

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA ÁREA URBANA DE TABARRE (HAITI)

Luckencia Jean

Universidade Federal de Uberlândia,
Instituto de Geografia, Geociências e Saúde Coletiva, Uberlândia, MG, Brasil
jeanluckencia08@gmail.com

Alan Silveira

Universidade Federal de Uberlândia,
Instituto de Geografia, Geociências e Saúde Coletiva, Uberlândia, MG, Brasil
alan.silveira@ufu.br

RESUMO

O município de Tabarre, localizado na região metropolitana de Porto Príncipe no Haiti, passa por um aumento demográfico acompanhado de urbanização desordenada em áreas da Planície Cul-de-Sac, sobretudo a partir do terremoto ocorrido em 2010. O artigo se propôs a analisar os impactos das atividades humanas na qualidade das águas subterrâneas de Tabarre, fazendo uso da metodologia Pressão – Estado – Impacto - Resposta (PEIR), que foi desenvolvida pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Além do uso de dados demográficos, imagens de satélite e trabalhos de campo, a análise contou com indicadores bacteriológicos presentes em amostragens de água subterrânea coletas em furos posicionados na Planície Cul-de-Sac. Observou-se que os valores de coliformes totais e os estreptococos fecais excedem os limites das normas da OMS e UE. Os furos T2 e F3 atingiram, respectivamente, valores de 15 UFC/100 mL, 2 UFC/100 mL para coliformes totais, enquanto no furo T2 foi identificado o valor de 4 UFC/100 mL para estreptococos fecais. Esses resultados indicam principalmente que a má gestão de resíduos domésticos impacta negativamente os recursos hídricos, por isso, é essencial que as autoridades adotem medidas para preservar a qualidade da água e reduzir a degradação ambiental.

Palavras-chave: Matriz PEIR. Qualidade da água. Água subterrânea. Planície Cul-de-Sac (PCS).

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN THE URBAN AREA OF TABARRE (HAITI)

ABSTRACT

The municipality of Tabarre, located in the metropolitan area of Port-au-Prince in Haiti, is experiencing a population increase accompanied by disorderly urbanization in areas of the Cul-de-Sac Plain, especially since the earthquake that occurred in 2010. The article aimed to analyze the impacts of human activities on the quality of groundwater in Tabarre, using the Pressure – State – Impact – Response (PSIR) methodology, which was developed by the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). In addition to the use of demographic data, satellite images and field work, the analysis relied on bacteriological indicators present in groundwater samples collected in boreholes positioned in the Cul-de-Sac Plain. It has been observed that the values of total coliforms and fecal streptococci exceed the limits of the WHO and EU standards. The T2 and F3 holes reached, respectively, values of 15 CFU/100 mL, 2 CFU/100 mL for total coliforms, while in the T2 hole, the value of 4 CFU/100 mL for fecal streptococci was identified. These results mainly indicate that poor management of household waste negatively impacts water resources, therefore. It is essential that the authorities adopt measures to preserve water quality and reduce environmental degradation.

Keywords: PSIR matrix. Water quality. Groundwater. Cul-de-Sac Plain (PCS).

INTRODUÇÃO

A segunda metade do século XX foi um período marcado pelo desenvolvimento de uma consciência global sobre a importância da proteção ambiental (Gilli, 2015). Passamos por um processo de reconhecimento de que atividades humanas nem sempre têm efeitos benéficos sobre o meio ambiente, o que resulta na necessidade de eliminar ou pelo menos limitar os impactos nocivos de suas ações (Cavallera et al., 2012). A preservação do meio ambiente é evidenciada nos esforços adotados pela Organização das Nações Unidas (ONU), que estabeleceu 17 objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) como parte da Agenda 2030 (Loiola, 2023).

Destacam-se os objetivos de número 6 e 11 que tratam, respectivamente, da água potável e saneamento, com a finalidade de garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento; e de cidades e comunidades sustentáveis, de modo a torná-las mais resilientes e sustentáveis (ONU, 2024). As intensas ações humanas, como ilustra o processo de urbanização, propiciam que os recursos hídricos e a água doce em particular enfrentem pressões que ameaçam a sua qualidade e a sustentabilidade. Com isso, desde a década de 1990, em virtude da consciência global em proteger e preservar esse bem precioso à vida adotou-se a Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), como método de gerenciamento para a sustentabilidade dos recursos hídricos (Taylor; Gabrielli, 2005).

