



Faculdade De Engenharia
Departamento de Engenharia Química
Licenciatura em Engenharia Ambiental
Trabalho de Licenciatura

Tema:

**Avaliação da Influência do Uso de Terra na Qualidade da Água e Contaminação
Microbiológica na Bacia do Rio Mulauzi: Implicação para a Saúde Pública**

Autora:

Guiamba, Isabel João

Supervisor:

Prof. Doutor Clemêncio Nhantumbo Eng^o

Co- supervisores:

Lic. Michaque Dosse Eng^o

Lic. Dominic Joaquim Eng^o

Maputo, Setembro 2025



Faculdade De Engenharia
Departamento de Engenharia Química
Licenciatura em Engenharia Ambiental
Trabalho de Licenciatura

Tema:

**Avaliação da Influência do Uso de Terra na Qualidade da Água e
Contaminação Microbiológica na Bacia do Rio Mulauzi: Implicação para a
Saúde Pública**

Relatório submetido ao Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, Universidade Eduardo Mondlane, como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciatura em Engenharia do Ambiente.

Autora:

Guiamba, Isabel João

Supervisor:

Prof. Doutor Clemêncio Nhantumbo Eng^o

Co- supervisor:

Lic. Michael Dosse Eng^o

Lic. Dominic Joaquim

Maputo, Setembro de 2025

Declaração de honra

Declaro por minha honra que o conteúdo deste trabalho com o tema **Avaliação da influência do uso de terra na qualidade da água e contaminação microbiológica na bacia do rio Mulauzi: Implicação para a saúde pública**, foi por mim elaborado, a partir de trabalhos de campo, pesquisas bibliográficas e análises laboratoriais e que nunca foi apresentado por nenhum outro autor.

Maputo, Agosto de 2025

Isabel João Guiamba

Dedicatória

Dedico este trabalho com profundo amor e gratidão, ao meu avô Alberto Cupensar Zuze Bete e a minha mãe Laquina Alberto Cupensar por todo o suporte, que apesar da idade tiveram forças para me acompanhar e sustentar neste caminho.

Agradecimentos

A realização deste trabalho não seria possível sem o apoio de diversas pessoas e instituições, as quais manifesto a minha sincera gratidão.

Agradeço, em primeiro lugar a Deus, por me conceder saúde, sabedoria e forças para concluir esta etapa importante da minha vida académica.

Agradeço aos meus avós Alberto Cupensar Zuze Bete e Esperança Celestino Bia Bete, aos meus pais Laquina Alberto Cupensar e Augusto Chirindza e João Manuel Guiamba pelo amor incondicional, pelo apoio constante e por acreditarem nos meus sonhos. Os meus tios, Delfina Alberto Cupensar Chongo, Célia Alberto Cupensar Manhiça e Cupensar Alberto Bete pelo acompanhamento e pelas lições de vida. E aos meus irmãos, Lucrécia João Guiamba, Alzira Augusto Chirindza, Adriano Augusto Chirindza, Alberto Muibe, Joaquina Muibe e Sabadão Alberto pela irmandade e pelas risadas nos momentos mais frustrantes.

Aos meus colegas e amigos, "La família Real", em especial a Rosa Uete e Rosangela Mataruca pela partilha de experiências, apoio mútuo e colaboração durante todo o percurso académico. Aos super amigos, Eduardo Novela, Elcídio Michigan, Alfredo Muchanga e José Puçua, pelo incentivo, amizade sincera e palavras de motivação nos momentos mais desafiadores.

Aos meus orientadores, Clemêncio Nhamtumbo, Michaque Dosse e em especial a Dominic Joaquim, pela paciência e pelas valiosas contribuições prestadas ao longo da elaboração desta monografia.

Agradeço a Universidade Eduardo Mondlane, em particular a Faculdade de Engenharia, pelos conhecimentos transmitidos, pela estrutura académica e por me permitir crescer tanto a nível profissional como pessoal. Aos docentes da faculdade, pela dedicação e incentivo constante.

Aos técnicos de laboratório, pelo auxílio durante as análises e pela disponibilidade e profissionalismo demonstrado em todas as etapas do trabalho experimental.

A todos que directa ou indirectamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo o meu mais sincero agradecimento.

Resumo

A qualidade da água doce superficial tem sido amplamente afectada pelas mudanças no uso e ocupação do solo, especialmente em bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas e suburbanas de países em desenvolvimento. Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projecto SARA, baseando-se em dados obtidos em trabalhos anteriores e complementados com novas análises. O estudo teve como objectivo avaliar a influência do uso e ocupação da terra na qualidade da água e na contaminação microbiológico na bacia do rio Muluazi (também denominada rio Infulene), localizada em Maputo, Moçambique, considerando suas implicações para a saúde pública. Foram colectadas amostras de água em diferentes pontos da bacia, com posterior análise de parâmetros físico-químico (pH, turbidez, oxigénio dissolvido, condutividade eléctrica, nitratos e fosfatos) e microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*), associando-os aos diferentes tipos de uso da terra identificados por meio de imagens de satélite e análise geoespacial. Os resultados indicam que áreas com maior grau de urbanização, agricultura intensiva e ausência de cobertura vegetal apresentam níveis mais elevados de contaminação, superando os limites recomendados para consumo e uso recreativo. Constatou-se, ainda, que a presença *E. coli* em concentrações elevadas representa risco potencial a saúde das populações locais, sobretudo em comunidades que utilizam a água do rio para o uso doméstico. O estudo reforça a necessidade de políticas públicas integradas de ordenamento territorial e gestão dos recursos hídricos, com foco na protecção da saúde humana e na sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Qualidade da água; Uso da terra; Contaminação microbiológica; rio Mulauzi ; Saúde pública.

Abstract

The quality of superficial freshwater has been widely affected by changes in land use and occupation, especially in watersheds located in urban and suburban areas developing countries. This work was developed within the scope of the SARA project, based on data obtained in previous studies and complemented with new analyses. The study aimed to evaluate the influence of land use and occupation on water quality and microbiological contamination in the Mulauzi River basin (also called Infulene River), located in Maputo, Mozambique, considering its implications for public health.

Water samples were collected at different points in the basin, with subsequent analysis of physicochemical parameters (pH, turbidity, dissolved oxygen, electrical conductivity, nitrates, and phosphates) and microbiological parameters (total coliforms and *Escherichia coli*), associating them with the different types of land use identified through satellite images and geospatial analysis. The results indicate that areas with a higher degree of urbanization, intensive agriculture, and absence of vegetal cover present higher levels of contamination, exceeding the recommended limits for consumption and recreational use. Furthermore, it was found that the presence of *E. coli* in elevated concentrations represents a potential health risk to local populations, especially in communities that use river water for domestic purposes. The study reinforces the need for integrated public policies for spatial planning and water resource management, focusing on the protection of human health and environmental sustainability.

Keywords: Water quality; Land use; Microbiological contamination; Muluazi River; Public health.

Lista de abreviaturas

°C	Grau Celsius
CE	Condutividade Eléctrica
CT	Coliformes Totais
mg/l	Miligramas por litro
MPN	Most probability number (número mais provável)
OD	Oxigénio dissolvido
pH	Potencial hidrogénio
RAM	Resistência Antimicrobiana
T	Temperatura
TDS	Sólidos totais dissolvidos
UFC	Unidades formadoras de colónias
µm	Micrómetro

Índice de figuras

Ilustração 1: Mapa da localização da área de estudo	12
Ilustração 2: Sistema de drenagem e principais infra-estruturais da cidade de Maputo	14
Ilustração 3: mapa do uso e ocupação do solo	15
Ilustração 4 :Pontos de amostragem.....	17
Ilustração 5 Reagente Colilert-18	18
Ilustração 6 Quanti-Tray Sealer PLUS	Error! Bookmark not defined.
Ilustração 7: Pontos de amostragem do sistema de abastecimento	27
Ilustração 8: pontos de amostragem do sistema de drenagem	32
Ilustração: 9 Distribuição espacial da poluição – sistema de abastecimento de água a) CT e b) E.coli 2022.....	37
Ilustração 10: Distribuição espacial de poluição -sistema de abastecimento de água 2024	38
Ilustração 11 Distribuição espacial da poluição - sistemas de drenagem 2022	39
Ilustração 12: Distribuição da poluição- sistema de drenagem 2024	39
Ilustração 13: Collilert-18, fora do prazo.....	L

Índice de tabelas

Tabela A: Limites máximos admissíveis de parâmetros biológicos e químicos para fontes de água destinados ao consumo humano (Boletim da	6
Tabela B: principais fontes de contaminação	Error! Bookmark not defined.
Tabela C: pontos de amostragem	16

Índice de gráficos

Gráfico 1: valores da Temperatura	21
Gráfico 2: valores de pH	22
Gráfico 3: valores da concentração da condutividade eléctrica	23
Gráfico 4: Valores da concentração dos sólidos totais Dissolvidos	23
Gráfico 5: valores da concentração de oxigénio dissolvido	24
Gráfico 6: Valor de <i>E.Coli</i> para água do rio	26
Gráfico 7: valores de coliformes Totais para água do rio	26
Gráfico 8: Valores de Coliformes Totais para abastecimento de água-rede pública	28
Gráfico 9: Valores <i>E.Coli</i> da água de abastecimento-Rede pública	28
Gráfico 10: Valores de Coliformes Totais para água de abastecimento-Furos	29
Gráfico 11: Valores de <i>E.Coli</i> para água de abastecimento-furo	30
Gráfico 12: valores de Coliformes Totais para água de abastecimento-poço ..	31
Gráfico: 13 valores de <i>E.Coli</i> para água de abastecimento- poço	31
Gráfico 14: valores de <i>E.Coli</i> para sistema de drenagem	33
Gráfico: 15 valores Coliformes totais para sistema de drenagem	33
Gráfico: 16 Resistência antimicrobiana na rede pública	35
Gráfico: 17 valores da resistência microbiana na água do furo	35

Índice

Declaração de honra	ii
Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Lista de abreviaturas	vi
Índice de figuras	viii
Índice de tabelas	ix
Índice de gráficos	ix
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objectivos	3
1.2.1. Geral	3
1.2.2. Específicos	3
1.3. Metodologia.....	3
CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Qualidade da água em bacias hidrográficas	5
2.2. Uso e ocupação do solo suas implicações ambientais	6
2.3. Bacias hidrográficas e sistema de drenagem	7
2.4. Contaminação microbiológica da água	8
2.5. Contaminação Microbiológica em sistemas de drenagem urbana.....	8
2.6. Resistência microbiana em ambientes aquáticos	8
2.7. Implicações a saúde pública	9
2.8. Importância do monitoramento espacial e temporal.....	9
2.9. Estudos na bacia do rio Infulene	10
CAPÍTULO 3: ÁREA DE ESTUDO.....	11
3.1. Caracterização da área de estudo	11

3.2. Localização geográfica e limites	11
3.3. Importância da área de estudo.....	12
3.4. Clima e Relevo.....	12
3.5. Hidrologia da Bacia do Rio Infulene	13
3.6. Sistema de drenagem	13
3.7. Uso e ocupação do solo.....	14
3.8. Impactos no Bem-estar da comunidade.....	15
CAPÍTULO 4: PARTE EXPERIMENTAL	16
4.1. Pontos de amostragem	16
4.2. Análises In-Situ	17
4.3. Análise laboratorial.....	17
CAPÍTULO 5: ANÁLISE E DISCUSSÃO RESULTADOS.....	20
5.1. Análise dos parâmetros físicos-químicos.....	20
5.2. Avaliação de parâmetros Microbiológicos	25
5.2.1. Curso do rio	25
5.2.2. Sistema de abastecimento	27
5.2.3. Contaminação do sistema de drenagem	32
5.3. Índice de resistência microbiana a antibióticos	34
5.4. Caracterização do uso e ocupação do solo: Análise espaço temporal da contaminação.....	36
5.5. Implicação para saúde pública.....	40
CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	42
6.1. Conclusão	42
6.2. Recomendações	43
CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFIA.....	44

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A qualidade da água doce superficial tem-se tornado uma preocupação ambiental crescente a nível global, especialmente em regiões onde o uso e ocupação do solo ocorrem de forma intensiva e desordenada. Diversas actividades antrópicas, como a expansão urbana desordenada, práticas agrícolas convencionais, desmatamento e o lançamento inadequado de efluentes domésticos e industriais, têm contribuído significativamente para a degradação da qualidade da água nas bacias hidrográficas (Foley et al., 2005; Giri & Qiu, 2016).

A água, enquanto recurso essencial a vida, apresenta-se cada vez mais vulnerável a poluição, sobretudo em áreas urbanas e suburbanas, onde os sistemas de tratamento de água residual são frequentemente insuficientes ou inexistentes (Chapman, 1996; Tundisi & Tundisi, 2008). Neste cenário, as bacias hidrográficas funcionam como zonas receptoras de cargas poluentes de origem doméstica, agrícola e industrial, comprometendo a qualidade da água fluvial e, conseqüentemente, a segurança hídrica das populações que dela dependem (Allan, 2004; Giri & Qiu, 2016). A água doce é também um dos recursos naturais mais importantes para o desenvolvimento sustentável, sendo essencial para o abastecimento humano, actividade agrícola, industriais e para manutenção do ecossistema.

No entanto esse recurso tem sido ameaçado pelas alterações no uso de terra, que impactam directamente na sua qualidade (Ferraz et al., 2014). A intensificação dessas alterações em regiões como as bacias hidrográficas urbanas e suburbanas tem agravado a vulnerabilidade dos corpos hídricos a poluição, afectando não apenas o equilíbrio ecológico, mas também a saúde pública (Faria & Oliveira, 2020).

Estudos demonstram que há uma relação directa entre o uso de terra e a presença de contaminantes físicos-químicos e biológicos nos corpos de água. Segundo Tong e Chen (2002), áreas urbanizadas estão fortemente associadas ao aumento de nutrientes (como nitrogénio e fósforo) enquanto áreas agrícolas tendem a contribuir com sedimentos, fertilizantes e patogénicos derivados de

resíduos animais. Além disso, a organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) aponta que a presença de coliformes fecais e *Escherichia coli* na água constitui um forte indicador de contaminação fecal e risco de doenças de origem hídrica.

Paralelamente a deterioração físico-química da água, observa-se o aumento da contaminação microbiológica, destacando-se a presença de microorganismos patogénicos e, mais recentemente, de microorganismos resistentes a antibióticos. Esses microorganismos podem ser transmitidos por meio do consumo de água contaminada, afectando de forma directa a saúde pública das populações dependentes do sistema de abastecimento local (Baquero et al., 2008; WHO, 2017).

Estudos indicam que as águas residuais, os cursos fluviais contaminados e os sistemas de drenagem urbana podem actuar como reservatórios e veículos de propagação de genes de resistência aos antimicrobianos (RAM) no meio ambiente com potencial de transferência para patógenos humanos (Schsriewer et al., 2011).

A bacia do rio Mulauzi, localizada na província de Maputo, tem enfrentado pressões crescentes decorrentes da expansão urbana, práticas agrícolas intensiva e descartes irregulares de resíduos líquidos e sólidos. Apesar da sua importância para o abastecimento de água e suporte aos ecossistemas locais, esta bacia permanece pouco estudada no que diz respeito a qualidade da água e aos impactos do uso e ocupação do solo. A ausência de estudos sistemáticos sobre a região dificulta a implementação de estratégias de gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos. Neste contexto, investigações que avaliem a influência do uso do solo na qualidade da água da bacia do rio Mulauzi tornam-se essenciais. Trabalhos anteriores como o de Machaieie, Macaringue e dos Santos 2018, realizados na bacia do rio Infulene, demonstram que áreas com ocupação desordenada e sem infra-estruturas de saneamento apresentam elevados níveis de contaminação, sugerindo que desafios semelhantes podem ocorrer na bacia do Mulauzi.

Neste contexto, avaliar a influência do uso de terra sobre a qualidade da água no rio Mulauzi, com foco na contaminação microbiológica, é fundamental para compreensão da relação entre alterações ambientais e os impactos sobre a

saúde pública. Além disso o estudo contribuirá com subsídios técnicos e científicos para a gestão integrada da bacia hidrográfica, propondo estratégias de mitigação e monitoramento que promovam a protecção dos recursos hídricos e o bem-estar das populações locais. Este estudo propõe uma avaliação de carácter espacial e temporal, sobre a qualidade da água e os impactos ambientais associados a bacia do rio Infulene, com base em dados laboratoriais e observações de campo.

1.2. Objectivos

1.2.1. Geral

Avaliar a influência do uso e ocupação de terra na qualidade da água e na contaminação microbiológica da bacia hidrográfica do rio Infulene, com foco na implicação para a saúde pública das comunidades locais.

1.2.2. Específicos

- Identificar os principais tipos de uso do solo ao longo da bacia do rio Infulene;
- Apontar as principais implicações da qualidade da água para a saúde pública nas comunidades;
- Avaliar os parâmetros físicos-químicos e microbiológicos da água em pontos seleccionados na bacia;
- Relacionar os padrões de uso de terra com os níveis de contaminação da água;
- Propor recomendações para a gestão sustentável da bacia, com base nos resultados obtidos.

