de pH e turbidez frequentemente dentro dos padrões, a detecção de coliformes e *E. coli* foi recorrente.

- ✓ Cloro residual livre: flutuações associadas a falhas operacionais na cloração.
- ✓ Turbidez: aumentos pontuais em períodos chuvosos.
- ✓ pH: variação dentro da faixa recomendada, com poucas exceções.
- ✓ Coliformes Totais: presença significativa em diversos pontos.
- ✓ *E. coli*: maior incidência em 2021.
- ✓ Tabelas 01 a 15: Estatísticas descritivas e frequências (2019 a 2023)

As análises frequentes permitem identificar rapidamente a origem de contaminantes, possibilitando ações corretivas eficazes para proteger os recursos hídricos. A tabela 01 a seguir apresenta as estatísticas descritivas para três variáveis: CRL, TU e PH. Além disso, foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, cujos resultados (estatística W e valor de p) também estão indicados, com exceção da variável TU, para a qual não foi possível calcular o teste, resultando em valores "NaN".

Analizando a tabela 01 com base na descrição dos dados para o N (número de casos) a TU foi a que teve o maior número de casos com 93 valores não omitidos, enquanto o pH teve 91 seguido do CRL com 81, no entanto, todos os valores apresentados pela variável (TU) foram 0 (zero) o que pode significar que neste período a água foi completamente transparente, ou seja, não conteve partículas em suspensão detectáveis pelo instrumento de medição. Outro dado relevante nesta tabela, no tocante aos valores mínimo e máximo, é notável que a variável pH obteve resultados inferiores a 6 (seis).

Tabela 01: Estatística Descritiva, 2019

	N	Omisso	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk	
								W	p
CRL	81	75	0.671	0.610	0.371	0.160	1.99	0.884	< .001
TU	93	63	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	NaN	NaN
pH	91	65	6.435	6.550	0.752	2.120	7.78	0.832	< .001

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

A tabela de frequência no Jamovi é uma ferramenta importante na análise de dados, pois organiza e resume variáveis categóricas ou discretas, mostrando a distribuição dos dados em termos de frequência. De forma geral, esta tabela é essencial para compreender melhor os dados e é um passo inicial em muitas análises estatísticas exploratórias. Desta forma, a seguir serão apresentadas as tabelas 02 e 03 de frequência, referente às variáveis de coliformes totais (CT) e de Escherichia coli (EC).

Tabela 02: Frequências de A e P do CT, 2019

CT	Contagens	% do Total	% acumulada
A	109	91.6 %	91.6 %
P	10	8.4 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

A tabela 02 de frequências de coliformes totais indica a distribuição de frequência para dois grupos identificados: "A" para ausência e "P" para presença de bactérias patogênicas nas amostras d'água coletadas no ano de 2019 no município estudado. O grupo "A" apresenta 109 contagens, representando 91,6% do total. O grupo "P" apresenta 10 contagens, representando 8,4% do total.

Tabela 03: Frequências de A e P da EC, 2019

EC	Contagens	% do Total	% acumulada
A	116	97.5 %	97.5 %
P	3	2.5 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

Na análise da tabela 03 de frequência apresentada para os casos de Escherichia coli, há uma predominância de ausência (A): a maioria esmagadora dos casos analisados corresponde à ausência de E. coli, com 116 ocorrências, representando 97,5% do total. Isso demonstra que a presença dessa bactéria é rara no conjunto de dados. Apenas 3 casos (ou 2,5%) apresentam a presença de E. coli, indicando que esta condição é pouco frequente. A frequência acumulada alcança 100% após somar os dois valores (A e P), o que confirma a completude dos dados.

Tendo em vista que a análise biológica da água é uma ferramenta indispensável para a gestão da qualidade hídrica, assegurando que a água consumida seja segura, promovendo a saúde pública e contribuindo para a sustentabilidade dos recursos naturais. A seguir será apresentada a tabela 04 com a estatística descritiva dos resultados dos ensaios biológicos do ano de 2020.