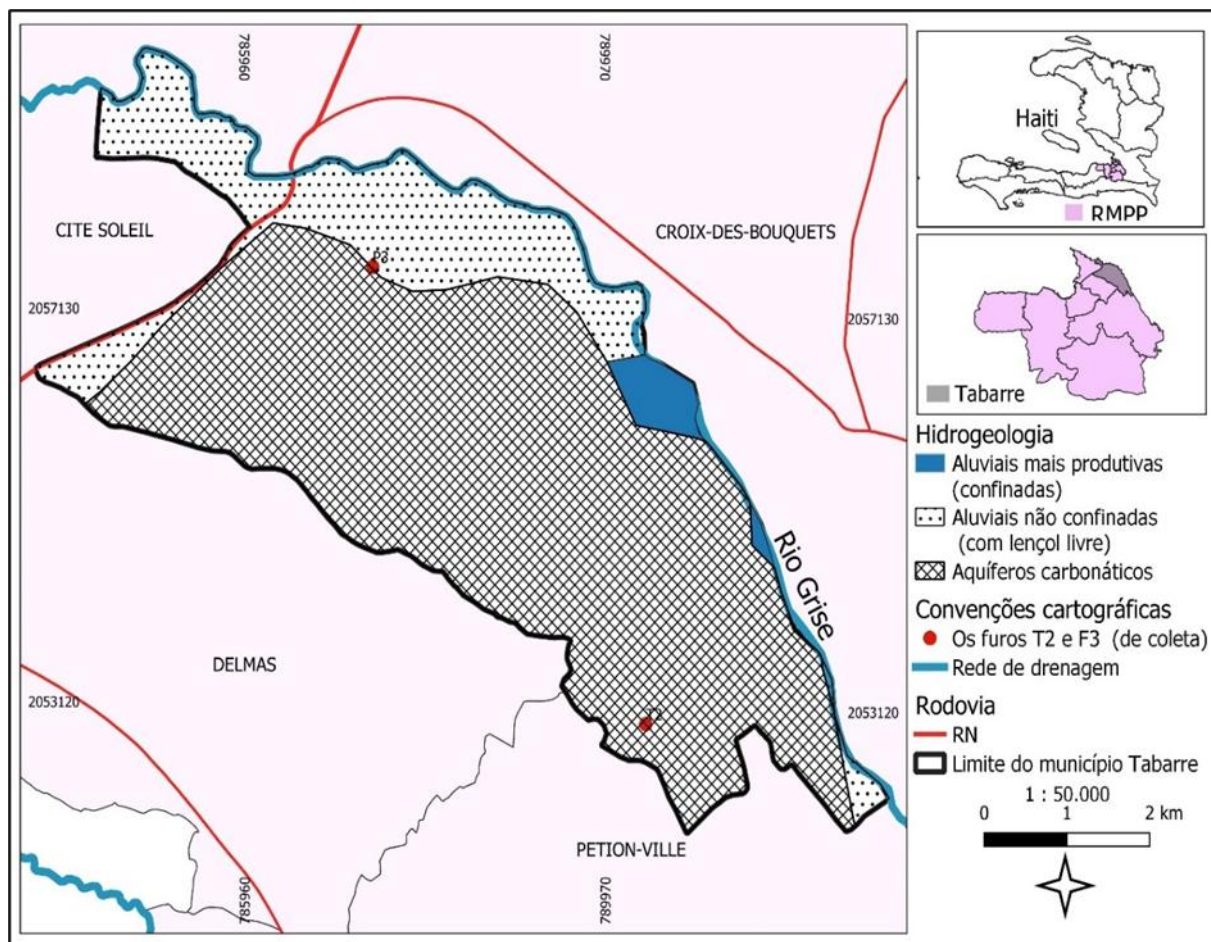
De acordo com **Emmanuel e Lindskog (2002)**, o Haiti, país caribenho das Grandes Antilhas que enfrenta problemas relacionados à gestão da água, aderiu ao método GIRH como norteador da gestão hídrica também a partir dos anos de 1990. Enquanto isso, a demanda por água só veio aumentando devido à ampliação das atividades socioeconômicas consumidoras e ao crescimento populacional (**Emmanuel; Lindskog, 2002**). O aquífero aluvial da planície do Cul-de-Sac (PCS) é responsável por abastecer a região metropolitana de Porto Príncipe, representando uma das unidades estruturais mais ricas e complexas em termos geológicos e hidrogeológicos, sendo extremamente diversificada em seu uso da terra (Waite et al., 1999). Essa planície atende às necessidades de uma população de aproximadamente 3 milhões de habitantes, bem como abastece os setores agrícola, industrial e comercial (Adamson et al., 2022).

Localizado na referida região metropolitana, o município de Tabarre se configura como a área de pesquisa deste trabalho, dependendo das águas da PCS para o seu abastecimento público. A Figura 1 posiciona o município na região metropolitana de Porto Príncipe, assim como apresenta as características hidrogeológicas da PCS, tendo em vista a relevância desse recurso natural para a população. A PCS é caracterizada pela presença das zonas aluviais mais produtivas (confinadas), aluviais não confinadas (com lençol livre) e aquífero carbonático (Butterlin, 1960). Essa configuração hidrogeológica torna a área vulnerável à lixiviação de contaminantes, pois a porosidade e a permeabilidade das formações geológicas facilitam a migração de contaminantes, exigindo uma gestão ambiental cuidadosa para preservar a qualidade dos recursos hídricos. É nesta área que se observou um crescimento demográfico e urbano acelerado, principalmente a partir do terremoto ocorrido em 12 de janeiro de 2010, que impactou de forma significativa a região (Adamson et al., 2022).

Segundo Adamson et al. (2022) a região metropolitana de Porto Príncipe não possui um sistema adequado de abastecimento de água, eletricidade ou coleta de resíduos sólidos, sendo a água de subsuperfície da PCS a principal fonte de água potável para os seus habitantes. Ao mesmo tempo as atividades humanas alteram a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos levando a mudanças no estado do ambiente, sobretudo por aumentarem o nível de poluentes, degradando a qualidade da água, o que lhe torna imprópria para consumo (Bouleknafet; Derradji, 2017).