1.3. Metodologia

Para a realização do presente trabalho seguiu-se, a seguinte metodologia:

❖ Revisão da literatura

A revisão da literatura foi feita com base em diversos recursos, tais como, livros, artigos científicos, jornais, revistas científicas que falam sobre a contaminação microbiológica da água, qualidade de água de consumo e implicações de consumo de água contaminada na saúde pública.

❖ **Trabalho de campo**

Foi efectuada uma visita ao campo (Junho), onde foram seleccionados pontos estratégicos de amostragem ao longo do curso do rio Infulene, considerando diferentes usos do solo e proximidade a fontes potenciais de contaminação. A colecta foi realizada em recipientes esterilizados, armazenada em garrafas de água mineral (fonte fresca) de 500ml colocadas e transportadas dentro de um colmem.

❖ **Trabalho laboratorial**

As análises foram efectuadas no laboratório de águas do departamento de engenharia química da faculdade de engenharia.

Foram efectuadas as seguintes análises: Coliformes Totais e *E.Coli*, usando o método do número mais provável (MPN/100ml).

❖ **Avaliação espacial e estatística**

Os resultados das análises laboratoriais foram cruzados com os dados espaciais de uso de terra. Foram aliadas análises estatísticas descritivas e de correlação, para identificar padrões entre tipos de uso de terra e qualidade da água. Também foi gerado um mapa temático com áreas de maior risco ambiental e contaminação, com apoio do software QGIS.

❖ **Limitações**

- Ausência de dados epidemiológicos
- Reagentes fora do prazo
- Falta de kits para a realização de parâmetros físicos-químicos
- Amostras congeladas

CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Qualidade da água em bacias hidrográficas

A qualidade da água é determinada por características físicas, químicas e biológicas que definem sua adequação para diferentes usos, como abastecimento humano, irrigação ou preservação ecossistemas aquáticos (WHO, 2017). Entre os parâmetros físicos-químicos mais comuns incluem pH, turbidez, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e nutrientes como nitratos e fosfatos (Cetesb, 2019). Já os parâmetros microbiológicos avaliam a presença de coliformes totais, *Escherichia coli* e outros indicadores de contaminação fecal (Tonder & Chimwenje, 2014).

A qualidade da água em bacias hidrográficas é influenciada tanto por factores naturais (tipo, cobertura vegetal clima), quanto por actividades humanas desenvolvidas na área de drenagem. O uso intensivo do solo para fins urbanos, industriais e agrícolas, aliado a ausência ou deficiência de sistemas de saneamento básico, tem contribuído significativamente para a degradação dos recursos hídricos, especialmente em países em desenvolvimento (Borges et al. 2015).

O lançamento de águas residuais domésticas e industriais sem tratamento adequado é uma das principais causas da deterioração da qualidade da água. Essa poluição pode comprometer o uso seguro da água, tornando-a imprópria para o consumo humano e aumentando o risco de doenças de veiculação hídrica. A análise dos parâmetros físicos-químicos e microbiológicos torna-se, portanto, essencial para o diagnóstico da situação ambiental de uma bacia hidrográfica e para definição de medidas de gestão e recuperação dos corpos hídricos.

TABELA1: LIMITES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS DE PARÂMETROS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS PARA FONTES DE ÁGUA DESTINADOS AO CONSUMO HUMANO (DECRETO MINISTERIAL 180/2004)

Parâmetros		Níveis máximos admissíveis	Unidades	Riscos a saúde pública
Biológicos	Coliformes totais	Ausente	NMP / 10.0 ml ou N°. de colónias / 100 ml	Doenças gastrointestinais
	Coliformes fecais	Ausente	NMP / 10.0 ml ou N°. de colónias / 100 ml	Doenças gastrointestinais
	<i>E. Coli</i>	Ausente	NMP / 10.0 ml ou N°. de colónias / 100 ml	Doenças gastrointestinais
Químicos e físicos	pH	6.5 - 8.5	-	-
	Turbidez	5	NTU	Aparência, dificuldade de desinfecção
	Sólidos totais	1000	mg/l	Sabor e corrosão
	Condutividade	50-200	µhmo/cm	

2.2. Uso e ocupação do solo suas implicações ambientais

O uso e a ocupação do solo referem-se as formas as quais o ser humano modifica a paisagem natural para actividades produtivas ou residenciais, como agricultura, pecuária, urbanização e construção de infra-estruturas. Essas intervenções afectam o ciclo hidrológico, alterando a infiltração da água e a quantidade de materiais transportados para os sistemas aquáticos (Ferraz et al., 2014). A conversão de áreas naturais em zonas urbanas agrava o escoamento superficial e eleva a carga poluidora lançada aos rios e lagos.

Em bacias hidrográficas suburbanas e rurais o desmatamento, a urbanização não planeada e as prácticas agrícolas convencionais, geralmente sem controlo no uso de fertilizantes e pesticidas, aumentam significativamente o risco de poluição difusa, especialmente durante o período chuvosa. A ausência do ordenamento territorial adequado e de prácticas sustentáveis de uso da terra compromete a qualidade ambiental e representa uma ameaça saúde das populações que dependem directamente dos recursos hídricos para consumo, higiene e agricultura Faria& Oliveira, 2020).

2.3. Bacias hidrográficas e sistema de drenagem

A bacia hidrográfica é definida como uma unidade geográfica natural delimitada por divisores topográficos, onde toda água precipitada converge para um único ponto de saída, geralmente um rio principal, lago ou oceano (TUCCI, 2008). Essa unidade é amplamente utilizada como base para planeamento e gestão de recursos hídricos, pois permite a análise integrada das interações entre os componentes naturais (clima, solo, vegetação) e as acções humanas (uso do solo, poluição, urbanização).

Dentro das bacias hidrográficas, o sistema de drenagem compreende a rede de cursos de água responsáveis pelo escoamento superficial. A estrutura e a densidade da rede de drenagem são factores como declividade do terreno, tipo de solo, cobertura vegetal e regime de chuvas (Miranda; Souza, 2019). Alterações antrópicas como canalização, impermeabilização do solo e desmatamento, modificam a dinâmica actual do escoamento, podendo intensificar inundações, erosão e a entrada de poluentes nos corpos d'água.

A bacia do rio Infulene, por exemplo está numa região de transição entre áreas urbanas e rurais, onde a expansão das actividades agrícolas e habitacionais interfere na capacidade de drenagem natural, contribuindo para processos de degradação ambiental e comprometimento da qualidade da água.

2.4. Contaminação microbiológica da água

A contaminação microbiológica dos corpos hídricos ocorre principalmente devido à introdução de microorganismos patogénicos oriundos de esgotos domésticos, dejectos humanos e animais, lixiviados de resíduos sólidos e água residuais não tratadas (WHO, 2022). Esses microrganismos, ao atingirem corpos de água superficiais, representam um risco significativo para a saúde pública, principalmente dessa água para o consumo, irrigação e higiene.

A presença desses contaminantes está fortemente associada a ausência de infra-estrutura de saneamento básico e à ocupação desordenada do solo nas margens dos cursos de água. Estudos realizados em bacias hidrográficas de Moçambique, como a do rio Infulene, já demonstraram níveis críticos de coliformes fecais em trechos próximos a zonas densamente habitadas (Ngonga et al., 2019).

2.5. Contaminação Microbiológica em sistemas de drenagem urbana

Os sistemas de drenagem urbana mal planeados ou mal conservados contribuem significativamente para a poluição microbiológica das águas superficiais. Esses sistemas captam águas pluviais contaminadas com esgotos domésticos e resíduos sólidos urbanos, que são muitas vezes descarregados directamente nos rios, sem tratamento adequado (Tonder & Chimwenje, 2014).

A presença de bactérias indicadoras como *E. coli* e coliformes fecais em níveis elevados é comum em sistemas urbanos e drenagem, sendo associada a surtos de doenças gastrointestinais em comunidades ribeirinhas ou com infra-estrutura sanitária deficiente (WHO, 2017).

2.6. Resistência microbiana em ambientes aquáticos

A resistência aos antimicrobianos em ambientes aquáticos é um problema emergente, impulsionado principalmente pelo descarte inadequado de antibióticos, resíduos hospitalares e esgoto doméstico (Baquero et al., 2008).

Bactérias resistentes podem ser transportadas pelas águas residuais e superficialmente, contribuindo para a propagação de genes de resistência entre microorganismos ambientais e patogénicos.

Os rios e sistemas de drenagem actuam como reservatórios e canais de dispersão desses microorganismos, especialmente em locais com alta densidade populacional e saneamento precário (Schriewer et al., 2011). Essa situação representa uma ameaça directa a saúde pública, visto que pode reduzir a eficiência de tratamento antimicrobiano e favorecer a ocorrência de infecções resistentes em humanos.

2.7. Implicações a saúde pública

A presença de microorganismos patogénicos na água representa um risco significativo à saúde pública, especialmente para comunidades que utilizam directamente fontes superficiais para consumo, higiene ou irrigação de alimentos. Entre as doenças mais comuns estão diarreias, hepatites virais, febres tifóides, cólera e parasitoses intestinais (OMS,2022).

Em Moçambique, surtos de doenças hídricas são frequentemente associados a ingestão de água não tratada ou contaminada.

2.8. Importância do monitoramento espacial e temporal

A análise espacial e temporal da qualidade da água permite compreender como as pressões ambientais variam em diferentes locais da bacia e ao longo do tempo. Os estações chuvosas, por exemplo, intensificam o transporte de contaminantes para os corpos de água, enquanto área mais urbanizadas tendem a concentrar maiores níveis de poluição (Lambin et al., 2010).

O uso de ferramentas de geo-processamento sensoriais remoto permite associar os padrões de uso de terra com níveis de contaminação da água, proporcionando dados úteis para o planeamento ambiental e gestão de recursos hídricos (Mahumane, 2020).

2.9. Estudos na bacia do rio Infulene

Pesquisas anteriores na bacia do rio Infulene destacam a existência de diversos pontos críticos de poluição, especialmente nas zonas de descarga de águas residuais e nas áreas densamente povoadas. A degradação ambiental da bacia e lançamento directo de efluentes (Mahumane, 2020).

Estudos desenvolvidos na Faculdade de Engenharia da UEM identificaram que o uso e ocupação do solo na bacia caracteriza-se forte influência de áreas agrícolas, que dependem da água do rio para irrigação. Essa prática, embora fundamental para a segurança alimentar, esta associada ao aumento da carga de nutrientes e microrganismos patogénicos nos corpos hídricos, resultantes da aplicação de fertilizantes, pesticidas e do uso de águas residuais não tratadas (Mulima, 2021; Rodrigues & Cossa, 2023).

Um exemplo emblemático é o estudo realizado por Ágar Matsinhe. O trabalho demonstrou que praticas agrícolas associadas ao uso de águas residuais podem actuar como vectores de disseminação de microrganismos resistentes, representando um risco adicional para a saúde pública local, especialmente directamente em comunidades que dependem directamente desses alimentos (Matsinhe, 2019).

No entanto, são ainda escassos os estudos que integram as análises microbiológicas com avaliações físico-químicas, resistência antimicrobiana padrões de uso da terra de forma coordenada. Este trabalho busca justamente preencher essa lacuna, oferecendo uma visão integrada e actualizada da situação ambiental da bacia.

CAPÍTULO 3: ÁREA DE ESTUDO

3.1. Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Infulene localiza-se na província de Maputo, ao sul de Moçambique, sendo um importante afluente da bacia do rio Umbeluzi que desempenha um papel crucial no abastecimento de água para Região Metropolitana de Maputo (RMM). A sua área de drenagem abrange zonas urbanas, suburbanas e rurais, influenciadas por diferentes usos e ocupações do solo, incluindo habitação, agricultura de subsistência e áreas industriais em expansão.

3.2. Localização geográfica e limites

A bacia do rio Infulene esta situada entre as coordenadas geográficas aproximadas de 25°50'00"S a 26°05'00"S de latitude e 32°25'00"E a 32°40'00"E de longitude. A área cobre parte dos distritos municipais da cidade de Maputo (como KaMavota e KaMaxaquene), bem como zonas do município da Matola e áreas rurais do distrito de Boana. A sua drenagem percorre vários bairros densamente povoados, como Mali, Zimpeto, Inhagoia, Tsalala, Matola-Gare e Liberdade, entre outros.

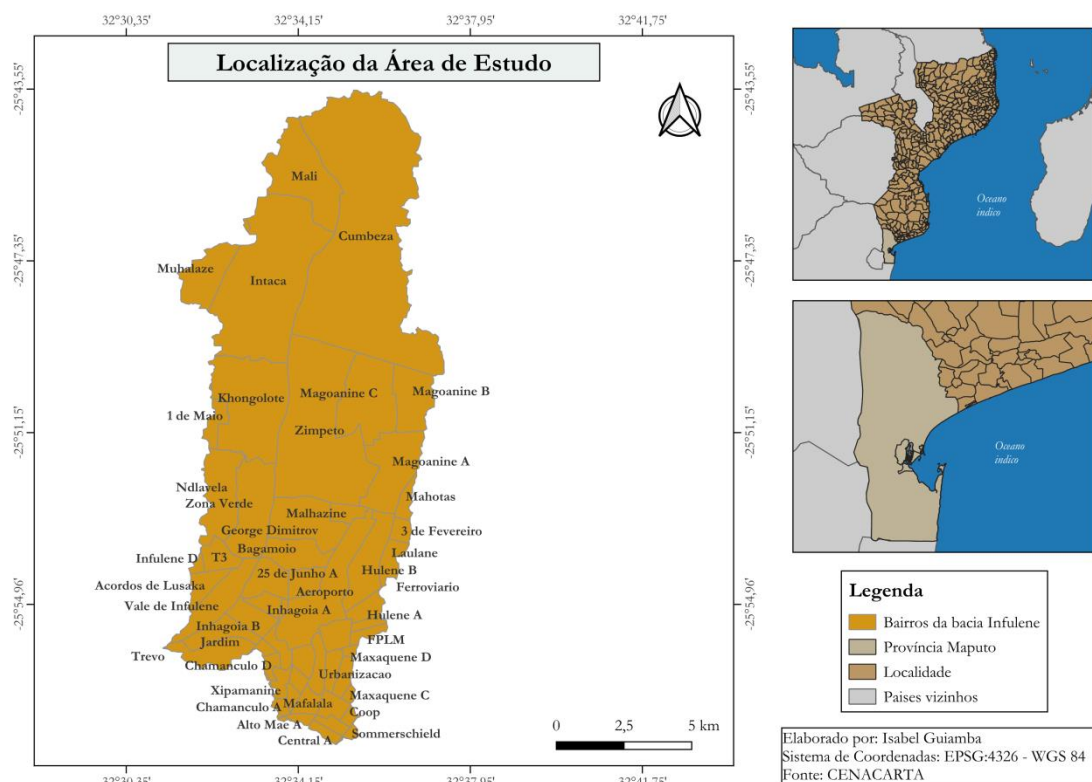


ILUSTRAÇÃO 1: MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Fonte: Elaborado pela autora

3.3. Importância da área de estudo

A bacia do rio Infulene é estratégica do ponto de vista ambiental e social, por sustentar populações vulneráveis que dependem directamente da água do rio para múltiplos usos. No entanto, a ausência de políticas integradas de gestão do solo e de saneamento básico tornam-na um espaço prioritário para acções de monitoramento, recuperação ambiental e educação ambiental.

3.4. Clima e Relevo

O clima da região é tropical seco, com uma estação chuvosa entre Outubro e marco e uma seca entre Abril e Setembro. A precipitação media anual varia entre 600 e 1000 mm, concentrando-se nos meses de verão. O relevo é predominantemente plano a suavemente ondulado, o que favorece o escoamento superficial e o acúmulo de águas contaminadas em certas depressões.

3.5. Hidrologia da Bacia do Rio Infulene

A bacia hidrográfica do rio Infulene apresenta características hidrológicas marcadas por um regime de escoamento sazonal, com maior volume de água durante o estação chuvosa, que ocorre geralmente entre os meses de Novembro e marco. Este padrão é influenciado pelo clima tropical moderadamente húmido da região, que condiciona a distribuição espacial e temporal das precipitações (INAM, 2021).

3.6. Sistema de drenagem

O sistema de drenagem da bacia é composto por uma rede natural de cursos de água que confluem no rio Infulene, mas também por valas de drenagem improvisadas e condutas pluviais urbanas, que muitas vezes funcionam como canais de escoamento de efluentes domésticos. Estas drenagens levam resíduos directamente ao leito do rio, sem qualquer tipo de tratamento, o que agrava a deterioração da qualidade da água.

De acordo com o Plano Director de Saneamento e Drenagem da Área Metropolitana de Maputo, a área de estudo encontra-se coberta pelo sistema EMP1, abrangendo toda área que drena para a vala A (Av. Joaquim Chissano) que corresponde cerca de 12,10 Km² (Maputo, 2021).