Tabela 04: Estatística Descritiva, 2020

	N	Omisso	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk	
								W	p
CRL	49	61	0.734	0.2000	1.070	0.0500	2.80	0.596	< .001
TU	90	20	0.228	0.0400	0.381	0.0000	1.50	0.652	< .001
pH	80	30	6.470	6.3950	0.739	2.9000	7.80	0.886	< .001

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

A análise da Tabela 04, que apresenta estatísticas descritivas para as variáveis cloro Residual livre (CRL), turbidez (TU) e pH, fornece informações importantes sobre a qualidade da água para consumo humano. Podendo ser destacado pontos principais como: cloro residual livre (CRL): média: 0,734 mg/L, com uma mediana de 0,2 mg/L; desvio-padrão: 1,070, indicando alta variação nos níveis de cloro; valores mínimos e máximos: 0,05 mg/L a 2,80 mg/L; Shapiro-Wilk $p < 0,001$ indica que a distribuição não é normal. O alto desvio-padrão sugere instabilidade nos níveis de cloro residual, o que pode comprometer a segurança da água consumida, pois o cloro é importante para garantir a desinfecção adequada.

Quanto à turbidez (TU), a média é 0,228, com uma mediana de 0,04; desvio-padrão: 0,381, refletindo variações moderadas; valores mínimos e máximos: o NTU a 1,50; e Shapiro-Wilk $p < 0,001$ mostra que a distribuição também não é normal. Valores elevados de turbidez podem indicar presença de partículas em suspensão que protegem microrganismos patogênicos, comprometendo a qualidade da água.

Já o pH a média foi 6,470, com uma mediana de 6,395; desvio-padrão: 0,739, indicando variações menores em comparação às outras variáveis; valores mínimos e máximos: 2,90 a 7,80; e Shapiro-Wilk $p < 0,001$ aponta para uma distribuição não normal. A média do pH está dentro do recomendado pela legislação brasileira (entre 6 e 9,5), mas o valor mínimo (2,90) é extremamente ácido e pode indicar um problema grave em algumas amostras.

A Tabela 05 apresenta as frequências de coliformes totais (CT) em amostras de água destinada ao consumo humano, destacando duas categorias: A (Ausente) e P (Presente). A detecção de coliformes totais é um parâmetro essencial para a avaliação da qualidade da água, visto que sua presença pode indicar falhas nos processos de tratamento ou contaminação durante a distribuição.

Tabela 05: Frequências de A e P do CT, 2020

CT	Contagens	% do Total	% acumulada
A	74	69.8 %	69.8 %
P	32	30.2 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

Ao analisar a tabela 05, a ausência de Coliformes Totais (A) representa 74 contagens (69,8% do total). Indica que a maioria das amostras monitoradas está dentro dos padrões desejados para água potável. Quanto à presença de Coliformes Totais (P), corresponde a 32 contagens (30,2% do total). Este percentual sugere uma preocupação significativa, uma vez que um terço aproximadamente das amostras apresenta contaminação microbiológica, indicando potenciais riscos à saúde humana. A seguir será apresentado a tabela 06 da frequência de ausência e presença da variável E. coli do ano 2020.

Com base na tabela 06, pode-se destacar que, na ausência de E. coli (A), houve 101 contagens (93,5% do total). Esse alto percentual indica que a maioria das amostras de água está conforme os padrões de qualidade microbiológica, sem a presença de E. coli. Já a presença de E. coli (P) teve apenas 7 contagens (6,5% do total). Embora esse percentual seja pequeno, a presença de E. coli é um indicador crítico de contaminação fecal e representa um risco significativo à saúde pública, mesmo em pequenas quantidades.