Diante deste contexto é que surge a proposta da pesquisa, que consiste em avaliar o quadro ambiental de Tabarre, em especial àquele vinculado aos recursos hídricos. O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é uma ferramenta quantitativa e qualitativa que visa avaliar os efeitos da ação antrópica sobre os ambientes naturais, socioeconômicos e culturais, bem como propor medidas mitigadoras, representando um avanço no processo de gestão ambiental (Ariza; Araujo, 2010). Um dos meios para se realizar o EIA refere-se à metodologia Pressão - Estado - Impacto - Resposta (PEIR), que se consolidou como uma proposta de avaliação de impactos ambientais (AIA) (Kristensen, 2004). De acordo com a FAO (2010), o PEIR fornece um mecanismo geral para a análise dos problemas ambientais, pois não negligencia a ideia de que o ambiente existe como um sistema de múltiplas interações, destacando as diferentes dimensões do ambiente.

Figura 1 - Município de Tabarre no Haiti. Localização e Hidrogeologia da área de estudo



Fonte: Spatial Data DIVA-GIS, 2020. Elaboração: Os autores, 2023.

O método PEIR já foi aplicado em vários estudos, particularmente naqueles relacionados aos efeitos negativos que as atividades antrópicas promovem sobre o meio ambiente (Ariza; Araujo Neto; 2010). Como exemplo, Lima, Costa e Ribeiro (2017) utilizaram esta metodologia em Ponta de Pedras na Amazônia brasileira para analisar as repercussões da urbanização na saúde dos habitantes e no acesso às infraestruturas essenciais, especialmente no abastecimento de água. Este trabalho permitiu representar as forças motrizes derivadas do crescimento da zona urbana, destacando a falta de infraestruturas essenciais, como o acesso a água potável de qualidade e um sistema adequado de tratamento e gestão de águas residuais (Lima; Costa; Ribeiro, 2017). O trabalho de Kristensen (2004) também fez uso dessa ferramenta de análise para avaliar as problemáticas relacionadas à gestão da água em Nairóbi, capital do Quênia. Segundo o autor, a metodologia permitiu uma avaliação da vulnerabilidade dos recursos hídricos através do exame das forças motrizes e das pressões exercidas sobre o meio ambiente, do estado do meio ambiente resultante e suas consequências, das respostas fornecidas, bem como das conexões entre cada um desses elementos (Kristensen, 2004).

Já o trabalho de Ariza e Araujo Neto (2010) deu ênfase às contribuições da geografia para a avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas com a aplicação do PEIR, destacando os problemas de degradação ambiental em países da América Latina e Caribe. Sua pesquisa destaca a urbanização como uma pressão significativa sobre o meio ambiente, examinando seus efeitos no uso da terra, na poluição do ar e da água, na fragmentação dos habitats, oferecendo assim perspectivas para políticas ambientais sustentáveis. Enfim, o trabalho de Dutra et al. (2018) aplicou essa metodologia para avaliar os indicadores de saneamento e coleta de resíduos sólidos do canal de Tamandaré na cidade brasileira de Belém no estado do Pará. Essa avaliação visou compreender os impactos ambientais relacionados ao crescimento demográfico e às práticas de gestão dos resíduos nesta região (Dutra et al., 2018).

O conjunto dessas pesquisas demonstra a importância da metodologia PEIR na análise dos impactos

ambientais, especialmente em áreas urbanas. Por isso, essa metodologia foi adotada neste estudo para analisar as repercussões das atividades humanas sobre a qualidade das águas subterrâneas em Tabarre, considerando suas aplicações em áreas urbanas e com enfoque nos recursos hídricos.