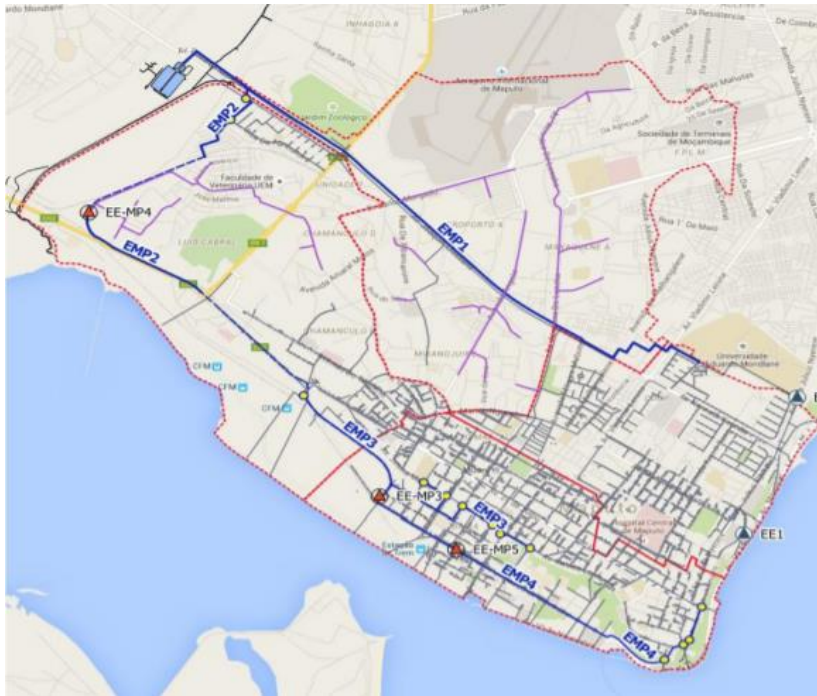


ILUSTRAÇÃO 2: SISTEMA DE DRENAGEM E PRINCIPAIS INFRA-ESTRUTURAIS DA CIDADE DE MAPUTO

Fonte: (Engidro, Hidro,2015)

3.7. Uso e ocupação do solo

Os solos predominantes na bacia incluem solos arenosos e argilosos, com baixa capacidade de filtração em algumas áreas. A bacia apresenta uma ocupação do solo heterogênea, composta por:

- Áreas residenciais formais e informais, muitas vezes sem sistema de saneamento adequado;
- Zonas agrícolas e hortas familiares, especialmente nas margens do rio;
- Infra-estruturas industriais e comerciais emergentes;
- Áreas de vegetação natural residual, frequentemente degradadas.

O crescimento urbano desordenado, aliado à expansão de cultivos nas margens do rio, tem intensificado os processos de erosão, assoreamento e contaminação microbiológica, principalmente durante o período chuvoso.

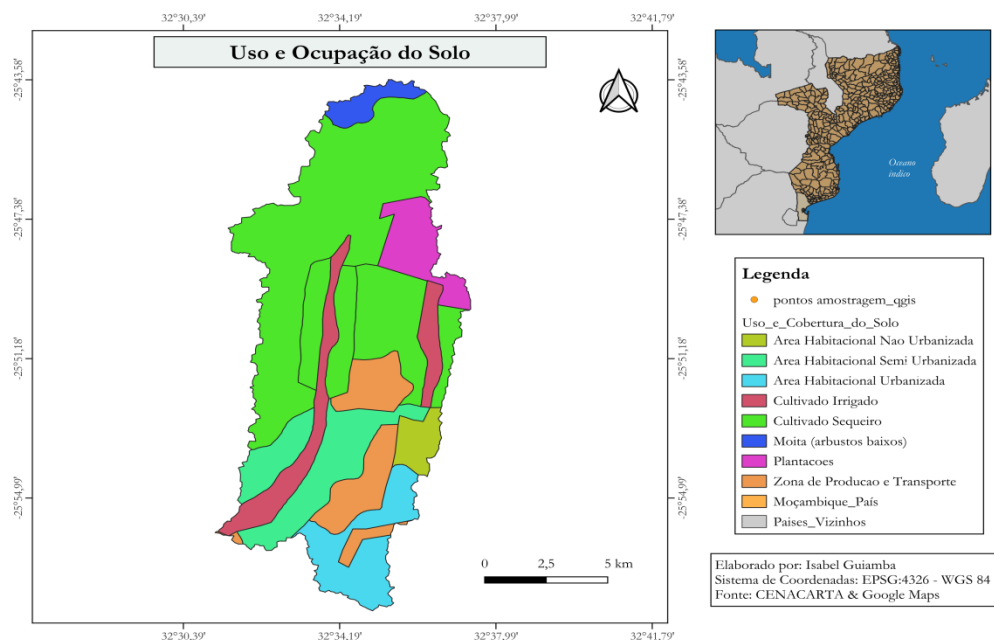


ILUSTRAÇÃO 3: MAPA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Fonte: Elaborado pela Autora

A vegetação nativa vem sendo gradualmente substituída por construções, culturas agrícolas e pastagens, o que impacta directamente na capacidade de retenção de água no solo e contribui para a degradação da qualidade da água na bacia do rio Infulene um espaço crítico para a análise da relação uso de terra, qualidade da água e implicações para a saúde pública das populações locais.

3.8. Impactos no Bem-estar da comunidade

De acordo com RODRIGUES (2023, p. 51), a água do rio Infulene é imprópria para irrigação (principalmente para produtos consumidos crus) e recreação por apresentar concentração de *Escherichia coli* acima dos padrões estipulados, constituindo um perigo para a Saúde Pública. Esta água também representa um perigo para os organismos aquáticos porque contém alta concentração de nutrientes como fosfatos e nitratos que comprometem os organismos aquáticos.

CAPÍTULO 4: PARTE EXPERIMENTAL

4.1. Pontos de amostragem

A amostragem foi feita em uma campanha para todos os pontos. A campanha foi feita na época seca no dia 11 de Junho do ano 2025.

TABELA 3: PONTOS DE AMOSTRAGEM

Ponto	Latitude	Longitude	Descrição	Designação
A1	-25.924	32.537	Após a ponte 2M	Após indústria cervejeira ^a
A2	-25.923	32.537	Antes da ponte da ETAR de Infulene	ETAR (indústria cervejeira)
A3	25.922	32.539	Drenagem3	Mistura: indústria cervejeira + cervejeira + Rio
A4	-25.923	32.537	Descarga 2m	Industria cervejeira + fluvial
A5	-25.921	32.543	Drenagem 2	Resíduos da indústria cervejeira
A6	-25.921	32.544	Drenagem 1	Descarga fluvial
A7	-25.919	32.543	Rio jardim/inhagoia	Entrada indústria cervejeira
A8	-25.898	32.555	Vale do Infulene	Zona3
A9	-25.887	32.559	Ponte da Zona Verde	Zona Benfica
A10	-25.865	32.561	Hospital psiquiátrico	Próx. A China Mall
A11	-25.786	32.577	Intaka 2	Nascente (Intaka)
A12	-25.772	32.574	Mali 2	Nascente (zona 2)
A13	-25.829	32.325	ETAR do zimpeto+RIO	Mistura ETAR +Rio
A14	-25.829	32.567	ETAR do zimpeto	ETAR zimpeto

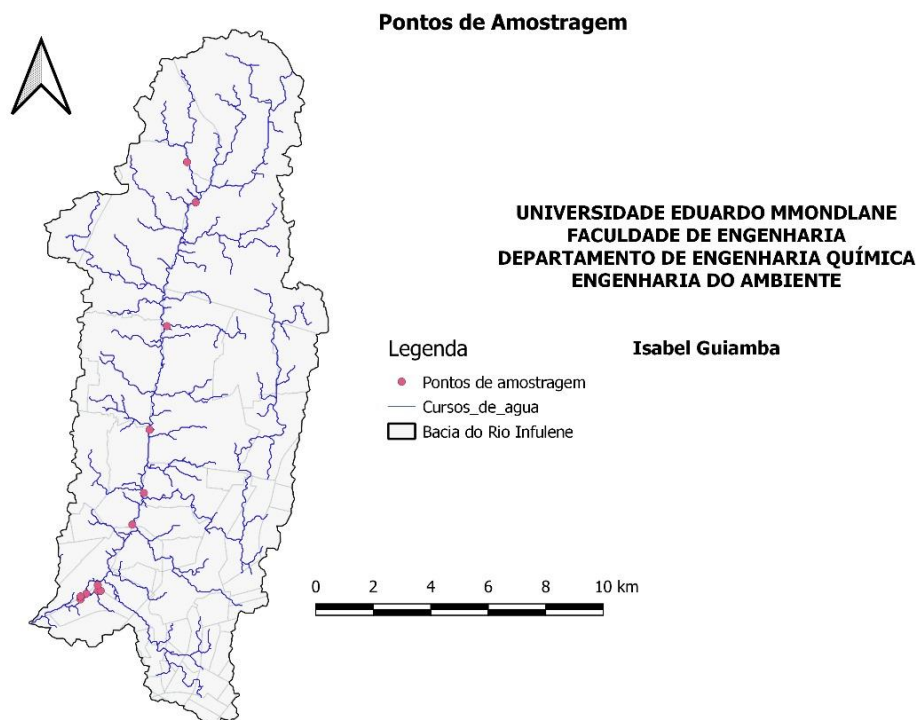


ILUSTRAÇÃO 4: PONTOS DE AMOSTRAGEM

4.2. Análises In-Situ

No acto da colecta das amostras foram feitas as medições de alguns parâmetros, os quais a sua medição deve ser feita no ponto de recolha.

A medição foi realizada com recurso ao multímetro, equipamento usado para medir pH, condutividade eléctrica, oxigénio dissolvido, Temperatura e Sólidos Totais Dissolvidos.

4.3. Análise laboratorial

Para o estudo, foram realizadas análises para a detecção de *Escherichia Coli*, pelo método colilert. Detecção de *Escherichia coli* (colilert, IDEXX)

a) Reagentes e equipamento

- Reagente para Colilert (Colilert-18 Test, Product Number: 98-27164-00, cat. No WP100I-18; IDEXX, Westbrook, ME, USA)
- Quanti-Tray/2000 (Bandejas)

- Equipamento para IDEXX
- Frascos IDEXX de 100 ml estéreis
- Quanti-Tray Sealer (Selador de bandejas)
- Incubadora



ILUSTRAÇÃO 5 REAGENTE COLILERT-18

b) Procedimento

1. Esterilizar os frascos de vidro de 100ml e as pipetas.
2. Agitar a amostra de água, medir 100 ml numa cuvete e adicionar no frasco esterilizado de 100 ml.
3. Adicionar 1 ampola de reagente para colilert no frasco contendo a amostra.
4. Agitar suavemente, até o reagente de colilert dissolver. Aguardar uns minutos até as bolhas criadas pela agitação se dissiparem.
5. Adicionar a amostra na bandeja Quanti-Tray 2000 e selar o quanti-tray 2000 usando a máquina Quanti-tray sealer.
6. Colocar a bandeja Quanti-Tray 2000 com a amostra na incubadora ($35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) por 24 horas.
7. Depois de 24 hs, contar o número de poços positivos a coliformes totais, representando os poços que apresentam uma coloração amarela (pequenos e grandes). Consultar a tabela MPN para encontrar o número mais provável de coliformes totais.

8. Por fim, numa sala escura, colocar a bandeja sob a luz ultravioleta e contar o número de poços fluorescentes para detecção de *Escherichia coli*. Consultar a tabela MPN para determinar a concentração de *E. coli*.

CAPÍTULO 5: ANÁLISE E DISCUSSÃO RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise dos dados colectados na campanha de amostragem realizada em Junho de 2025, na bacia do rio Infulene. Além disso são utilizados dados secundários de campanhas realizadas entre 2022 e 2024, que abrangem a caracterização do sistema de abastecimento de água, a qualidade da água, a contaminação do sistema de drenagem e a contaminação de produtos agrícolas no vale do Infulene. A discussão dos resultados é feita com base em referências técnicas e científicas, com foco nos impactos para a saúde pública e na relação com o uso do solo.

Os parâmetros físicos-químicos de qualidade da água analisados para as amostras colectadas apresentam na sua maioria valores admissíveis a luz do Diploma Ministerial n° 180/2004, de 15 de Dezembro de 2004, do Ministério da saúde.

5.1. Análise dos parâmetros físicos-químicos

A avaliação dos parâmetros físicos-químicos da água nos diferentes pontos de amostragem ao longo do rio Infulene permite identificar variações de qualidade associadas ao uso e ocupação do solo, bem como possíveis fontes de poluição.

- **Temperatura**

Em 2022 as temperaturas variaram entre 26°C e 30°C, com média de 27,87°C, situando-se dentro do intervalo admissível para rios tropicais (20-30°C), mas próxima ao limite superior. Em contrapartida em 2025 os valores oscilavam de 16,4°C e 27,43 ° C, com media de 18,78°C, evidenciando uma redução significativa, especialmente no valor mínimo, que está abaixo da faixa ideal.

Estes resultados sugerem que, apesar dos dois períodos apresentarem valores compatíveis com a faixa ideal, há diferenças importantes a destacar. Em 2022, a proximidade com o limite superior indica risco de redução do oxigénio dissolvido, o que pode comprometer a sobrevivência de organismos aquáticos e favorecer a proliferação de microorganismos, por outro lado, em 2025 a redução da temperatura aproxima-se das condições mais favoráveis para

qualidade da água, mas a ocorrência de valores mínimos de 16,4°C sugerem alterações no regime hidrológico local, possivelmente relacionadas a maior diluição por escoamentos, descargas ou mudanças no uso e ocupação do solo.

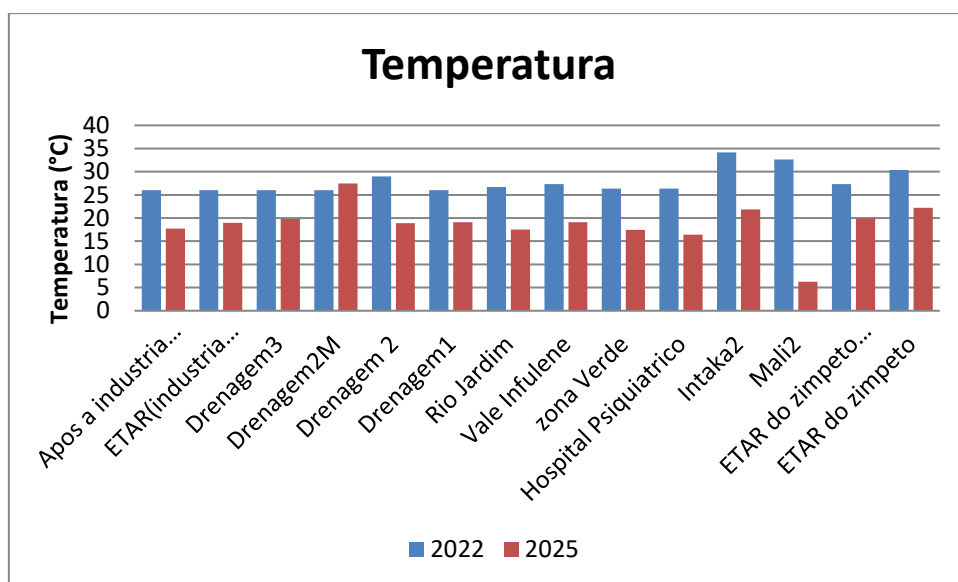


GRÁFICO 1:VALORES DA TEMPERATURA

- **pH**

Em 2022 os valores de pH variam entre 7,02 e 7,34, mantendo-se dentro da faixa considerada neutra a ligeiramente alcalina. Já em 2025, com valores entre 6,42 e 8,69, o que indica maior variação nas condições do rio.

Em 2022, os valores próximos da neutralidade reflectem condições relativamente equilibradas do sistema aquáticos tropicais com menor influência de descargas. No entanto, em 2025 a amplitude mais elevada indica maior influência de factores antrópicos e ambientais. O valor mínimo mantém-se dentro do limite recomendado (6,5), mas próximo ao limite inferior, podendo estar relacionada a maior entrada de matéria orgânica e processos de decomposição que tendem a tornar a água acida. O valor máximo esta acima

do limite superior recomendado (8,5), associado a processos de eutrofização e lançamento de efluentes domésticos e industriais.