Tabela 06: Frequências de A e P da EC, 2020

EC	Contagens	% do Total	% acumulada
A	101	93.5 %	93.5 %
P	7	6.5 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

Partindo da ideia de que a análise dos resultados de ensaios biológicos é crucial para o monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano, pois os mesmos permitem identificar a presença de microrganismos patogênicos, como bactéria (*Escherichia coli*), que podem causar doenças. A seguir será exposta à Tabela 07 com a estatística descritiva das variáveis cloro residual livre, turbidez e pH referente aos resultados das amostras coletadas no ano de 2021.

Tabela 07: Estatística Descritiva, 2021

	N	Omisso	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk	
								W	p
CRL	151	8	0.7113	0.2900	0.8984	0.0000	3.000	0.708	< .001
TU	157	2	0.0843	0.0400	0.0908	0.0400	0.780	0.533	< .001
pH	149	10	7.4854	7.4000	0.9673	0.4300	8.800	0.822	< .001

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

Analisando as principais relevâncias da Tabela 07 sobre a qualidade da água usada para consumo humano, observe os seguintes pontos: o cloro residual livre (CRL) obteve a média: 0,7113 mg/L, com

desvio padrão de 0,8984, a amplitude variou de 0 mg/L (mínimo) a 3 mg/L (máximo) e o teste de normalidade Shapiro-Wilk indica que os dados de CRL não seguem uma distribuição normal. A alta variabilidade pode sugerir inconsistências no monitoramento ou tratamento da água. O valor 0 pode indicar ausência de desinfecção em alguns pontos; já a turbidez (TU) teve média de 0,0843, com desvio padrão de 0,0908, a amplitude variou de 0,04 a 0,78 e o teste Shapiro-Wilk, indicando ausência de distribuição normal. A turbidez esteve em níveis baixos (dentro dos limites recomendados), mas a variabilidade pode ser relevante para identificar episódios de aumento temporário de sólidos em suspensão; quanto ao pH a média foi de 7,4854, desvio padrão de 0,9673, a amplitude variou de 4,3 a 8,8 e o teste Shapiro-Wilk, indicando ausência de normalidade.

Embora o valor médio esteja próximo do ideal (entre 6,5 e 8,5 segundo padrões de qualidade), o valor mínimo (4,3) sugere episódios de acidez extrema, que podem comprometer a qualidade da água e a segurança do consumo. A não normalidade das distribuições indica a necessidade de usar métodos estatísticos não paramétricos para análises subsequentes. Os valores fora dos padrões aceitáveis para cloro residual livre e pH podem indicar problemas no sistema de tratamento da água ou falhas no monitoramento. A variabilidade elevada em algumas medições sugere a necessidade de investigação e controle mais rigorosos para garantir a consistência e a segurança do abastecimento de água.

A tabela 08 apresenta as frequências de coliformes totais, com o (A) indicando ausência e o (P) presença de indicadores de bactérias.

Tabela 08: Frequências de A e P do CT, 2021

CT	Contagens	% do Total	% acumulada
A	66	57.9 %	57.9 %
P	48	42.1 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

A análise da Tabela 08 revela dados importantes sobre a presença de coliformes totais (CT) em amostras de água destinada ao consumo humano, onde: a ausência contém 66 casos, representando 57,9% do total, não apresentaram coliformes totais; e a presença aparece com 48, correspondendo a 42,1%, detectaram a presença de coliformes totais.

Quanto à relevância dos dados referente à qualidade da água, o fato marcante é que 42,1% das amostras apresentarem coliformes totais é preocupante, indicando risco potencial para a saúde pública, já que a presença desses micro-organismos pode indicar indício de contaminação fecal.

Já na distribuição, a maioria das amostras está dentro dos padrões aceitáveis (57,9% com ausência de CT), mas a porcentagem de contaminação ainda é significativa. No monitoramento, os dados reforçam

a necessidade de intensificar medidas corretivas e preventivas, como a desinfecção da água e a manutenção dos sistemas de abastecimento, para garantir a segurança da água consumida.