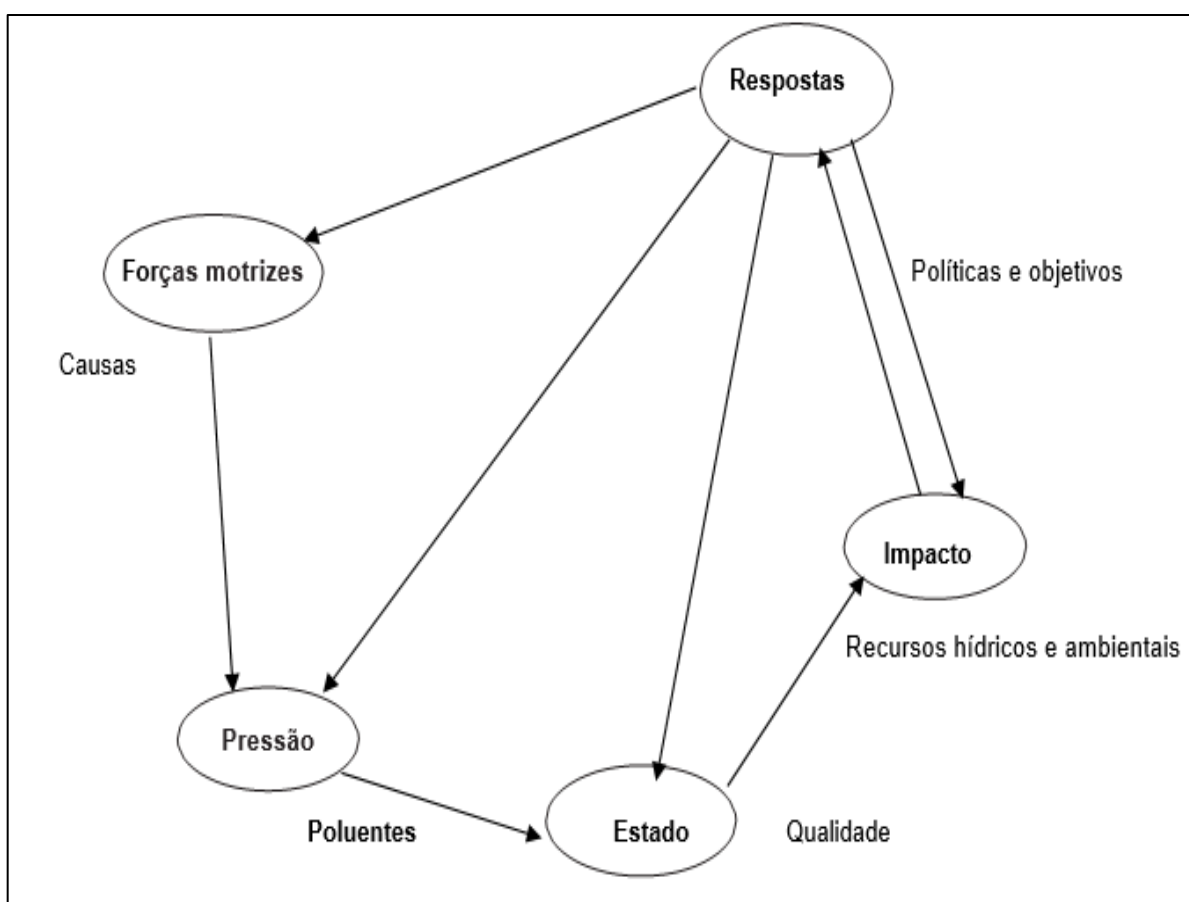
Assim, o seu uso pode contribuir com o planejamento e gestão do meio ambiente, em particular dos recursos hídricos, tendo em vista que essas áreas devem ser vistas com atenção pelos planejadores e usuários da terra. Neste contexto, o objetivo deste trabalho consistiu em avaliar os impactos ambientais de áreas urbanas do município de Tabarre utilizando o método PEIR, com enfoque aos recursos hídricos, em especial, o de subsuperfície.

METODOLOGIA

A metodologia PEIR, criada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico foi adaptada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 1987, como uma ferramenta teórica de análise ambiental (OCDE, 2008). Essa organização reúne mais de trinta países desenvolvidos e industrializados que tiveram papel pioneiro em 1979 ao organizar uma proposta de avaliação do estado do meio ambiente, baseada em indicadores ambientais (Lima; Costa; Ribeiro, 2017).

O PEIR fornece um mecanismo geral para a análise de problemas ambientais (Kristensen, 2004). Segundo o autor, com base na FAO (2010), o PEIR apresenta estágios de relações causais que se iniciam com forças motrizes (setores econômicos, atividades humanas), passam por pressões (emissões, falta de abastecimento de água) e estados (físicos, químicos e biológicos), resultando em impactos nos ecossistemas, na saúde e nas funções humanas, bem como em respostas políticas (sociedade, estabelecimento de metas), conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Quadro conceitual da metodologia PEIR



Fonte: Kristensen, 2004. Elaboração: Os autores, 2023.

Segundo Ariza e Araujo Neto (2010) a metodologia se destaca por sua capacidade de se adaptar a diversas situações, o que a torna uma ferramenta valiosa para a gestão pública, especialmente ao reunir os diferentes componentes do sistema ambiental. O Quadro abaixo demonstra as variáveis da metodologia (OCDE, 2008) seguida da descrição dos critérios (Kristensen, 2004) e das perguntas (UNEP; Consorcio Parceria 21, 2009 *apud* Ariza; Araujo, 2010) para a avaliação PEIR. Em sua última coluna, apresenta os critérios e adaptações de sua aplicação para Tabarre (Quadro 1).

Quadro 1 - Critérios da Metodologia PEIR, critérios e aplicações/adaptações para Tabarre

Metodologia PEIR	Critérios e perguntas da metodologia PEIR	Critérios e adaptações de aplicação para Tabarre
Potência motriz	São as necessidades da população, caracterizadas como básicas e secundárias. Por que isto está acontecendo?	- Imagens de satélite Google Earth Pro que demonstram o processo de urbanização de Tabarre. Cenários 1990, 2000, 2010 e 2024. - Dados da população urbana estimada pelo Departamento de Estatística Demográfica e Social (DSDS), Instituto Haitiano de Estatística e Informática (IHSI), antes e depois do desastre (terremoto) de 2010. Cálculo do percentual de crescimento e do desvio padrão (Gerardi; Silva, 1981). Cenários de 2009, 2015 e 2021.
Pressão	Pressões exercidas pelas atividades humanas sobre o meio ambiente incluindo a quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis e utilizados, que podem causar problemas ambientais. Por que isto está acontecendo?	- Trabalhos de campo com registro de fotografias que ilustram os resíduos domésticos e industriais, bem como impactos aos recursos hídricos no pós-desastre de 2010 (Imagens de 2020).
Estado	Mostram o estado atual do meio ambiente e as consequências para a qualidade da água. O que está acontecendo com o meio ambiente?	- Trabalho de campo e análises bacteriológicas da água.
Impacto	Fatores socioambientais e microbiológicos que afetam a qualidade da água. Qual é o impacto?	- Análise de parâmetros bacteriológicos realizada para a amostragem de água retirada dos furos (T2 e F3): coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF), estreptococos fecais (EF) e escherichia coli (EC). Dados do Laboratório do Centro Técnico de Exploração da Região Metropolitana de Porto Príncipe (CTE-RMP) da Direção Nacional de Água Potável e Saneamento (DINEPA, 2018).
Resposta	São ações coletivas ou individuais que resultaram em diferentes medidas e políticas nesse cenário. O que estamos fazendo?	- A difusão deste trabalho pode colaborar como um diagnóstico para as autoridades públicas, em especial vinculadas aos recursos hídricos. Além disso, poderá contribuir como a sensibilização da população para as consequências dos resíduos no recurso hídrico e promover comportamentos responsáveis, como a coleta dos resíduos domésticos e a redução da quantidade de poluentes que acabam nos cursos d'água e nos lençóis freáticos.