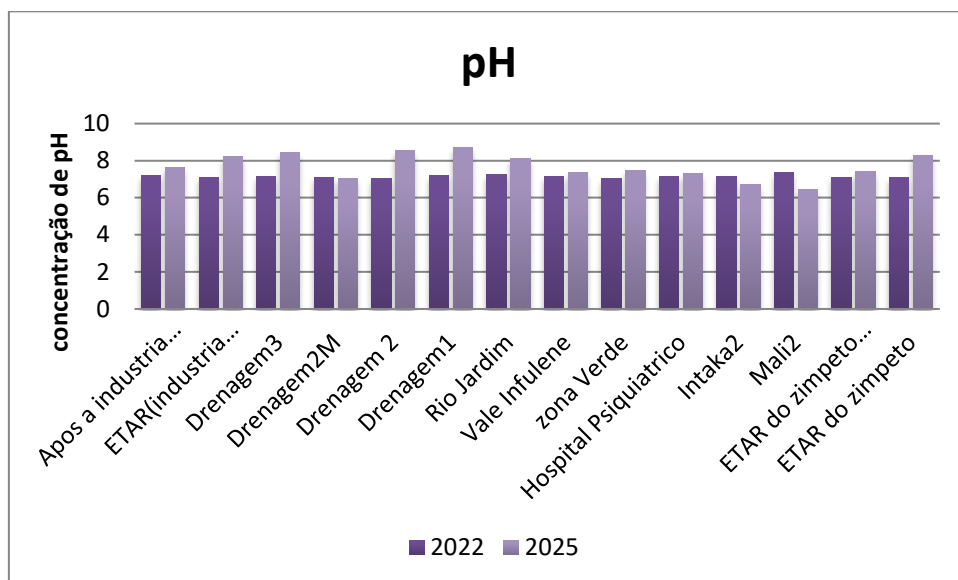


GRÁFICO 2: VALORES DE PH

- **Condutividade Eléctrica (CE)**

Em 2022, os valores de CE variaram entre 404,33 $\mu\text{S/cm}$ e 1823 $\mu\text{S/cm}$, enquanto em 2025 oscilaram entre 349,67 $\mu\text{S/cm}$ e 1900 $\mu\text{S/cm}$.

Em 2022, a maioria dos valores manteve-se dentro da faixa recomendada, mas com máximos próximos do limite crítico. Em 2025 apesar do valor mínimo ligeiramente inferior (349,67 $\mu\text{S/cm}$), o máximo de 1900 $\mu\text{S/cm}$ passa o limite recomendado, reflectindo maior descarga de sais dissolvidos, aumento de descargas de efluentes e lixiviação de áreas agrícolas. Segundo a OMS (2017), valores de CE acima de 1500 $\mu\text{S/cm}$ compromete a qualidade da água para o consumo humano.

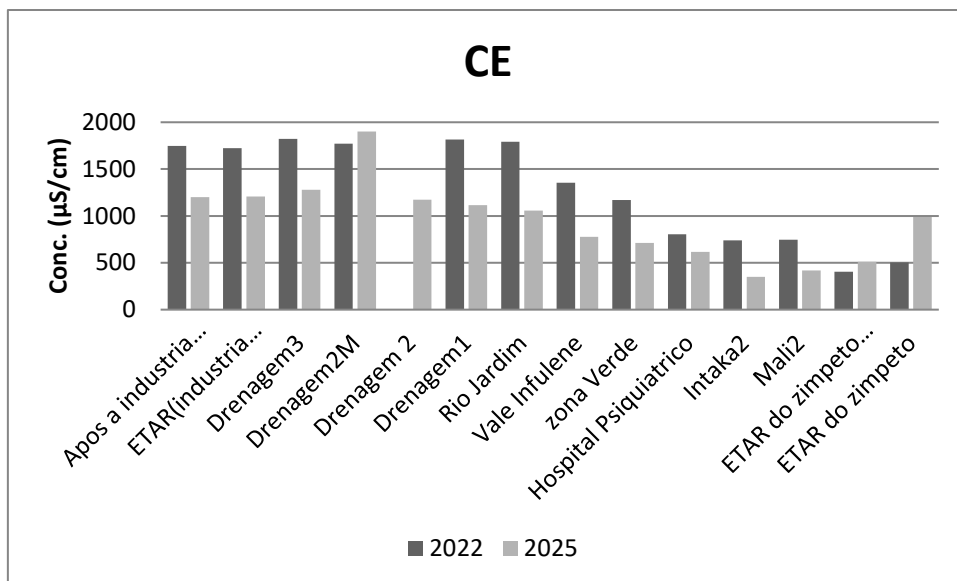


GRÁFICO 3: VALORES DA CONCENTRAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉCTRICA

- **Sólidos Totais Dissolvido (TDS)**

Os TDS apresentam valores entre 175mg/L (Drenagem 2/Industria cervejeira +pluviais) e 907,67mg/L (Drenagem 3/Mistura: Pluviais+ industriais+ rio), com uma média de 591,14 mg/L. A OMS (2017) recomenda valores inferiores a 1000 mg/L para água potável.

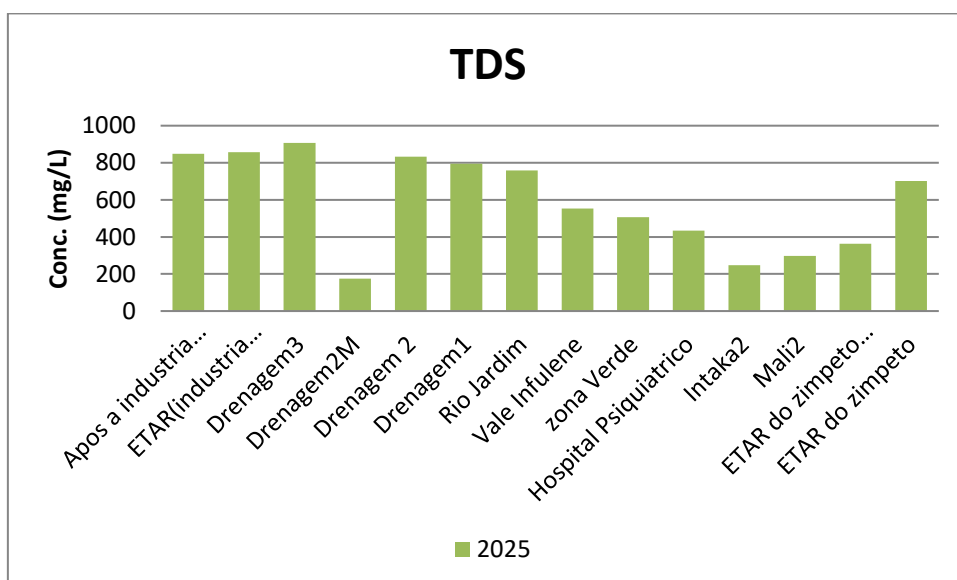


GRÁFICO 4: VALORES DA CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

- **Oxigénio Dissolvido**

Em 2022 os valores de OD variam entre 0,15 mg/L e 8,70mg/L, enquanto em 2025 variaram entre 0,49 mg/L e 9,04 mg/L. os dois anos apresentam valores críticos próximos de zero.

De acordo com a OMS (2017), concentrações de OD inferiores a 2 mg/L representam condições hipóxicas (baixa concentração de oxigénio), inadequadas para a maior parte da fauna aquática.

Segundo a US EPA (2012), valores acima de 5 mg/L são desejáveis para sustentar comunidades aquáticas saudáveis. Valores muito abaixo indicam ambientes com elevada carga orgânica e consumo de oxigénio por decomposição bacteriana, o que pode levar a condições de baixa concentração de oxigénio.

Na ETAR do Zimpeto o OD foi de 0,00mg/L, caracterizando um ambiente anóxico. Esta condição é indicativa de poluição orgânica extrema, na qual toda a disponibilidade de oxigénio foi consumida por processos de decomposição bacteriana.

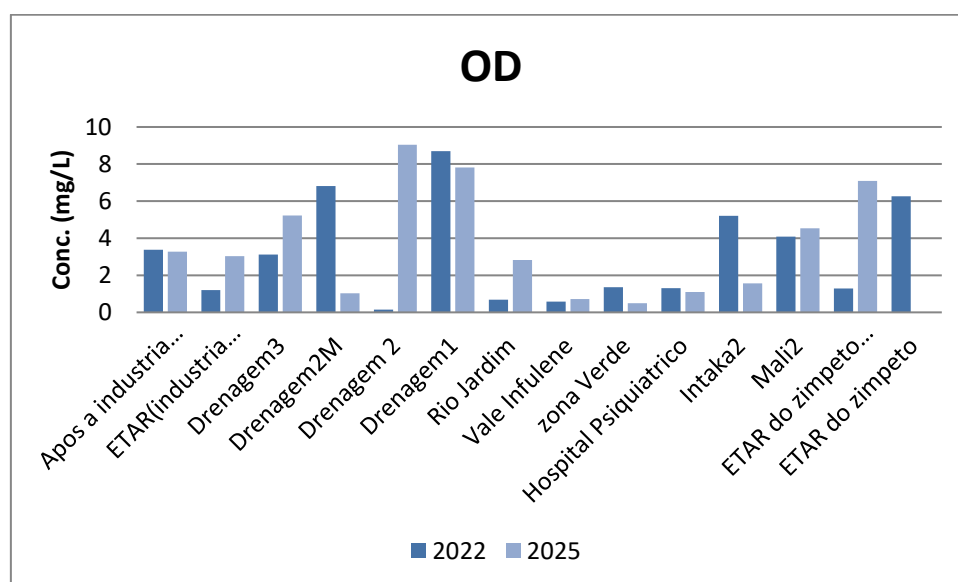


GRÁFICO 5: VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÉNIO DISSOLVIDO

5.2. Avaliação de parâmetros Microbiológicos

5.2.1. Curso do rio

Com base nas amostras de 2025 não foi possível fazer o teste de *E.coli* e Coliformes Totais, devido a limitações já citadas (água congelada, a água destilada apresentava níveis elevados de contaminação). E com base nisso que descartamos o teste de coliformes totais.

Os resultados de 2022 mostram uma elevada concentração de *E.coli* e coliformes totais em vários pontos da bacia do rio Infulene, com destaque para locais com presença de efluentes industriais e águas residuais.

No gráfico 6, observou-se que a concentração de *E.Coli* ultrapassou 100 MPN/100ml em diversos pontos, destacando-se as áreas adjacentes a indústria cervejeira, próximo da ETAR (zimpeto) e áreas residenciais densas. Segundo a OMS (2020), a presença de *E.Coli* acima de 100MPN/100ml em águas superficiais é indicativo de contaminação fecal recente e representa um risco significativo a saúde humana especialmente em áreas onde a população utiliza directamente essa água para a irrigação, consumo ou recreação.

De forma semelhante o gráfico 7 mostra concentrações elevadas de coliformes totais, com alguns pontos ultrapassando 10.000MPN/100ml, sobretudo em zonas com intensa actividade humana e industriais. Essa tendência reafirma a relação directa entre o uso e ocupação do solo e a deterioração da qualidade da água.

As menores concentrações de microorganismos foram observados em áreas de nascente (zona 1 e 2), onde a pressão antrópica é consideravelmente menor. Este resultado está em consonância com os de Chibo (2021), que destacou as áreas de nascente bem preservadas e actuam como barreiras naturais contra a poluição difusa.

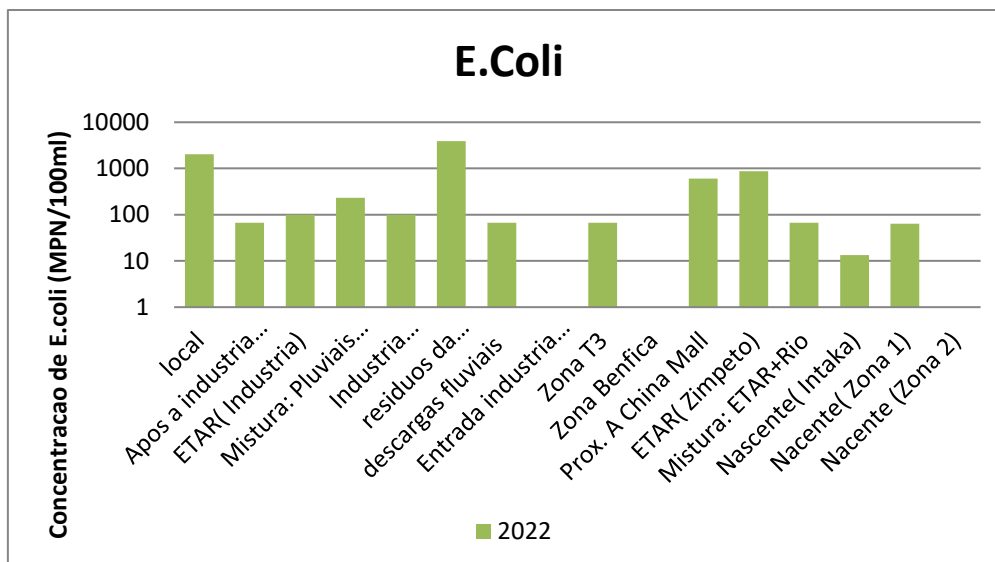


GRÁFICO 6: VALOR DE *E. COLI* PARA ÁGUA DO RIO

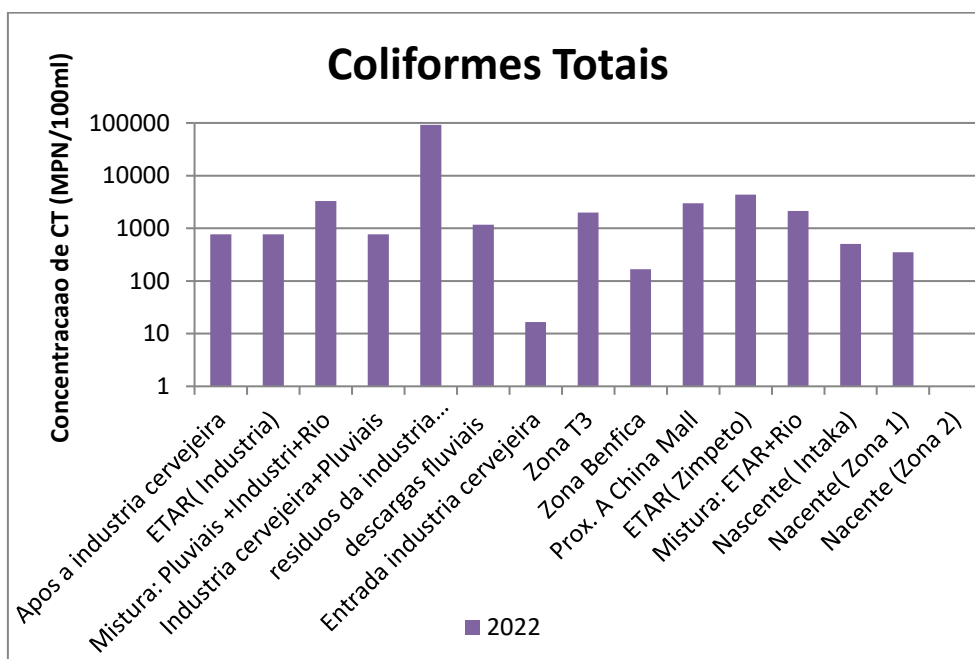


GRÁFICO 7: VALORES DE COLIFORMES TOTAIS PARA ÁGUA DO RIO

5.2.2. Sistema de abastecimento

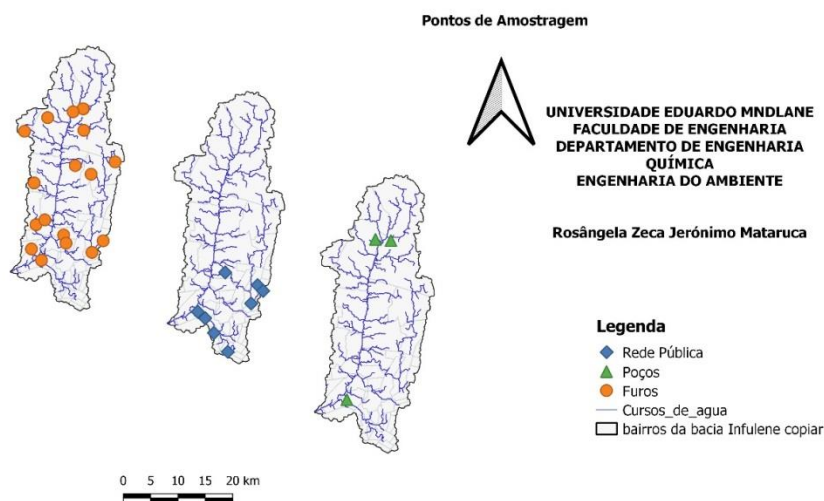


ILUSTRAÇÃO 6: PONTOS DE AMOSTRAGEM DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

Fonte: Rosângela Mataruca

O sistema de abastecimento de água da bacia apresenta uma composição heterogênea, sendo composto por rede pública, furos e poços. Observa-se que entre 2022 e 2024 houve um aumento na cobertura da rede pública em algumas zonas, embora grande parte da população ainda depende de furos e poços, especialmente nas zonas de expansão urbana.

Apesar da ligação expansão da rede pública, muitos bairros ainda não tem acesso seguro a água potável, o que representa um risco elevado a saúde, principalmente quando essas fontes alternativas estão localizadas próximas de valas ou locais de contaminação.

Água da Rede Publica

Nos gráficos 8 e 9, a água proveniente da rede pública apresentou na maioria dos pontos avaliados, conformidade com o padrão microbiológico estabelecido, com ausência ou baixas concentrações de *Escherichia coli* e coliformes totais. Esse resultado indica a eficiência do tratamento e da cloração no sistema de

distribuição. No entanto, em alguns pontos, foram detectadas contaminações pontuais, possivelmente relacionadas a falhas na rede de distribuição, infiltrações ou armazenamento inadequado nas residências.