A tabela 09 representa as frequências de E. coli resultantes das análises dos resultados dos ensaios biológicos realizados no ano de 2021, que tiveram como objetivo o monitoramento da qualidade da água usada para o consumo humano.

Tabela 09: Frequências da EC, 2021

EC	Contagens	% do Total	% acumulada
A	86	75.4 %	75.4 %
P	28	24.6 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

Analisando a tabela 09, mostra-se os seguintes pontos relevantes para o monitoramento da qualidade da água para consumo humano: quanto à ausência (A) de E. coli, é registrada em 86 amostras, o que representa 75,4% do total. Isso indica que a maioria das amostras de água analisadas está livre da presença dessa bactéria, o que sugere condições geralmente seguras para consumo humano; já na presença (P) de E. coli foi detectada em 28 amostras, correspondendo a 24,6% do total. Esse percentual é preocupante, pois indica uma quantidade significativa de amostras contaminadas, representando um risco à saúde pública.

A Tabela 10 apresenta a estatística descritiva das variáveis cloro residual livre, turbidez e pH do ano de 2022.

Tabela 10: Estatística Descritiva, 2022

	N	Omisso	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk	
								W	p
CRL	87	2	1.4291	1.3800	0.57789	0.3500	2.8000	0.965	0.018
TU	89	0	0.0506	0.0500	0.00921	0.0400	0.0800	0.848	< .001
PH	89	0	7.5034	7.5000	0.50485	6.3000	8.8000	0.991	0.821

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

Com base na tabela 10 que apresenta a estatística descritiva essencial para o monitoramento da qualidade da água usada para consumo humano, analisando as variáveis cloro residual livre (CR), turbidez (TU) e pH. Podendo destacar os principais pontos relevantes como:

1. O cloro residual livre (CR) obteve a média 1,429 mg/L, a mediana 1,38 mg/L, desvio-padrão 0,5778 mg/L, mínimo e máximo 0,35 mg/L a 2,80 mg/L e o teste de normalidade Shapiro-Wilk: $W = 0,96$, $p = 0,01$. Com base nos dados, a concentração média de cloro residual está dentro dos padrões

recomendados para desinfecção da água (geralmente entre 0,2 e 2,0 mg/L). A alta variabilidade (desvio-padrão de 0,5778) pode indicar flutuações nos níveis de desinfecção ao longo do tempo. O valor de $p < 0,05$ no teste de Shapiro-Wilk sugere que os dados não seguem uma distribuição normal.

2. Na turbidez (TU) a média foi 0,056 mg/L, a mediana 0,050 mg/L, o desvio-padrão: 0,0092 mg/L, o mínimo e máximo: 0,04 mg/L a 0,08 mg/L, teste de normalidade Shapiro-Wilk: $W = 0,84$, " p " $< 0,001$. Podendo ser interpretado de que a turbidez média está bem abaixo do limite máximo permitido para consumo humano (geralmente ≤ 5 , conforme normas da OMS e do Brasil). O baixo desvio-padrão indica pouca variação nos dados, sugerindo uma boa estabilidade na qualidade da água quanto à turbidez. O teste de Shapiro-Wilk indica que os dados não seguem uma distribuição normal ($p < 0,001$).
3. No pH, a média foi 7,503, a mediana 7,50, o desvio-padrão 0,5048, o mínimo e máximo 6,30 a 8,80 e o teste de normalidade Shapiro-Wilk $W = 0,99$, $p = 0,82$. O que indica que o valor médio de pH está dentro da faixa recomendada para água potável (geralmente entre 6,5 e 8,5). O desvio-padrão moderado sugere uma variação dentro de limites aceitáveis. No teste de Shapiro-Wilk mostra-se que os dados seguem uma distribuição normal ($p > 0,05$).