Fonte: Kristensen, 2004; Ariza; Araujo, 2010. Elaboração: Os autores, 2023.

Para a análise dos impactos foram utilizados dados bacteriológicos de amostragens de água de dois furos da Direção Nacional de Água Potável e Saneamento (DINEPA, 2018), nomeados por T2 e F3 respectivamente, localizados nas zonas aluviais não confinadas (com lençol livre) e aquífero carbonático (Figura 1). Os resultados dos parâmetros de coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF), estreptococos fecais (EF) e *Escherichia coli* (EC) foram avaliados segundo os padrões de qualidade estabelecidos pela OMS (2017) e UE (1998). A DINEPA tem a função de implementar a política do Haiti no setor de Água Potável e Saneamento, com ênfase no desenvolvimento de infraestruturas, na regulação e no controle dos atores, bem como nas normas e regulamentos para a qualidade da água potável (Rochat; Blanc; Chrispin, 2018).

Os coliformes totais são um grupo de bactérias gram-negativas, aeróbias ou anaeróbias facultativas, não formadoras de esporos e oxidase-negativas, que crescem na presença de sais biliares, fermentam a lactose produzindo ácidos, aldeídos e gás a 35°C em 24-48 horas (Alessio; Pinto; Moura, 2009). Sua presença na água ou alimentos indica contaminação por matéria orgânica (Lebbihi; Derki, 2018). Os coliformes fecais são bactérias capazes de desenvolver e fermentar a lactose com produção de gás a 44°C em 24 horas, eles estão presentes nos intestinos de animais de sangue quente, incluindo humanos (Henriques, 2014). Sua presença na água ou alimentos é um indicador de contaminação fecal, sugerindo a possibilidade de presença de agentes patogênicos potencialmente perigosos (Ayad; Kahoul, 2018). A *Escherichia coli* é uma bactéria comum no intestino de mamíferos, incluindo humanos (WHO, 2011). A maioria das cepas é benéfica para a digestão, mas algumas podem causar infecções alimentares graves (Pinto; De Oliveira, 2011). É frequentemente usada para detectar a contaminação fecal na água e alimentos, indicando um risco para a saúde humana (Gurgel; Silva; Silva, 2020).

Por fim, os estreptococos fecais são bactérias do gênero *Streptococcus* frequentemente associadas às fezes de animais de sangue quente, incluindo humanos (Bouleknafet; Derradji, 2017). Eles podem ser usados como indicadores de contaminação fecal no ambiente, especialmente na água (Pinto; De Oliveira, 2011). A presença de estreptococos fecais na água pode indicar poluição por resíduos fecais e potencialmente representar riscos para a saúde humana (WHO, 2011). A contaminação detectada por esses parâmetros bacteriológicos provém de fontes como esgoto não tratado, resíduos domésticos e práticas inadequadas de higiene, representando riscos de poluição para os aquíferos e também para a saúde pública (Bruno et al, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