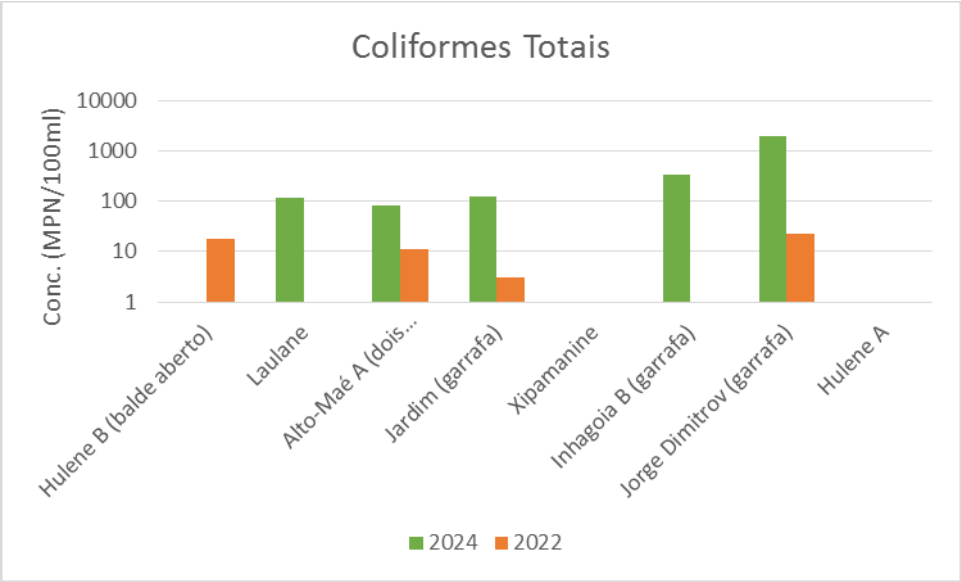


GRÁFICO 8: VALORES DE COLIFORMES TOTAIS PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA-REDE PÚBLICA

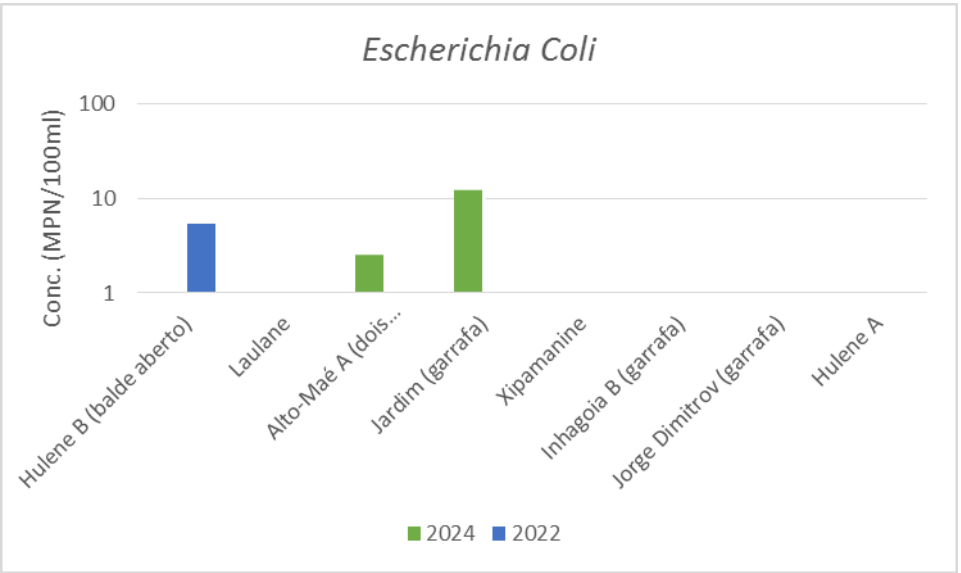


GRÁFICO 9: VALORES *E. COLI* DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO-REDE PÚBLICA

Furos

As amostras provenientes de furos apresentam maior variação na qualidade microbiológica. Nos gráficos 10 e 11, há elevada concentração de *E.coli* e coliformes totais, com maior ocorrência de contaminação em 2022, especialmente em áreas de elevada densidade populacional e proximidade de fossas sépticas.

Em 2024, verificou-se melhoria em alguns furos, possivelmente devido a intervenções de protecção sanitária, mas casos persistentes de contaminação, principalmente em áreas com drenagem precária.

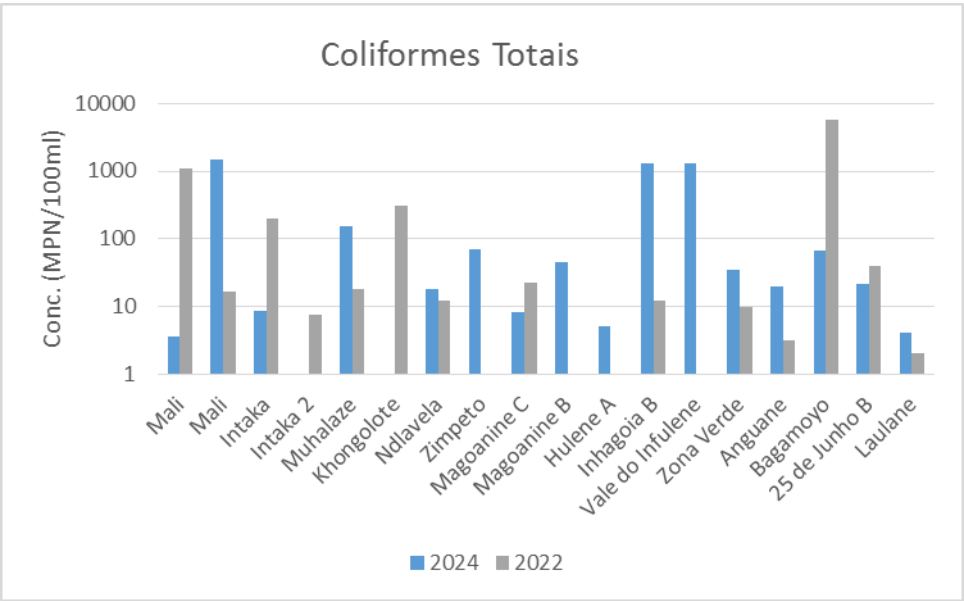


GRÁFICO 10: VALORES DE COLIFORMES TOTAIS PARA ÁGUA DE ABASTECIMENTO-FUROS

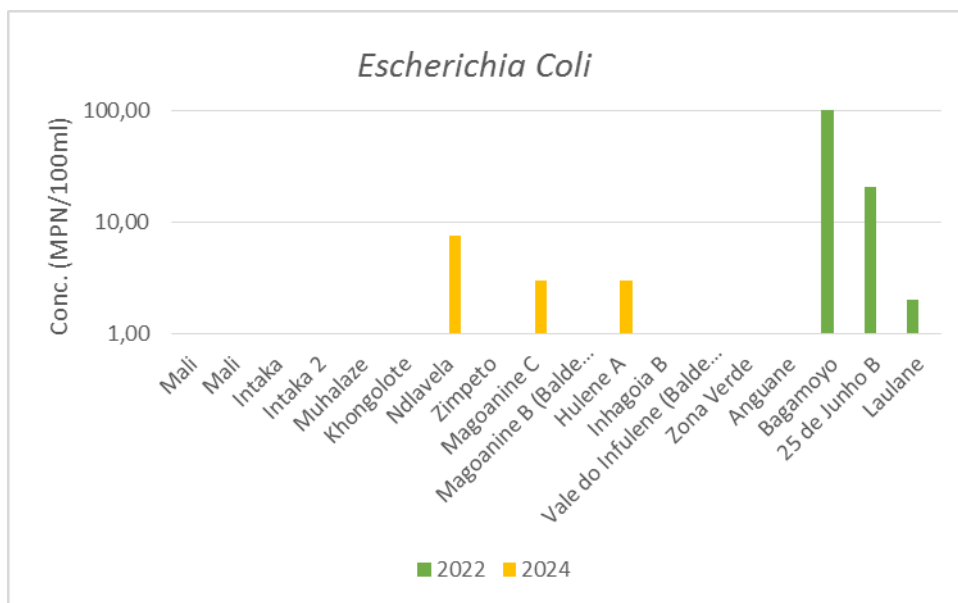


GRÁFICO 11: VALORES DE *E. COLI* PARA ÁGUA DE ABASTECIMENTO-FURO

Poço

Os poços apresentam os piores indicadores de qualidade de água, com contaminação microbiológica detectada em todos os pontos avaliados em ambos os anos, com valores muito acima dos limites recomendados, revelando risco elevado para consumo humano.

Apesar de pequenas melhorias em alguns pontos em 2024, a maioria continua exposta a contaminação, resultado da ausência de protecção física e da proximidade com fontes de poluição.

A qualidade da água de poços é fortemente influenciada pela drenagem deficiente, infiltração de águas residuais e uso intensivo do solo ao redor.

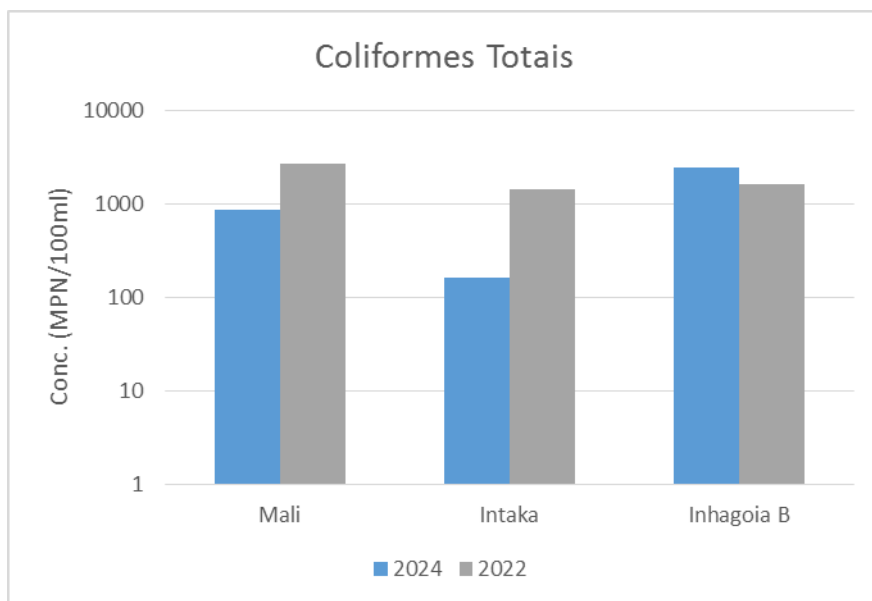


GRÁFICO 12: VALORES DE COLIFORMES TOTAIS PARA ÁGUA DE ABASTECIMENTO-POÇO

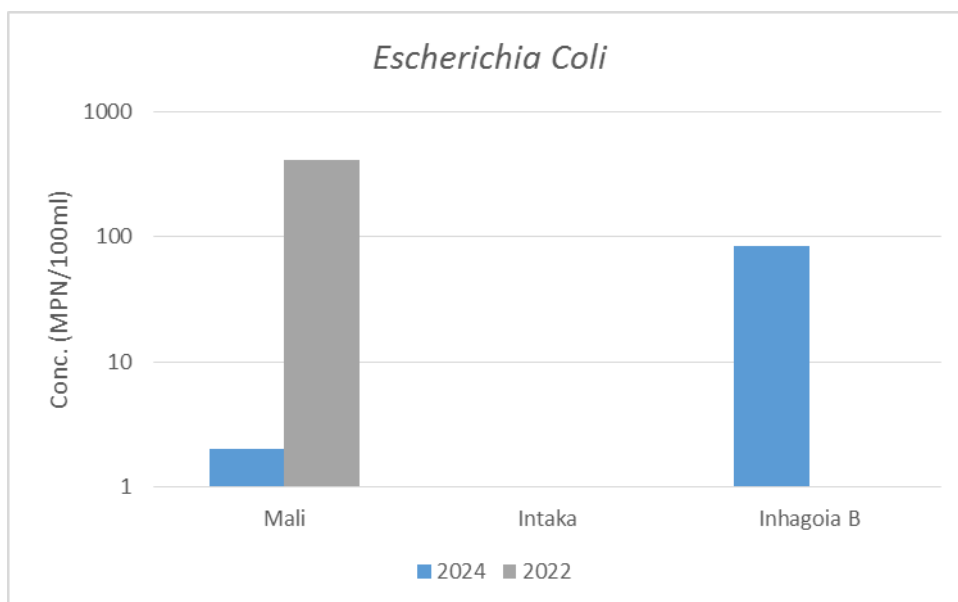


GRÁFICO: 13 VALORES DE *E. COLI* PARA ÁGUA DE ABASTECIMENTO- POÇO

De forma geral, os resultados mostram que a rede pública apresenta melhor qualidade da água, depois os furos, enquanto os poços representam a maior ameaça a saúde pública na área de estudo.

5.2.3. Contaminação do sistema de drenagem

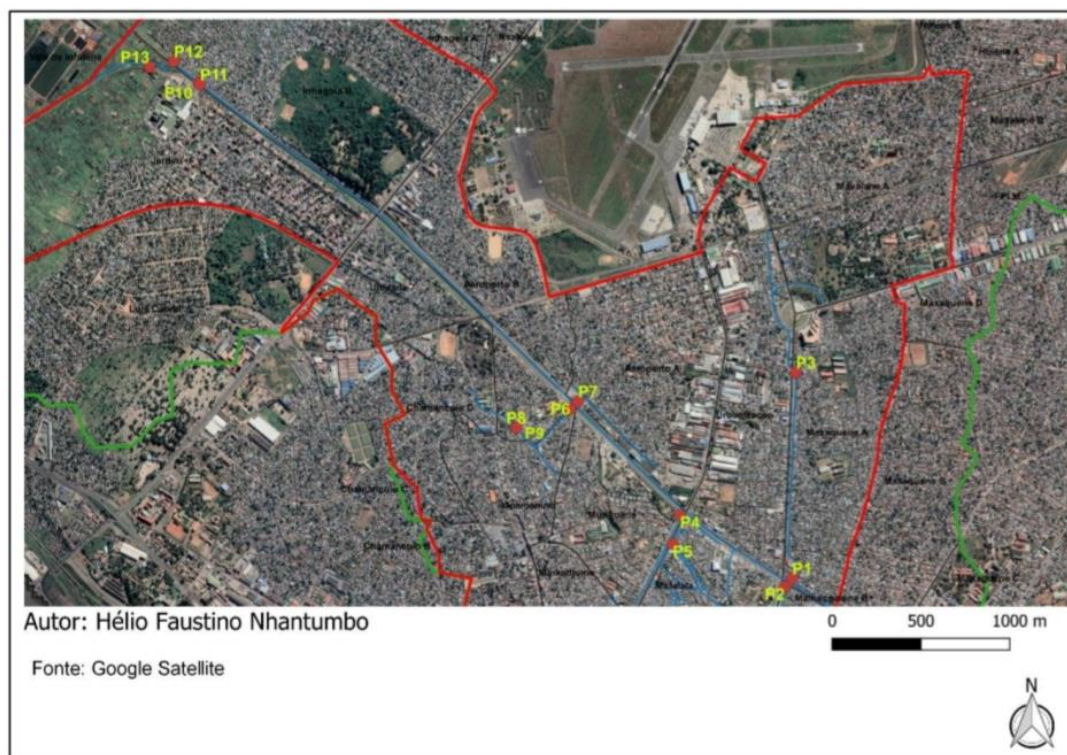


ILUSTRAÇÃO 7: PONTOS DE AMOSTRAGEM DO SISTEMA DE DRENAGEM

Fonte: Hélio Nhantumbo

Os dados de 2022 e 2024 indicam que o sistema de drenagem apresenta níveis elevados e persistentes de coliformes totais e fecais, principalmente em valas que atravessam bairros com densidade populacional elevada e deficiente saneamento básico.

No gráfico 14 *E.coli*, observa-se que na maioria dos pontos houve um aumento dos valores em 2024 em relação a 2022, indicando agravamento da situação. Os pontos críticos incluem as zonas de AV.Angola/Mafalala e zonas com saída directa para o rio, o que demonstra a influência do sistema de drenagem na carga contaminante lançada nos corpos hídricos.

De forma semelhante, os coliformes totais (gráfico 15), mantem-se em níveis extremamente altos nos dois anos, com crescimento significativo. Isso sugere que a drenagem urbana esta a transportar e concentrar resíduos domésticos e

águas residuais não tratadas, contribuindo para a poluição do rio e afectando a saúde pública.