Sendo assim o cloro residual e a turbidez apresentaram distribuição não normal, enquanto o pH seguiu uma distribuição normal. Os valores médios de cloro, turbidez e pH estão dentro dos padrões recomendados para consumo humano. A maior variação nos níveis de cloro pode indicar necessidade de monitoramento mais rigoroso para garantir eficiência na desinfecção. A turbidez se mantém baixa e estável, sugerindo uma boa eficiência no tratamento da água e o pH está bem equilibrado, sem variações preocupantes. Esses resultados indicam que a qualidade da água está dentro dos padrões aceitáveis, mas o monitoramento contínuo do cloro residual pode ser necessário para evitar variações excessivas na desinfecção.

A tabela 11 a seguir apresenta a frequência de coliformes totais com resultado (A) para ausência e (P) para presença de bactérias, com as quantidades e percentuais referentes aos resultados dos ensaios biológicos do ano de 2022.

Tabela 11: Frequências de A e P do CT, 2022

CT	Contagens	% do Total	% acumulada
A	74	83.1 %	83.1 %
P	15	16.9 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

Ao analisar a tabela 11 de frequências de coliformes totais (CT) em amostras de água coletadas no município de Itiquira–MT em 2022. Os dados indicam que, das 89 amostras analisadas, 74 (83,1%) apresentaram ausência de coliformes totais (A), enquanto 15 (16,9%) mostraram presença (P).

A seguir, a tabela 12 apresenta as frequências de *Escherichia coli* com resultado (A) para ausência e (P) para presença de bactérias, com as quantidades e percentuais referentes aos resultados dos ensaios biológicos do ano de 2022.

Tabela 12: Frequências de A e P da EC, 2022

EC	Contagens	% do Total	% acumulada
A	88	98.9 %	98.9 %
P	1	1.1 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

A Tabela 12 apresenta as frequências de *Escherichia coli* (EC) em amostras de água coletadas no município de Itiquira–MT em 2022. Os dados indicam que, das 89 amostras analisadas, 88 (98,9%) apresentaram ausência de *E. coli* (A), enquanto apenas 1 amostra (1,1%) mostrou presença (P).

A Tabela 13 apresenta a estatística descritiva das variáveis cloro residual livre, turbidez e pH referente aos resultados dos ensaios biológicos do ano de 2023, parâmetros fundamentais para a avaliação da qualidade da água para consumo humano.

A Tabela 13 mostra a estatística descritiva das variáveis cloro residual livre (CRL), turbidez (TU) e pH no monitoramento da qualidade da água para consumo humano no município de Itiquira–MT, com base em 119 amostras coletadas em 2023.

Tabela 13: Estatística Descritiva, 2023

	N	Omisso	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk	
								W	p
CRL	119	0	1.7570	1.8900	0.6368	0.2100	2.800	0.952	< .001
TU	119	0	0.0629	0.0500	0.0550	0.0400	0.580	0.307	< .001
pH	119	0	7.7311	7.7000	0.6665	6.7000	8.900	0.910	< .001

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

Analisando as variáveis cloro residual livre (CRL): a média foi 1,757 mg/L, mediana 1,890 mg/L, desvio-Padrão 0,6368 mg/L, mínimo 0,210 mg/L, máximo 2,800 mg/L e o teste de normalidade (Shapiro-Wilk): W = 0,952, "p" < 0,001. Neste caso, o CRL está dentro dos padrões recomendados para desinfecção

da água potável (0,2 a 2,0 mg/L, segundo a Portaria GM/MS n.º 888/2021). No entanto, há variação significativa nos valores e a distribuição não é normal ($p < 0,001$); a turbidez (TU) obteve a média de 0,0629, a mediana 0,0500, o desvio-Padrão 0,0550, o máximo 0,580 e o teste de normalidade (Shapiro-Wilk): $W = 0,307$, $p < 0,001$. Portanto, a turbidez média está bem abaixo do limite máximo de 5,0 para consumo humano. A baixa variabilidade indica que a água está sendo bem tratada em relação à remoção de partículas em suspensão. No entanto, os dados não seguem uma distribuição normal; e por fim, o pH obteve média de 7,7311, a mediana 7,7000, o desvio-Padrão 0,6665, o mínimo 6,7000, o máximo 8,9000 e o teste de normalidade (Shapiro-Wilk): $W = 0,910$, " p " $< 0,001$. Mostrando que o pH médio está dentro da faixa recomendada (6,0 a 9,5). A distribuição apresenta leve variação, mas com valores dentro dos limites aceitáveis para o consumo.