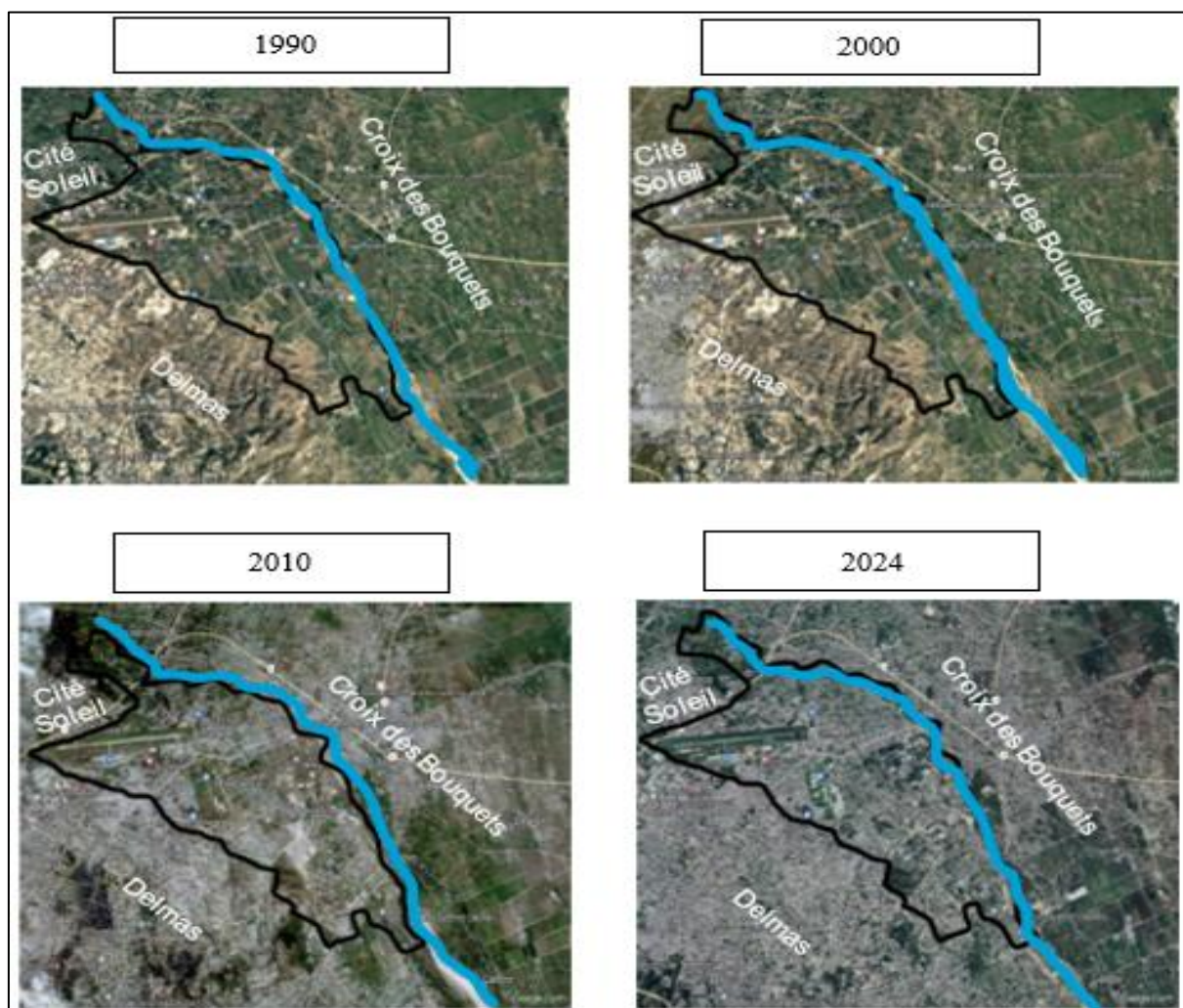
Os resultados da aplicação do PEIR em Tabarre estão organizados conforme a sua sequência de critérios, expostas na Figura 2 e no Quatro 1.

Potência motriz

Segundo Kristensen (2004), exemplos de forças motrizes primárias para um indivíduo seriam a necessidade de abrigo, comida e água, enquanto as secundárias são exemplificadas pela necessidade de mobilidade e cultura. O município de Tabarre é alvo de um intenso processo de expansão urbana e de instalação de indústrias dos setores de bebidas e alimentícias. Este desenvolvimento não é acompanhado de um sistema básico de tratamento de esgoto, eletricidade e coleta de resíduos. As imagens da Figura 3 ilustram a ampliação das áreas urbanas no município de Tabarre, considerando os cenários dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2024. Essa expansão se estende de sudeste para nordeste, ultrapassando a margem esquerda do rio Grise, já invadindo o município de Croix des Bouquets. Essa área de expansão urbana vem ocupando as zonas aluviais mais produtivas (confinadas), aluviais não confinadas (com lençol freático livre) e aquífero carbonático (Butterlin, 1960), que estão ilustradas na Figura 1.

A Tabela 1 demonstra a evolução da população de Tabarre, da região metropolitana de Porto Príncipe e do Haiti nos anos de 2009, 2015 e 2021, o que denota um crescimento significativo. A população de Tabarre em 12 anos passou de 118.477 (2009) para 141.063 habitantes, o que representa um aumento aproximado de 19,04% em sua população. Já a da região metropolitana de Porto Príncipe partiu de 2.296.386 para 2.835.183 habitantes, enquanto a do Haiti saiu de 9.923.243 para 11.905.897 habitantes. Respectivamente, demonstraram crescimento de 23,46 e 19,9%. O desvio padrão para o conjunto de dados dos anos amostrados foi de 9.223 para Tabarre, 221.383 para Região Metropolitana de Porto Príncipe e 809.416 para o Haiti. Esses dados do Instituto Haitiano de Estatística e Informática (IHSI) também foram projetados em gráfico na Figura 4.