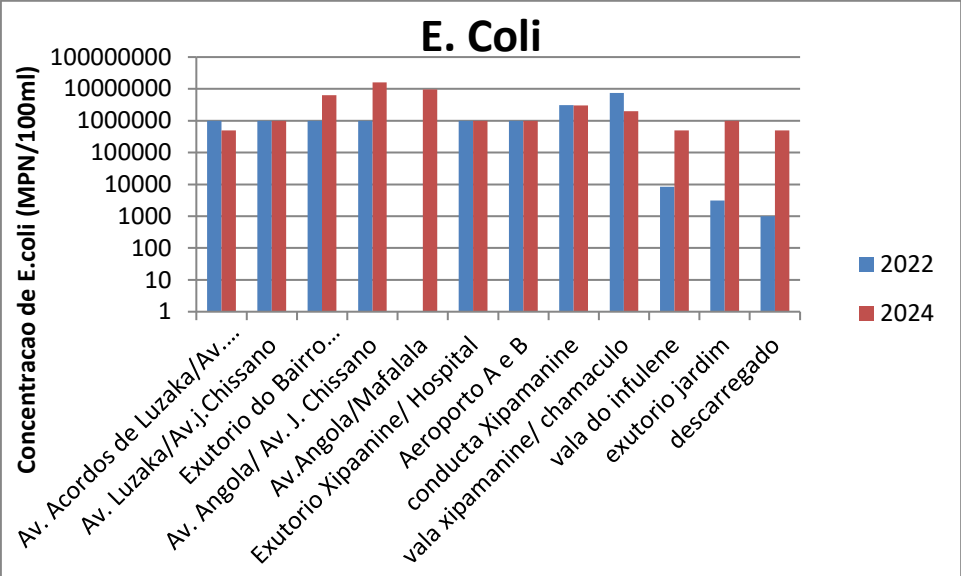


GRÁFICO 14: VALORES DE E.COLI PARA SISTEMA DE DRENAGEM

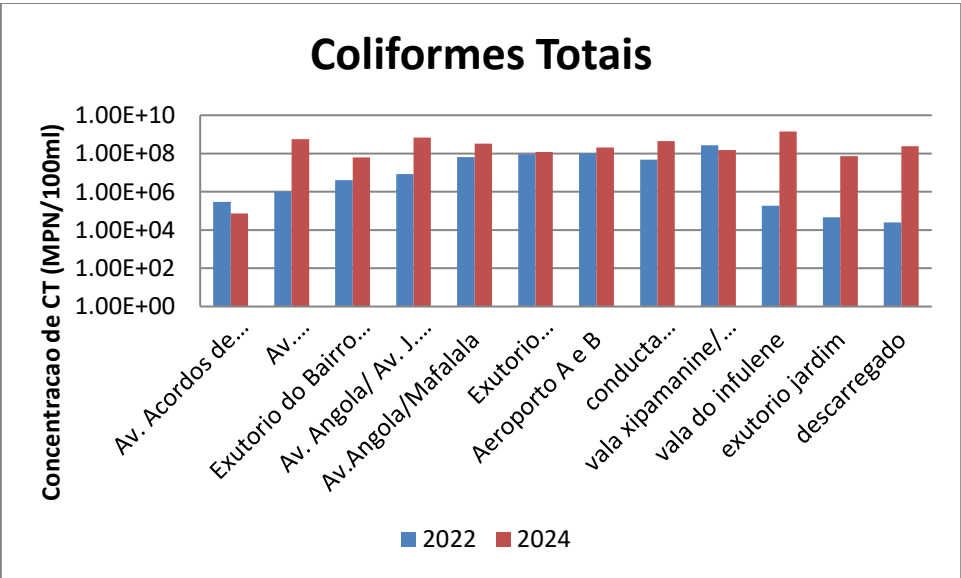


GRÁFICO:15 VALORES COLIFORMES TOTAIS PARA SISTEMA DE DRENAGEM

Há uma possível contaminação cruzada entre as valas de drenagem e os furos ou poços utilizados para abastecimento, uma vez que vários destes pontos estão situados a menos de 50 m de fontes contaminadas, contrariando as normas mínimas de protecção sanitária.

Segundo Ferreira et al. (2018), zonas com elevada impermeabilidade do solo e descargas industriais directas tendem a apresentar níveis superiores de contaminação microbiológica, o que confirma os dados obtidos na bacia do Infulene.

5.3. Índice de resistência microbiana a antibióticos

Sistema de abastecimento

Os gráficos apresentam o resultado ESBL negativo, o que indica que o *Escherichia coli* isolados na água indicou ausência de resistências antibiótico testado. Todos os isolados apresentaram valores nulos de resistência, o que sugere que água distribuída por este sistema apesar de eventualmente apresentar contaminação microbiológica, não contem bactérias resistentes aos antibióticos avaliados.

Este resultado é positivo do ponto de vista da saúde pública, pois indica baixo risco de disseminação de genes de resistência através da rede pública de abastecimento, algo que tem sido observado como preocupante em contexto urbano com infraestruturas deficientes.

Ainda assim, é importante destacar que a presença de *E.coli*, mesmo sensível, continua sendo indicativo de contaminação fecal recente, o que exige acções correctivas para proteger a população de doenças de origem hídrica.

E nas amostras não é produtora da enzima Beta-lactamase de Espectro Estendido (ESBL).

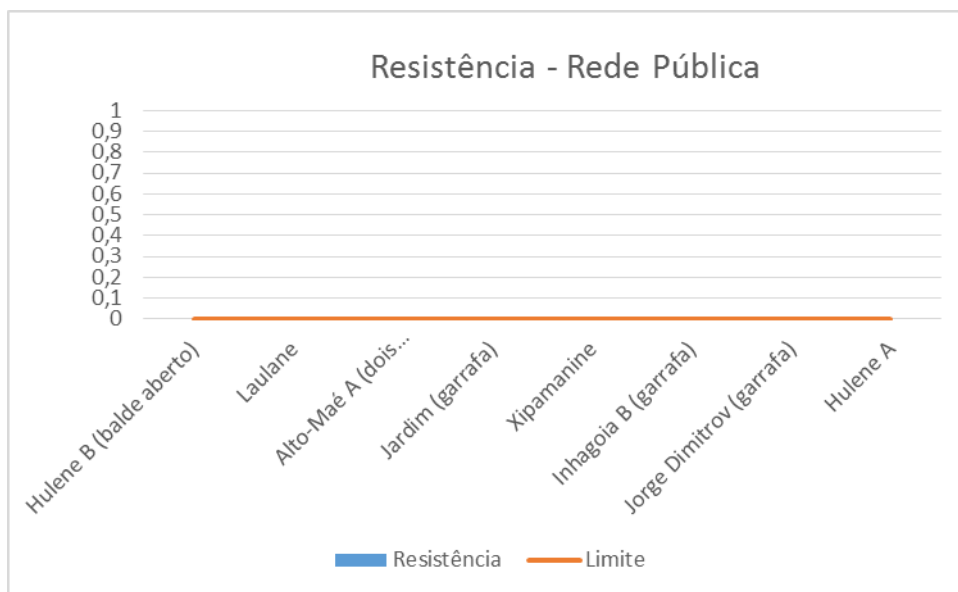


GRÁFICO: 16 RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA NA REDE PÚBLICA

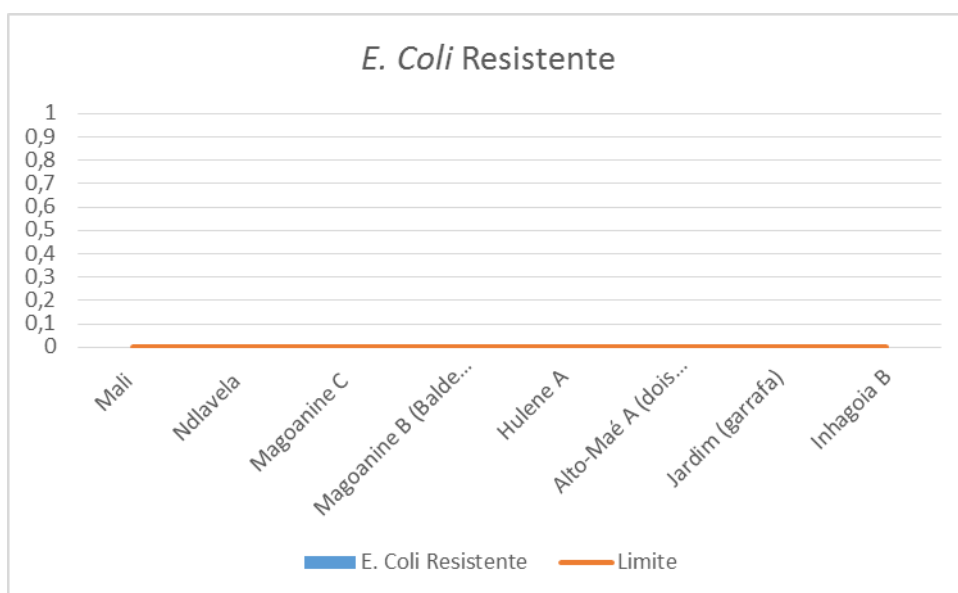


GRÁFICO: 17 VALORES DA RESISTÊNCIA MICROBIANA NA ÁGUA DO FURO

Zona agrícola

De acordo com Matsinhe (2024), alface (*Lactuca Sativa*) cultivada na bacia do rio Infulene apresentaram contaminação por *Escherichia coli*, e alguns isolados

demonstraram resistência a antibióticos, estes resultados sugerem irrigação com água contaminada, o uso de fertilizantes de uso animal e a manipulação inadequada favorecem a presença de bactérias resistentes na cadeia alimentar.

5.4. Caracterização do uso e ocupação do solo: Análise espaço temporal da contaminação

Com base no mapeamento da área, foram identificadas três principais categorias de uso do solo: áreas urbanas, zonas agrícolas, e área com vegetação natural.

As áreas urbanas preminam na parte central e norte da bacia. Nestas zonas, a impermeabilização do solo é elevada, devido a intensa ocupação residencial e a ausência de sistema eficazes de drenagem. Os pontos situados nessas áreas, registaram os maiores níveis de contaminação microbiológica, principalmente de coliformes totais e *Escherichia coli*. Isso sugere que os efluentes domésticos são as principais fontes de poluição.

As zonas agrícolas, localizadas principalmente nas margens do rio. Os pontos situados próximos a estas áreas, apresentaram níveis moderados de contaminação, indicando que aplicação de fertilizantes orgânicos e o uso de águas residuais na irrigação também influenciam negativamente a qualidade.

A análise espacial indica uma correlação directa entre a intensidade do uso urbano e os níveis de contaminação microbiológica, o que evidencia a necessidade de políticas de gestão do território e de melhoria das infra-estruturas de saneamento, principalmente nas zonas de expansão urbana informal. A vegetação natural, embora reduzida, mostra-se como elemento chave para mitigar os impactos da poluição difuso.

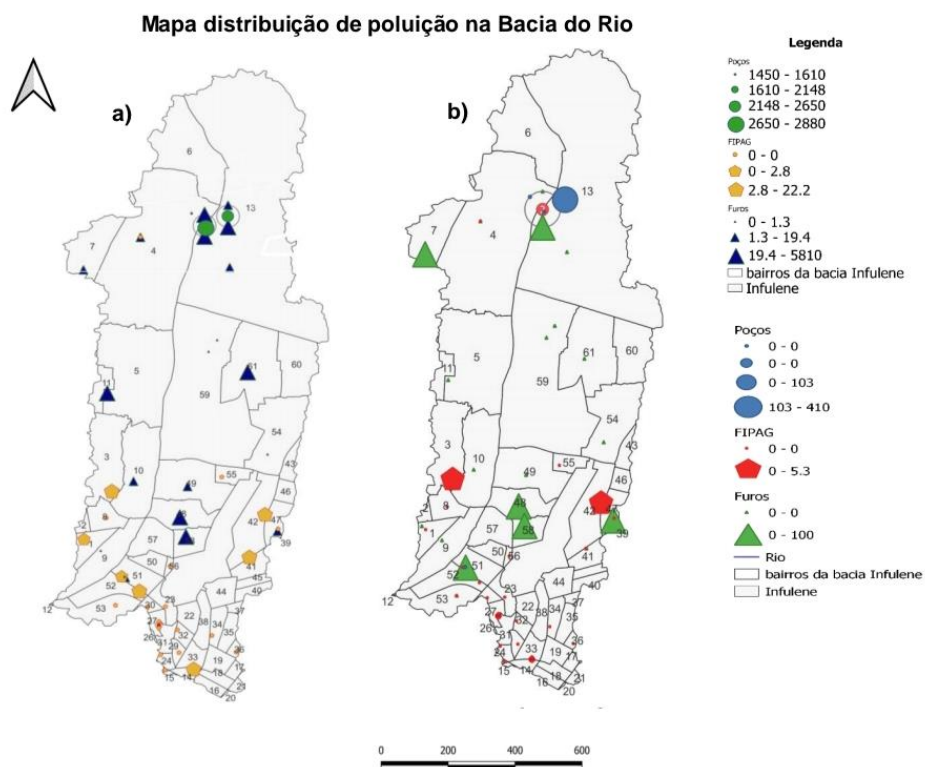


ILUSTRAÇÃO: 8 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POLUIÇÃO – SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A) CT E B) E.COLI 2022

Fonte: Jéssica Langa

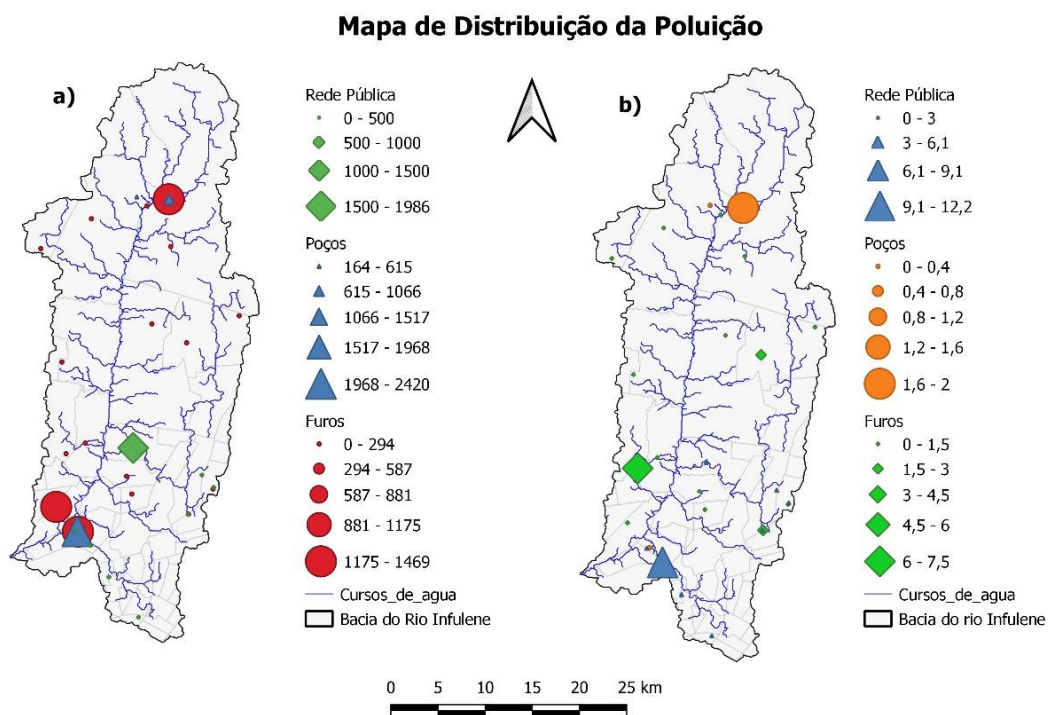


ILUSTRAÇÃO 9: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POLUIÇÃO -SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA 2024