Os parâmetros analisados indicam que a qualidade da água em Itiquira–MT em 2023 está dentro dos padrões exigidos para o consumo humano. O cloro residual livre apresenta variação, mas se mantém dentro dos limites. A turbidez é baixa, sugerindo boa eficiência no tratamento da água. O pH está dentro dos níveis recomendados. Nenhuma das variáveis segue distribuição normal, conforme o teste de Shapiro-Wilk.

A tabela 14 apresenta as frequências de coliformes totais referente aos resultados dos ensaios biológicos do ano de 2023.

A análise da Tabela 14 de Frequências de Coliformes Totais revela informações importantes sobre a qualidade microbiológica da água no município de Itiquira–MT em 2023. Os principais pontos a serem destacados são:

Tabela 14: Frequências A e P do CT, 2023

CT	Contagens	% do Total	% acumulada
A	90	75.6 %	75.6 %
P	29	24.4 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

1. Predominância da Ausência de Contaminação: a categoria "A" (Ausência de coliformes totais) foi identificada em 90 amostras, representando 75,6% do total. Isso indica que a maioria das amostras analisadas atendeu aos padrões de qualidade exigidos para água potável.
2. Presença de Contaminação em Parte das Amostras: a categoria "P" (Presença de coliformes totais) foi encontrada em 29 laudos, correspondendo a 24,4% do total. Esse percentual pode ser preocupante, pois indica que quase um quarto das amostras apresentou contaminação microbiológica.

3. Percentual Acumulado: o percentual acumulado de 100% confirma que todas as amostras foram classificadas entre as duas categorias mencionadas, sem valores intermediários.
4. Relevância para a Saúde Pública e Saneamento: o fato de 24,4% das amostras apresentarem coliformes totais pode indicar falhas no tratamento ou contaminação em determinadas áreas do município. Esse resultado pode exigir medidas corretivas, como inspeção de fontes de abastecimento, melhoria da cloração ou manutenção de redes de distribuição.

Tabela 15: Frequências de A e P da EC, 2023

EC	Contagens	% do Total	% acumulada
A	118	99.2 %	99.2 %
P	1	0.8 %	100.0 %

Fonte: Dados organizado pelo autor e analisados no software Jamovi (2024).

A Tabela 15 apresenta a distribuição das frequências de ausência (A) e presença (P) da bactéria *Escherichia coli* (E. coli) no ano de 2023, indicando a quantidade de ocorrências, o percentual em relação ao total e o percentual acumulado obtidos a partir da análise dos dados.