Figura 3 - Expansão da área urbanizada do município de Tabarre



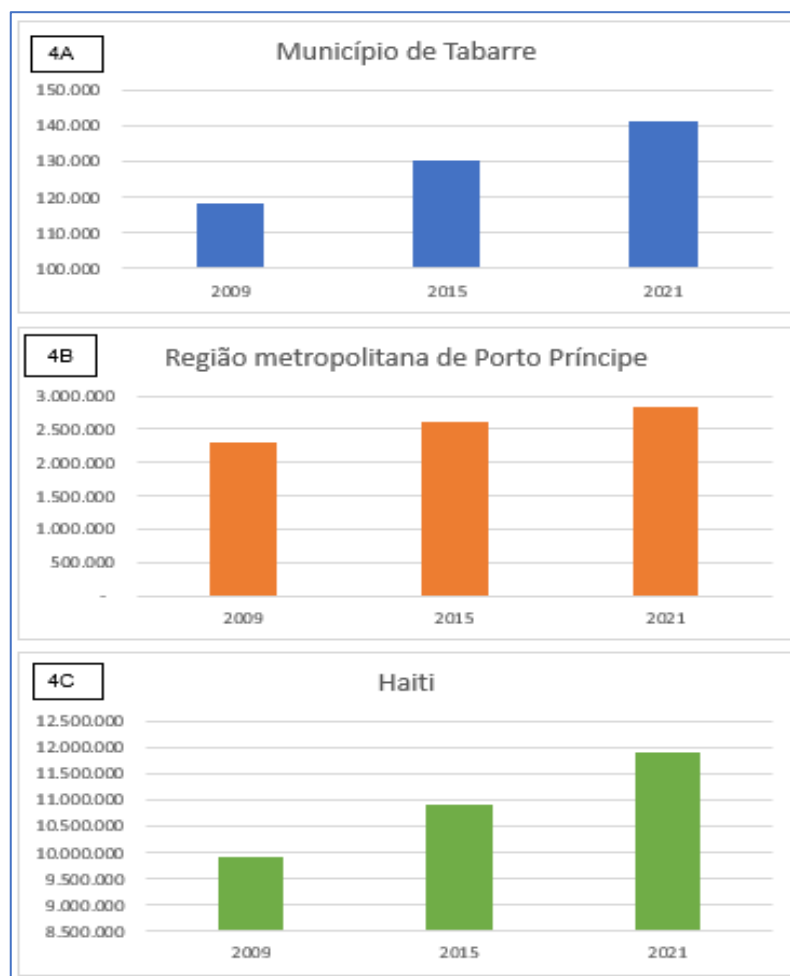
Fonte: Google Earth Pro, 2024.

Tabela 1 - Evolução da população do município de Tabarre, região metropolitana de Porto Príncipe e Haiti em diferentes cenários

População	Cenários		
	2009	2015	2021
Município de Tabarre	118.477	130.283	141.063
Região metropolitana de Porto Príncipe	2.296.386	2.618.894	2.835.183
Haiti	9.923.243	10.911.819	11.905.897

Fonte: Instituto Haitiano de Estatística e Informática (IHSI), 2009, 2015 e 2021. Elaboração: Os autores, 2023.

Figura 4 - Gráficos de evolução da população de Tabarre, região metropolitana de Porto Príncipe e Haiti (2009 a 2021)



Fonte: Instituto Haitiano de Estatística e Informática (IHSI), 2009, 2015 e 2021. Elaboração: Os autores, 2025.

Pressão

No município de Tabarre, os indicadores de pressão advêm do crescimento urbano desordenado e que gera vários tipos de resíduos, o que pode levar à desestabilização ambiental e à poluição da água. Esses fatores têm o potencial de causar problemas na qualidade da água e na saúde da população. No caso de um sistema de saneamento, com defeitos ou inadequado, substâncias indesejáveis presentes nessas águas residuais podem ser transferidas para o lençol freático, sejam de origem coletiva ou individual (Ayad; Kahoul, 2018). Isso também ocorre quando se trata de furos mal cuidados ou abandonados (Nedjoud; Saida, 2018). A presença descontrolada de resíduos gera o comprometimento da qualidade da água, o que pode causar patologias a população. Nesse contexto, é necessário levar em conta o risco à saúde comumente associado aos resíduos (Ngo; Régent, 2008), como vetores de patologias e contaminação dos recursos hídricos.

Os lixos domésticos são produzidos pelas atividades diárias das residências. Eles resultam das várias tarefas da vida, incluindo o preparo de refeições, limpeza, compras e gerenciamento de bens e produtos de consumo (Bouleknafet; Derradji, 2017). Esses resíduos são variados e podem ser classificados em diferentes categorias, dependendo de sua natureza (Ayad; Kahoul, 2018). O lixo doméstico acumulado em lixões que não atendem normas técnicas libera elementos poluentes que contaminam a água por lixiviação (Nedjoud; Saida, 2018).

Trabalhos de campo realizados na área urbana de Tabarre contribuíram para avaliar o nível de insalubridade das ruas causada por resíduos domésticos deixados a céu aberto. Ao observar a Figura 5, que mostra os resíduos sólidos deixados em vias públicas, constata-se que na ocorrência das

precipitações pluviais, as águas que são infiltradas no solo podem conduzir poluentes em direção ao lençol freático.

Figura 5 - Lixos domésticos na área urbana de Tabarre



Fonte: Os autores, 2023.

O esgoto residencial das casas, frequentemente armazenado em fossas sépticas em áreas sem acesso a redes de coleta de esgoto, é uma fonte significativa de contaminação ambiental (Junior et al., 2013). A ausência ou a rede limitada de coleta de esgoto resulta na liberação direta de resíduos domésticos no solo e em cursos d'água, aumentando a presença de coliformes fecais e outros patógenos perigosos (Who, 2011). Isso não só contamina a água potável, mas também representa um sério risco à saúde pública, contribuindo para a propagação de doenças transmitidas pela água, como a diarreia e a hepatite (Ayad; Kahoul, 2018). A gestão inadequada dos resíduos domésticos e a falta de infraestrutura de saneamento básico em muitas áreas comprometem a qualidade do meio ambiente e da água, evidenciando a necessidade urgente de investimentos em sistemas de coleta e tratamento de esgoto (Lebbihi; Derki, 2018).

A fonte de resíduos industriais é diversificada e inclui efluentes líquidos, áreas de armazenamentos ou vazamentos em tubulações. Embora parte dos efluentes líquidos esteja sujeito a tratamentos específicos, os vazamentos ainda são difíceis de detectar e controlar (Ayad; Kahoul 2018). Ainda são observadas na área de estudo atividades da indústria alimentícia, matadouro, curtume e cervejaria. As descargas dessas atividades por vezes são diretamente dirigidas aos canais fluviais, sem ter tratamento e direção adequada à rede de esgoto.