Fonte: Rosângela Mataruca

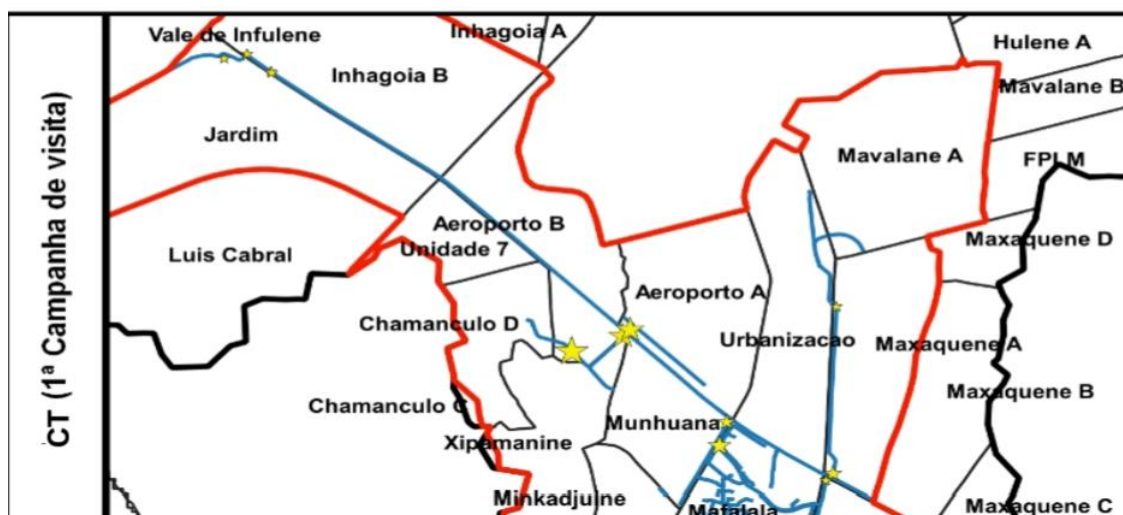


ILUSTRAÇÃO 10 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POLUIÇÃO - SISTEMAS DE DRENAGEM 2022

Fonte: Hélio Nhantumbo

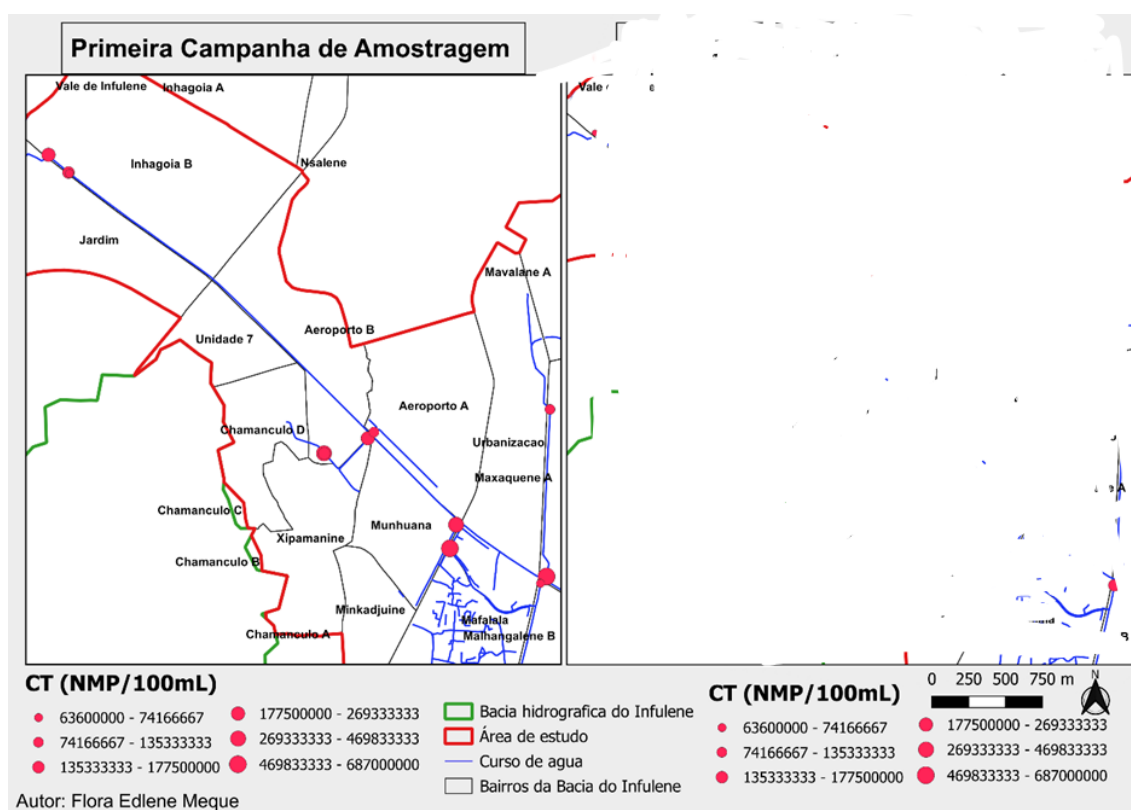


ILUSTRAÇÃO 11: DISTRIBUIÇÃO DA POLUIÇÃO- SISTEMA DE DRENAGEM 2024

Fonte: Flora Meque

De forma geral, entre 2022 e 2024 houve uma ligeira evolução positiva no sistema de abastecimento, possivelmente devido a melhorias no sistema de gestão e tratamento da água, mas níveis elevados *E.coli* e coliformes totais nas novas linhas de abastecimentos, furos e poços ainda é uma preocupação à saúde pública. O sistema de drenagem manteve níveis críticos de contaminação microbiológica, reforçando a necessidade de intervenções estruturais e de gestão de efluentes.

5.5. Implicação para saúde pública

Os resultados da análise microbiológica na bacia do rio Infulene evidenciam níveis elevados de coliformes totais e *E.coli* em grande parte dos pontos de amostragem, sobretudo nas zonas de uso urbano intenso. Estes microorganismos são indicadores clássicos de contaminação fecal e estão directamente associados a riscos à saúde pública, uma vez que sua presença pode indicar a existência de patógenos responsáveis por doença como gastroenterites, cólera, hepatite A, febre tifóide e outras infecções entéricas (WHO,2017).

Em áreas densamente urbanizadas e com fraco saneamento básico, observaram-se as maiores concentrações de contaminantes biológicos, sugerindo que a população residente nas imediações está exposta a riscos frequentes de contaminação através do contacto com a água, seja para consumo, lavagem de alimentos, banho ou irrigação de hortas. De acordo com a FAO (2010), o uso de águas contaminadas na irrigação de alimentos aumenta significativamente o risco de surtos de doenças de origem hídrica.

A presença sistemática de coliformes fecais e *E.coli* representa um risco directo à saúde das populações que utilizaram a água do rio para o consumo, higiene e irrigação. Doenças como diarreia, hepatite A, cólera e parasitoses intestinais são potencialmente transmitidas por essa via.

A presença de *E.coli* resistente em hortícolas, como a alface, é preocupante para a saúde pública, pois bactérias resistentes podem transferir genes de

resistência a patógenos humanos, dificultando tratamentos convencionais (WHO,2022; Nhamtumbo,2023).

Apesar de limitações na disponibilidade de dados epidemiológicos detalhados por localidade, levantamentos junto a centros de saúde da região indicam elevada incidência de doenças diarreicas em períodos chuvosos, o que pode estar relacionado a contaminação das fontes de água.

CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusão

Este estudo permitiu avaliar a influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água e contaminação microbiológica na bacia hidrográfica do rio Mulauzi, com destaque para os impactos sobre a saúde pública. Os resultados indicam que áreas com maior densidade populacional e praticas inadequadas de consumo e gestão de resíduos contribuem significativamente para a degradação da qualidade da água e disseminação de microrganismos patogénicos.

A relação entre a degradação ambiental, o uso e ocupação do solo e os indicadores de contaminação evidenciam que a saúde ambiental e a saúde humana estão intrinsecamente ligadas, sendo fundamental uma abordagem integrada e intersectorial para enfrentar os desafios identificados (WHO,2021).

Os principais resultados demostram que:

- A bacia do rio Mulauzi esta submetida a fortes pressões antrópicas, principalmente decorrentes da urbanização desordenada e da prática agrícola convencional nas zonas suburbanas e rurais;
- As análises físico-químicas da água, apesar do pH, Condutividade eléctrica e sólidos totais dissolvidos estejam dentro dos limites estabelecidos recomendados para o consumo humano na maior parte dos pontos, o oxigénio dissolvido apresentou valores críticos em vários locais, especialmente em áreas com influência directa de drenagem urbana e indústria, sugerindo poluição orgânica significativa.
- Os resultados microbiológicos indicam presença significativa de coliformes fecais e *Escherichia coli*, ultrapassando os limites recomendados para uso humano e recreativo, o que representa elevado risco sanitário;
- Análise espacial mostrou uma relação directa entre áreas urbanizadas/agrícolas e os níveis de contaminação, revelando zonas críticas de risco;
- A persistência de *E.coli* e coliformes totais em ambos os sistemas, demonstra que há risco de transmissão de doenças de origem hídrica,

como diarreia, febre tifóide e hepatite A, especialmente para a população que tem contacto directo com estas águas.

Conclui-se, portanto, que a degradação ambiental associada ao uso inadequado do solo tem efeitos significativos sobre a qualidade da água e, consequentemente, sobre a saúde das comunidades. A gestão integrada da bacia hidrográfica, aliada ao monitoramento contínuo da qualidade da água, é essencial para a mitigação desses impactos.

6.2. Recomendações

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se:

- Planeamento e ordenamento territorial, com foco na protecção das áreas de recarga hídrica, margens de rios e zonas de preservação permanente e reforçar o planeamento urbano e controlo do lançamento de efluentes domésticos;
- Educação ambiental para as populações locais, promovendo práticas sustentáveis de agricultura e gestão dos resíduos, e alertar sobre os riscos da poluição da água para a saúde pública;
- Implementação de programas regulares de monitoramento da qualidade da água, com indicadores físicos-químicos e microbiológicos, para subsidiar política pública eficaz;
- Realizar monitoramento contínuo da qualidade da água na bacia, com apoio de instituições académicas e autoridades ambientais.

CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFIA

Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: *The influence of land use on stream ecosystems. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 257-284.

American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington, DC: APHA-AWWA-WEF.

Amoah, P., Drechsel, P., & Henseler, M. (2007). Irrigated urban vegetable production in Ghana: Microbiological contamination in farms and markets and associated consumer risk groups. *Journal of water and health*, 5 (3), 455-466.

<https://doi.org/10.2166/wh.2007.041>

Baquero, F., Martinez, J. L., & Cantón, R. (2008). *Antibiotics and antibiotic resistance in water environments. Current Opinion in Biotechnology*, 19 (3), 260- 265.

<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2008.05.006>

B, JN, & MOURA, JP (2012). Gestão de bacias hidrográficas e qualidade da água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 17 (4), 193-205

Barreto, F. R., Oliveira, W. K. A., Coelho, H. M. S., & Silva, M. G. C. (2020). Environmental degradation and waterborne diseases: a spatial analysis. *Cadernos de saúde pública*, 36 (2), e00173619

<https://doi.org/10.1590/0102-311X00173619>

Bartram, J., & Cairn cross, S. (2010). *Hygiene, sanitation, and water: Forgotten foundations of health. PLoS Medicine*, 7 (11), e1000367.

<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000367>

CECOA- Centro de Estudos de Ciências do Ambiente. (2022). *Relatório de monitoramento ambiental da bacia do rio Infulene*. Universidade Eduardo Mondlane.

Chapman, D. (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring* (2nd ed.). World Health Organization.

https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wgachapter2.pdf

Correia, R. J., Lima, K. C., & Fernandes, R. M. (2018). Aplicação de geotecnologias na análise do uso da terra e qualidade da água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 23 (3), e 17.

<https://doi.org/10.1590/2318-03331.231820180055>

Cossa, H. A. (2014). *Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Infulene e seus impactos na saúde pública* [Dissertação de mestrado, Universidade Eduardo Mondlane]. Repositório Institucional da UEM.

Chibo, S. F. (2021). *Avaliação da qualidade da água na bacia do Infulene com base em parâmetros microbiológicos*. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia.

Congolo, N. (2025). *Qualidade microbiológica da água de irrigação de alface (Lactuca sativa) no vale do Infulene* [Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane]. Repositório UEM

Dias Fortunato, A. (2024). *Análise da poluição do rio Mulauzi e seus efeitos no bem-estar da população do vale do Infulene* [Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane] Repositório UEM.

Engidro, Hidra, A. (2015). *Plano Director de Saneamento e Drenagem da Área Metropolitana de Maputo. Análise da situação existente, Maputo e Marracuene*

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010). *The use of wastewater in agriculture: Guidelines for risk reduction*. Rome: FAO.

<https://www.fao.org/3/i1629e/i1629e.pdf>

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Snyder, P. K. (2005). *Global consequences of land use*. *Science*, 309 (5734), 570-574.

<https://doi.org/10.1126/science.1111772>

Giri, S., & QIU, Z. (2016). Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *Journal of Environmental Management*, 173, 41-48.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2026.02.029>

Harwood, V. J., Staley, C., Bagley, B. D., Borges, K., & Korajkic, A. (2014). Microbial source tracking markers for detection of fecal contamination in environmental waters: Relationships between pathogens and human health outcomes. *Water Research*, 59, 192-202.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.04.051>

Instituto Nacional de Estatística (INE). (2019). *Censo populacional de 2017: Indicadores básicos*. Maputo: INE

Kümmerer, K. (2009). *Antibiotics in the aquatic environment – A review – Part I*. *Chemosphere*, 75(4), 417-434.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.086>

Lambin E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2010). *Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions*. *Annual Review of Environment and Resources*, 28 (1), 205-241.

<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>

Langa, J. S. (2022). *Avaliação da qualidade da água para o consumo humano na região da bacia do rio Infulene* [Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane].

Machava, C. J. (2020). *Impacto das actividades urbanas na contaminação das águas superficiais: Estudo de caso da bacia do rio Infulene*. Universidade Eduardo Mondlane

Machaieie, E., Macaringue, A., & dos Santos, F. (2018). *Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Infulene em função do uso e ocupação do solo*. Revista da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, 12 (2), 45-56.

Mahumane, G. (2020). Regulamentação do uso do solo e sua influência nos recursos hídricos em Moçambique. Universidade Eduardo Mondlane.

Martinez, J. L. (2009). Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. Environmental Pollution, 157 (11), 2893-2902.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.05.051>

Mataruca, R. (2025). Resistência a antibióticos em água de consumo humano na bacia do rio Infulene [Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane].

Mateus, M. D., Chongo, L. M., & Nhantumbo, N. (2019). Gestão de águas residuais e sua influência na qualidade de águas superficiais em Moçambique. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24 (3), 521-528.

MITADER. (2015). *Guia para Ordenamento do Território em Moçambique*. Maputo: Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural.

MISAU. (2006). *Norma de qualidade da água para consumo humano em Moçambique*. Maputo: Ministério da Saúde.

MOPHRH. (2016). *Plano Nacional de Recursos Hídricos 2016-2030*. Maputo: Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos.

Mulima, H.P. (2021). *Avaliação da qualidade da água e sua adequação ao uso agrícola na bacia do Infulene* [Monografia de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane].

Nhambirre, A. A., Chilundo, M., & Bande, A. R. (2019). Avaliação da qualidade da água em áreas urbanas da Maputo: Contribuição da gestão do uso do solo. *Revista de Engenharia Ambiental da UEM*, 7 (2), 45-56.

Nhantumbo, H. F. (2022). Avaliação da contaminação microbiológica do sistema de drenagem na região da bacia do rio Infulene [Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane]. Repositório UEM

OMS- Organização Mundial da Saúde. (2017). *Guia de qualidade da água para consumo humano* (4ª ed.). Genebra: Organização Mundial da Saúde.

Rapula, S. J. (2022). *Avaliação da qualidade da água do rio Infulene* [Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane]. Repositório UEM

Rodrigues, M. A., & Cossa, A. M. (2023). Diagnóstico da poluição urbana na bacia do Infulene. XII Conferencia Científica da Universidade Eduardo Mondlane.

<https://www.cecoma.uem.mz/conferencias/index.php/XIICCUEM/xiiccuem/paper/view/1363>

Rodrigues, J. A., Costa, R. L., & Almeida, V. F. (2018). Avaliação da qualidade da água em diferentes períodos sazonais: um estudo em bacia urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 23 e 21.

<https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820180021>

Santos, M. R., Almeida, M. V. & Oliveira, A. T. (2019). Indicadores microbiológicos em bacias hidrográficas urbanas. *Revista Ambiente & Água*, 14(1), e2229

Schriewer, A., Odagiri, M., Wuertz, S., Misra, P. R., Panigrahi, P., Clasen, T., & Jenkins, M. W. (2015). Human and animal fecal contamination of community water sources, stored drinking water and hands in rural India measured with microbial source tracking. *PLOS ONE*, 10 (1), e0128762.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128762>

Silva, R. P., Oliveira, R. C., & Campos, D. M. (2020). Análise espacial da qualidade da água em bacias hidrográficas: Estudo de caso em região tropical. *Revista Ambiental & Água*, 15(4), e2516.

<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2516>

SILVEIRA, ALL, & BONUMÁ, NB 920149. Impactos do uso de terra sobre a qualidade da água em bacias hidrográficas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19939, 287-296

Tong, S. T. Y., & Chen, W. (2002). Modeling the relationship between land and use surface water quality. *Journal of Environmental Management* 66(4), 377-393.

<https://doi.org/10.1006/jema.2002.0593>

Tundisi, J. G., & Tundisi, T. M. (2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos.

UNEP- United National Environment Programme. (2016). *A snapshot of the world's water quality: Towards a global assessment*. Nairobi: UNEP.

<https://www.unep.org/resources/report/snapshot-worlds-water-quality>

United Nations Environment Programme (UNEP). (2023). *Global Wastewater Outlook*. Nairobi: United Nations.

<https://www.unep.org/resources/report/global-wastewater-outlook>

World Health Organization (WHO). (2017). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporation the first addendum*. Geneva: WHO.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

World Health Organization (WHO). (2021). *Water, sanitation, hygiene, and health: A primer for health professionals*. Geneva: WHO.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

Zhang, X. –X., Zhang, T., & Fang, H. H. (2009). Antibiotic resistance genes in water environment. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 82 (3), 397-414.

<https://doi.org/10.10>

Zhou, N. A., Singh, A., & Mihelcic, J. R. (2015). Global access to safe water: *Accounting for water quality and the resulting impact on MDG progress. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12 (10), 112856-12872.