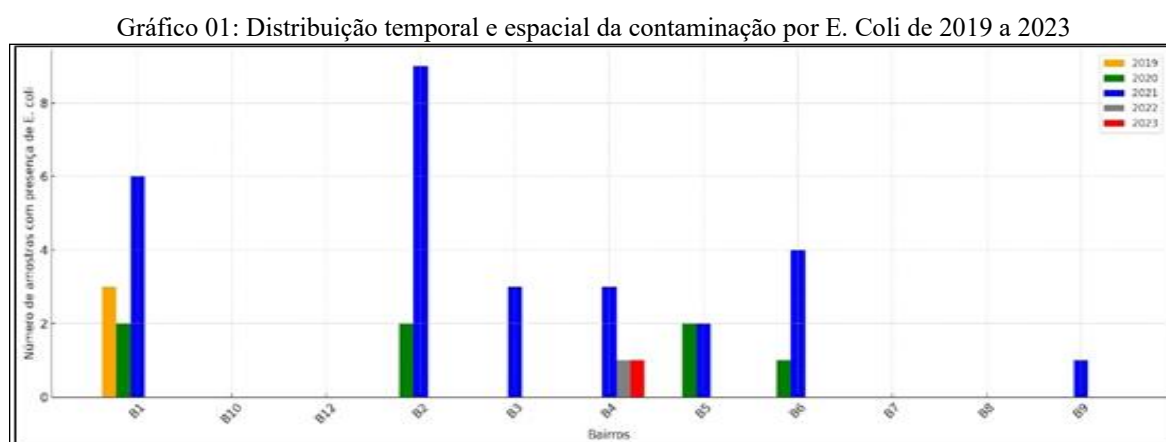
A análise da Tabela 15 de Frequências de *Escherichia coli* (EC) fornece informações essenciais sobre a qualidade microbiológica da água no município de Itiquira–MT em 2023. Os principais pontos a serem destacados são:

1. Baixa Presença de Contaminação por *E. coli*: a categoria "A" (Ausência de *E. coli*) foi identificada em 118 amostras, correspondendo a 99,2% do total. Esse dado indica que a grande maioria das amostras analisadas atende aos padrões de potabilidade, sugerindo boas condições sanitárias da água.
2. Apenas 1 Amostra Apresentou Contaminação: a categoria "P" (Presença de *E. coli*) foi encontrada em apenas 1 amostra, representando 0,8% do total. Esse resultado é positivo, pois a presença de *E. coli* está diretamente associada à contaminação fecal, que pode representar riscos à saúde pública.
3. Percentual Acumulado: o percentual acumulado de 100% confirma que todas as amostras foram classificadas como ausência ou presença de *E. coli*, sem variações intermediárias.
4. Relevância para a Saúde Pública e Qualidade da Água: o fato de quase todas as amostras estarem livres de *E. coli* sugere que o sistema de tratamento e distribuição da água em Itiquira–MT está funcionando adequadamente. No entanto, a detecção de uma amostra contaminada indica que pode haver fontes isoladas de contaminação, o que requer atenção para evitar riscos de surtos.

3.3 TENDÊNCIAS TEMPORAIS

A fim de compreender a distribuição temporal e espacial da contaminação microbiológica da água destinada ao consumo humano, elaborou-se o Gráfico 01, que apresenta os dados consolidados referentes à presença da bactéria *Escherichia coli* nos bairros do município de Itiquira-MT, no período de 2019 a 2023. A escolha dessa variável deve-se ao fato de a *E. coli* ser amplamente reconhecida como um indicador de contaminação fecal recente, cuja presença em amostras de água representa risco potencial à saúde pública.

O gráfico 01 permite a visualização comparativa entre os diferentes anos e bairros, facilitando a identificação de áreas críticas e a recorrência de casos, constituindo-se, assim, em uma ferramenta fundamental para o diagnóstico ambiental e a formulação de estratégias de controle e prevenção sanitária.



Elaborado pelo autor (2025).

Com base no Gráfico 01, a análise da presença de *Escherichia coli* nas amostras de água coletadas nos bairros do município de Itiquira-MT, no período de 2019 a 2023, evidencia variações significativas quanto à sua ocorrência espacial e temporal. No ano de 2019, apenas o bairro B1 apresentou casos positivos, enquanto, em 2020, observou-se a expansão da contaminação para os bairros B2, B5 e B6. O ano de 2021 concentrou o maior número de registros, com destaque para os bairros B2 ($n = 9$) e B1 ($n = 6$), demonstrando um agravamento na qualidade da água distribuída. Nos anos de 2022 e 2023, embora tenha sido verificada uma redução nas ocorrências, a identificação de casos consecutivos no bairro B4 indica a possibilidade de um foco persistente de contaminação.