<https://doi.org/10.3390/ijerph121012856>

ANEXOS

Anexo A- Curso do rio

TABELA A 1- PARÂMETROS DE CAMPO

Pontos de amostragem	Parâmetros de Campo									
	T		pH		EC		TDS		OD	
	2022	2025	2022	2025	2022	2025	2022	2025	2022	2025
A1	26	17,7	7,19	7,63	1745,67	1199,67	-	849	3,38	3,28
A2	26	19	7,11	8,22	1725	1207,33	-	857,67	1,21	3,04
A3	26	19,8	7,12	8,42	1823	1278	-	907,67	3,12	5,23
A4	26	27,43	7,11	7,05	1769,67	1900	-	175	6,81	1,03
A5	29	18,87	7,03	8,54	2,56	1173,33	-	833	0,15	9,04
A6	26	19,1	7,22	8,69	1817	1115	-	794,67	8,70	7,81
A7	26,67	17,5	7,25	8,14	1793	1058	-	757,67	0,68	2,83
A8	27,33	19,1	7,13	7,34	1353,3	778	-	552,33	0,58	0,72
A9	26,33	17,43	7,02	7,46	1170	712,33	-	505,67	1,35	0,49
A10	26,33	16,4	7,14	7,3	804,33	617	-	433,33	1,30	1,1
A11	34,17	21,9	7,13	6,72	740,67	349,67	-	248	5,20	1,56
A12	32,67	6,24	7,34	6,42	747,33	419	-	297	4,08	4,54
A13	27,33	19,9	7,11	7,43	404,33	511	-	363	1,28	7,09
A14	30,33	22,2	7,09	8,3	503	988	-	702	6,27	0
Media	27,87	18,78	7,14	7,69	1171,35	980,45	-	591,14	3,15	3,411

Desvio padrão	2,59	4,36	0,08	0,68	606,89	401,86	-	245	2,60	2,82
---------------	------	------	------	------	--------	--------	---	-----	------	------

TABELA A 2- PARÂMETROS LABORATORIAIS 2022

Ponto de Amostragem	Parâmetros de Laboratório					
	DBO	DQO	Nitratos	Fosfato	CT	E.coli
A1-Após a indústria cervejeira	-	200	1.08	3,22	700	100
A2-ETAR (Industria cervejeira)	56,12	118	6,2	3,22	700	100
Mistura industria +pluviais +rio	-	44	12,9	2,46	3400	200
Industria cervejeira+ pluviais	-	75	24,1	4,17	800	100
Resíduos da indústria cervejeira	273,79	785	23,5	3,28	96000	35000
Descarga pluvial	-	63	21,5	6,27	1200	100
Entrada indústria cervejeira	26,89	83,5	0,4	1,86	20	0
Zona T3		116,76	0	6,08	2000	0
Zona Benfica	24,79	57,5	0,9	4,5	200	0
Pró. A china mal	31,90	177	0,1	3,13	3200	600
Nascente intaka	61,15	89	3,2	2,8	3900	600
Nascente zona 2	-	120	4,1	8,5	2300	100
Mistura ETAR+RIO	33,90	66,5	2	6,67	450	100
ETAR Zimpeto	34,13	7,01	0	3,26	180	40
MEDIA	67,83	143,02	7,61	4,24	8217,86	2642,71
DESVIO	78,82	184,65	9,11	1,84	24378,23	8975,46

Anexo B- Sistema de Drenagem

TABELA B 1- PARÂMETROS DE CAMPO

Pontos de Amostragem	Parâmetros de campo									
	T (°C)		PH		EC (µs/cm)		DO		TDS	
	20 22	20 24	20 22	20 24	20 22	2024	202 2	2024	20 22	2024
P1 (Av. Acordos de luzaka/ Av. J. Chissano)	27	26	7	7,4 9	15 23	1325, 33	7,9 5	3,96	73 8	940
P2 (Av. Acordos de luzaka/ Av. J. Chissano)	28	28	7,2 2	7,3 1	11 86	1358, 67	9,3 3	2,58 8	55 3	970
P3 (Exutório do bairro Maxaquene)	25	26	7	7,4 7	15 35	1339, 33	7,9 5	0,17 7	73 8	950,3 3
P4 (Av. Angola/ Av. J. Chissano)	28	24	7	8,1 2	14 82	3040	8,9	0	69 2	2153, 33
P5 (Av. Angola/ Mafalala)	26	25	7,3 8	7,3 2	10 65	1455	2,3	0,40 3	51 5	130
P6 (Exutório xipamanine/ Hospital)	28	25	7,2 4	7,2 6	14 71	1515	2,7 8	3,77	72 0	1007
P7 (Aeroporto A e B)	28	25	7,3 4	7,4 6	11 02	1396, 33	10, 04	3,41	52 4	990
P8 (conduta xipamanine)	23	25	7,3 3	7,1 5	12 77	1451, 67	4,8 6	1,03 6	66 0	1004
P9 (Vala xipamanine/cham anculo)	25	26	7,4 2	8,2 8	11 01	718,3 3	5,0 5	0,00 43	55 8	510.3 3
P10 (vala do infulene)	27	24	7,5 5	7,9 8	14 94	1279	9,8 6	6,34	71 7	908

P11 (Exutório jardim)	28	25	7,0 2	7,3 5	13 25	1023	7,2 5	6,29	62 4	728
P12 (Descarregador)	26	25	7,5 4	7,4 4	14 41	1098, 67	9,1 6	2,45	69 7	781

TABELA B 2- PARÂMETROS LABORATORIAIS

Pontos de Amostragem	Parâmetros Laboratoriais											
	Fosfatos (mg/l)		Nitratos (mg/L)		DBO (mg/L)		DQO (mg/L)		CT (NMP/100ml)		CF (NMP/100ml)	
	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024
P1 (Av. Acordos de luzaka/ Av. J. Chissano)	0,29	5,6	-	9	17,86	10,25	150	17,08	2,03E+07	7,45E+06	<1000000	5,00E+05
P2 (Av. Acordos de luzaka/ Av. J. Chissano)	0,28	7,7	-	61,666	-	5,5	151	9,17	1,00E+06	5,686E+08	<1000000	1,00E+06
P3 (Exutório do bairro Maxaquene)	0,24	10,8	-	6,9	-	61,9	1378	103,17	4,10E+06	6,36E+07	<1000000	6,35E+06
P4 (Av. Angola/ Av. J. Chissano)	0,29	32,1	-	14,67	-	36,6	198	61	8,40E+06	6,867E+08	<1000000	1,60E+07
P5 (Av.	0,4	5,2	-	4,4	82,	26,	37	44,3	6,57E+	3,255E+	1,00E+	9,70E+

Angola/ Mafalala)	1				49	6	1	3	07	08	06	06
P6 (Exutório xipamanin e/ Hospital)	0,2 3	5,5	-	48	36, 75	12, 1	13 8	20,1 6	9,08E+ 07	1,2215E +08	<1000 000	1,00E+ 06
P7 (Aeroporto A e B)	0,2 6	5,8	-	36, 33	-	6,8 5	37 5	11,4 1	1,04E+ 08	2,0285E +08	<1000 000	1,00E+ 06
P8 (conduta xipamanin e)	0,4 1	3,7	-	55, 67	10 2,1 6	8	76 7	13,3 3	4,73E+ 07	4,495E+ 08	3,10E+ 06	3,00E+ 06
P9 (Vala xipamanin e/chamanc ulo)	0,2 7	4,1	-	3,3 3	-	12, 8	18 8	21,3 3	2,70E+ 08	1,515E+ 08	7,50E+ 06	2,00E+ 06
P10 (vala do infulene)	0,2 7	4,4	-	63	-	6,1 8	80	10,2 9	1,84E+ 05	1,421E+ 08	8,50E+ 03	5,00E+ 05
P11 (Exutório jardim)		2,8		60, 67		5,3		8,83	4,71E+ 04	7,25E+0 7	3,10E+ 03	1,00E+ 06
P12 (Descarreg ador)		5,9		47, 33		15, 4		25,6 7	2,46E+ 04	2,4115E +08	<1000	5,00E+ 05

Anexo C- Sistema de abastecimento de agua,Consumo humano

Rede pública

TABELA C 1- PARÂMETROS DE CAMPO

Pontos de amostragem	Parâmetros de campo									
	T		pH		EC		TDS		OD	
	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024
Hulene B	25	20,8	7,37	8,1	478	579	234	411	10,16	6,65
Laulane	26	21,1	7,33	7,71	489	1183,67	231	840	9,55	7,66
Alto- maé	26	21,2	7,23	7,71	439	576,67	212,10	409,67	8,18	7,6
Jardim	25	21,1	7,63	8,36	445	447,67	216,40	317,67	8,22	7,27
Xipamani ne	25	20,9	7,31	7,92	445	534	214,50	379,3	9,33	6,272
Inhagoia B	26	21,4	7,07	8,18	459	575,3	215,30	408,3	9,43	6,59
Jorge Dimitrov	-	21,3	-	7,55	-	625,67	-	438,67	-	7,11
Hulene A	25	22	7,32	8,1	480	540	236	384	10,40	8,29
Media	25,43	21,23	7,32	7,95	462,14	632,75	222,76	448,58	9,32	7,24
Desvio padrão	0,495	0,345	0,155	0,26	18,612	213,74	9,617	151,64	0,797	0,55

TABELA C 2- PARÂMETROS DE LABORATÓRIO

Pontos de amostragem	Parâmetros laboratoriais					
	<i>E.coli</i>		CT		Resistência	
	2022	2024	2022	2024	2022	2024
Hulene B	5,30	0,00	17,80	0,00	-	0,00
Laulene	0,00	0,00	0,00	117,8	-	0,00
Alto- mae	0,00	2,55	11,10	83,3	-	0,00
Jardim	0,00	12,2	3,10	123	-	0,00
Xipamanine	0,00	0,00	0,00	1,00	-	0,00

Inhagoia B	0,00	0,00	1,00	328,2	-	0,00
Jorge Dimitrov	-	0,00	-	1986,3	-	0,00
Hulene A	0,00	0,00	22,20	0,00	-	0,00
Media	0,76	1,84	7,9	329,95	-	0,00
Desvio padrão	1,854	4,002	8,520	634,24	-	0,00

Furos

TABELA C 3-PARAMETROS DE CAMPO

Pontos de amostragem	Parâmetros de campo									
	T		pH		EC		TDS		OD	
	202 2	202 4	202 2	202 4	2022	2024	2022	2024	202 2	202 4
Mali	24	20, 7	7,2 3	6,9 6	482	658	240	467,6 7	7,3 2	8,1 3
Mali	26	20	7,0 5	7,2 3	697	499, 3	333	354,6 7	7,1 5	7,8 2
Intaka	26	20, 2	7,2 7	7,4 7	584	697	278	494,6 7	5,0 3	7,5 2
Intaka 2	24	20, 1	7,0 6	7,2 7	854	666	276	473,3	4,0 8	7,9 2
Muhalaze	23	20, 5	7,0 4	7,5 7	394	477	217,6 0	338,6 7	2,7 9	7,7 9
Khongolet e	25	20, 7	7,5 2	7,2	413	574, 67	199,9 0	408	6	7,4 9
Ndlavela	25	20, 4	7,3 6	6,7 3	467	919	230	652,6 7	1,5 0	7,9
Zimpeto	25	20, 9	7,5 7	6,3 7	601	707	298	502	8,1 5	7,8 8
Magoanin e C	26, 50	21, 1	7,2 0	6,7 1	397	424	187,0 5	301	5,8 0	7,5
Magoanin e B	-	20, 8	-	7,6	-	351	-	249	-	7,8 4

Hulene A	29	21,2	7,40	7,23	1748	1632,3	479	1160	4,60	6,37
Inhagoia B	26	20,7	7,47	8,94	1099	956,67	443	679	8,30	6,39
Vale do Infulene	26	22,1	7,50	8,07	1358	1118	478	792,3	5,93	6,06
Zona verde	25	21,3	7,02	8,16	692	552	342	392	5,69	5,35
Anguane	24	21,4	7,35	7,6	316,50	390	145,50	277,67	5,54	5,76
Bagamoyo	27	21,3	7,01	6,37	877	1180	418	838	7,40	4,72
25 de Junho B	26	22,3	7,27	7,45	1399	625,3	484	445,67	4,79	6,72
Laulane	25	22,1	7,32	7,24	633	976	318	694	7,39	4,22
Media	25,47	20,99	7,27	7,34	747,74	744,60	315,71	528,905	5,73	6,85
Desvio padrão	1,32	0,66	0,181	0,616	401,28	321,35	106,808	228,19	1,79	1,179

TABELA C 4- PARÂMETROS LABORATORIAIS

Pontos de amostragem	Parâmetros laboratoriais					
	CT		E. coli		Resistência	
	2022	2024	2022	2024	2022	2024
Mali	1080	3,65	0	0	-	0
Mali	16,40	1468,63	0	0	-	-
Intaka	200,50	8,6	1	0	-	-
Intaka 2	7,50	0	0	0	-	-
Muhalaze	17,80	152,4	1	0	-	-
Khongolote	313	0	0	0	-	-

Ndlavela	12,40	18	1	0	-	0
Zimpeto	1	69,75	0	0	-	-
Magoanine C	22,65	8,1	0	7,5	-	0
Magoanine B	-	45,25	-	0	-	0
Hulene A	1,00	5,2	0	3	-	0
Inhagoia B	12,40	1299,7	1	1	-	0
Vale do Infulene	1,00	1299,7	0	3	-	-
Zona verde	9,90	35	0	0	-	-
Anguane	3,15	20,1	0	0	-	-
Bagamoyo	5810	68,3	100	0	-	-
25 de Junho	39,50	21,1	20,70	0	-	-
Laulane	2,0	4,1	2,00	0	-	-
Media	444,13	251,53	7,45	0,8055	-	0
Desvio padrão	1365,77	496,31	0	1,8792	-	0

Poços

TABELA C 5- PARÂMETROS DE CAMPO

Pontos de amostragem	Parâmetros de campo									
	T		pH		EC		TDS		OD	
	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024
Mali	25	20,7	7,32	6,84	484	346	235	246,67	4,02	7
Intaka	26	21,1	7,01	7,1	640	374	325	266	2,54	7,43
Inhagoia B	25	21,8	7,03	6,73	1072	1400,3	532	994,3	4,01	4,89
Media	25	21,2	7,12	6,89	732	706,8	364	502,32	3,52	6,44
Desvio padrão	0,471	0,456	0,141	0,159	248,7	490,53	124,35	347,97	0,695	1,1099

TABELA C 6- PARÂMETROS LABORATORIAIS

Pontos de amostragem	Parâmetros laboratoriais			
	CT		E. coli	
	2022	2024	2022	2024
Mali	2650	851,45	410	2
Intaka	1450	163,60	0	0
Inhagoia B	1610	2419,60	0	83,3
Media	1903,33	1144,88	139,67	28,433
Desvio padrão	531,998	944,09	193,276	38,805

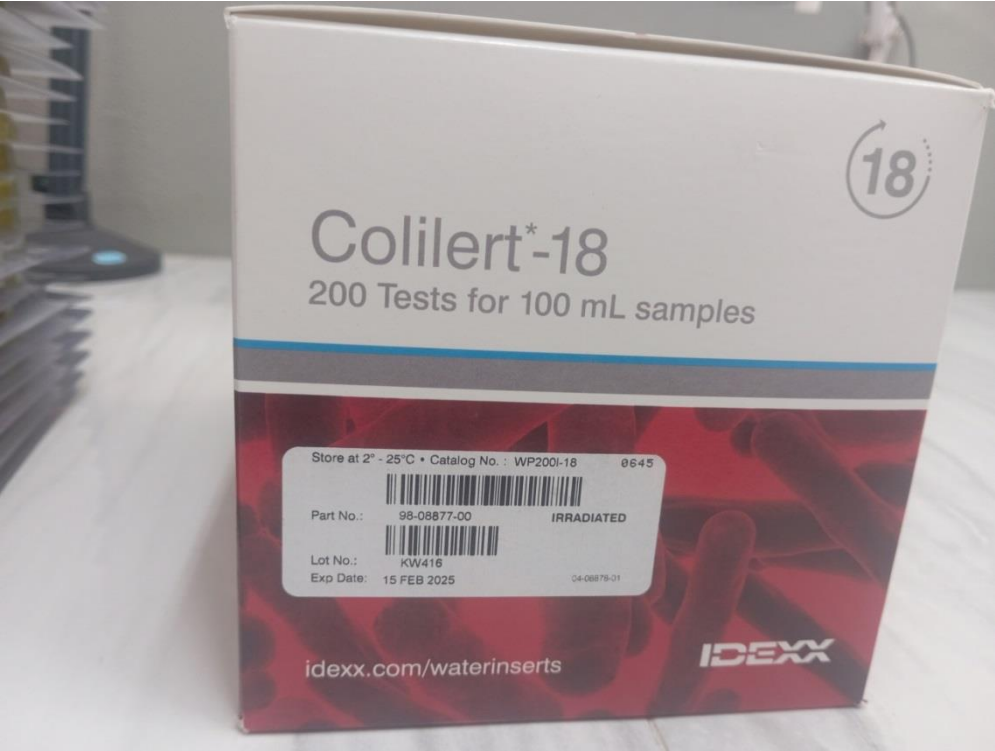


ILUSTRAÇÃO 12: COLLILERT-18, FORA DO PRAZO