Diante desse cenário, recomenda-se a intensificação do monitoramento microbiológico, a inspeção da infraestrutura de abastecimento e a adoção de medidas corretivas nos locais com reincidência, de modo a assegurar a potabilidade da água e a proteção da saúde pública, conforme os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente.

A recorrência de *E. coli* e coliformes totais, mesmo com níveis aceitáveis de cloro em alguns casos, indica contaminação pós-tratamento, provavelmente associada à infiltração proveniente de fossas negras

localizadas próximas a tubulações e poços. Estudos de Fagundes & Andrade (2005) e FUNASA (2013) corroboram a relação entre sistemas rudimentares e a degradação da qualidade da água.

4 CONCLUSÃO

A análise dos resultados dos ensaios biológicos demonstra uma variação significativa na detecção de *Escherichia coli* (*E. coli*) ao longo dos anos. Em 2019 e 2020, a incidência foi relativamente baixa, com taxas de 2,52% (3/119) e 6,48% (7/108), respectivamente. No entanto, em 2021, observou-se um aumento expressivo, com 28 casos em 114 amostras, representando uma taxa de 24,56%, o que pode indicar um surto ou um fator ambiental favorável à contaminação e dados (Anexo) da Vigilância Epidemiológica do município estudado, aponta que foram 195 casos de doença diarreica aguda notificada no decorrer deste ano que pode estar diretamente relacionado com o aumento da *E. coli* nas amostras da água usada para o consumo humano. Nos anos subsequentes, houve uma queda acentuada, com apenas 1 caso em 89 amostras analisadas em 2022 (1,12%) e 1 caso em 119 resultados em 2023 (0,84%).

Essa tendência sugere que, após o pico de 2021, medidas corretivas podem ter sido implementadas com sucesso, resultando na redução da contaminação nos anos seguintes. Segundo o departamento de água e esgoto as possíveis causas do aumento de 2021 estão associadas aos rompimentos de rede e as irregularidades do sistema de esgoto (fossa rudimentar) com o sistema de água, pois muitos moradores não obedecem ao distanciamento necessário, contudo, ficou evidente no resultado da análise que houve uma ineficiência no tratamento da água, especificamente a cloração, em que algumas amostras apresentou resultado zero o que pode contribuir para o aumento da referida bactéria, mas melhorias na rede de abastecimento de água e no sistema de tratamento garantiu a redução dos casos de presença da referida bactéria nos anos subsequentes.

Os resultados evidenciam que o uso de fossas rudimentares em Itiquira–MT está diretamente relacionado à contaminação microbiológica da água. Recomenda-se:

- Substituição gradual por fossas sépticas ou rede de esgoto.
- Monitoramento contínuo e georreferenciado das fontes de abastecimento.
- Fiscalização rigorosa quanto à distância mínima entre fossas e poços.
- Ações educativas junto à comunidade.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF: MS, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: MS, 2021.

DA SILVA VASCONCELOS, M. J. C. et al. Plano Municipal de Saneamento Básico no município de Itiquira-MT: políticas e limitações nas dimensões do sistema de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana. [S. l.: s. n.], [s. d.].

FAGUNDES, A.; ANDRADE, C. Impactos das fossas rudimentares no meio ambiente. Revista XYZ, 2005.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013.

ITIQUEIRA (Município). Lei Municipal nº 994, de 13 de novembro de 2017. Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico, cria o Conselho Municipal de Saneamento Básico e o Fundo Municipal de Saneamento Básico e dá outras providências. Itiquira, 2017.

VIGILÂNCIA AMBIENTAL. Resultados das análises da água realizadas no município de Itiquira no período de 2019–2023. Itiquira, 2025. Disponível em: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1SjMSN1VV9_jCJEqhXhT-9E2oUY0pHWBG. Acesso em: 28 jul. 2025.