A imagem da Figura 6A revela a presença de um líquido vermelho, despejado por industrial alimentícia local, manchando o leito do rio Grise, conforme denunciou o jornal Haiti Libre (2020). Enquanto isso, a imagem 6B expõe efluente de indústria cervejeira despejando resíduos sem qualquer tratamento prévio, contaminando diretamente o meio ambiente. Essas imagens destacam a preocupante realidade da poluição industrial e a necessidade urgente de medidas para proteção dos recursos hídricos.

Figura 6 - Despejo industrial no rio Grise



Fonte: Marco, 2020; Os Autores, 2020. Elaboração: Os autores, 2023.

Os resíduos pós-catástrofe do terremoto de 2010 são constituídos em grande parte por resíduos inertes (de construção) (Popescu; Durand; D'ercole, 2014). No entanto, isso não reduz os seus riscos, pois podem assumir outra magnitude quando obstruem cursos d'água e tubulações e, assim, causam uma mudança maciça nos fluxos de água. As inundações e os deslizamentos de terras são os primeiros riscos relacionados com os resíduos adquiridos durante as catástrofes (Popescu; Durand; D'ercole, 2014). A imagem da Figura 7 mostra que canais fluviais de Tabarre estão obstruídos por detritos provenientes principalmente de fontes domésticas e materiais de construção, o que pode ter um impacto negativo nos recursos hídricos e no meio ambiente.

Figura 7 - Entupimento dos canais fluviais de Tabarre por resíduos



Fonte: Popescu, 2011.

Estado

Os indicadores de estado descrevem as implicações qualitativas e quantitativas do meio ambiente, destacando os principais problemas observados para o meio ambiente e a população (Ariza; Araujo

Neto, 2010). Nesta pesquisa, o estado significa a condição e as consequências em relação ao meio ambiente, em especial na qualidade da água. Observa-se a intersecção entre pressão e o estado na cidade de Tabarre, uma vez que as pressões apresentadas no item anterior associadas, sobretudo, aos resíduos (doméstico, industrial e de construção), interferem na qualidade do ambiente e, portanto, levam a consequências na saúde da população.

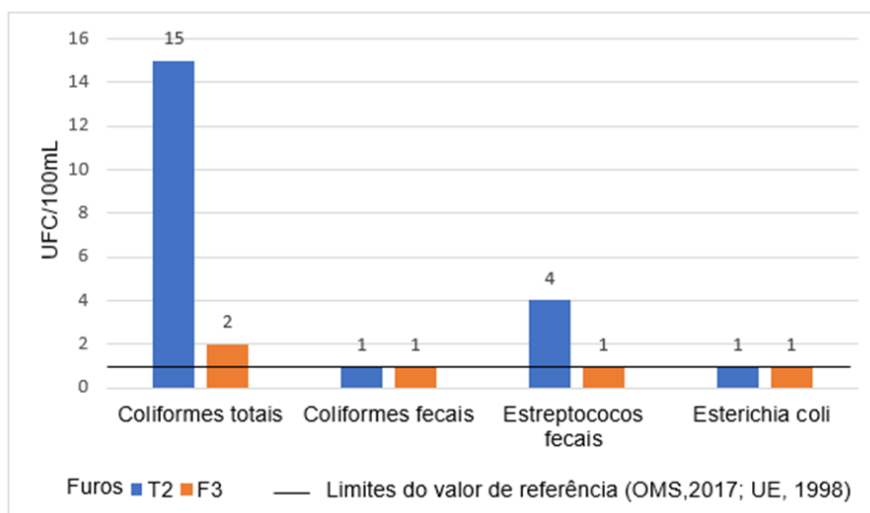
Quando analisadas essas pressões vemos a grave falta de infraestrutura e saneamento básico. O fato de o esgoto ser frequentemente despejado nos rios é uma realidade que, segundo análises bacteriológicas da água, reafirma a necessidade de se investir em políticas de saneamento e abastecimento de água. Nesse sentido, o estado do meio ambiente é caracterizado pela má conservação dos recursos hídricos.

Alguns dos microrganismos são patogênicos e, se a água for destinada ao uso doméstico, pode causar doenças de veiculação hídrica. Esses patógenos se infiltram principalmente no subsolo a partir de fossas e lixões (depósitos de resíduos, que contaminam as águas subterrâneas). Por essas razões é necessário avaliar a presença de germes na água, que são oriundos de material fecal de humanos e animais de sangue quente, que são mais facilmente mantidos no meio externo, como: coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais e escherichia coli (Ayad; Kahoul, 2018). Todos esses parâmetros devem ser usados e tratados de acordo com os padrões da OMS e da UE (Nedjoud; Saida, 2018).

Impacto

Os impactos referem-se aos efeitos observados sobre o meio ambiente, abrangendo áreas como o meio ambiente natural, as estruturas urbanas, a economia local, a qualidade da água e a saúde humana (Kristensen, 2004). As atividades antrópicas têm impacto na qualidade dos recursos e na saúde humana. O uso de indicadores de impacto como os parâmetros bacteriológicos podem ajudar no diagnóstico das condições das águas e nas formulações de políticas públicas de gestão dos recursos hídricos e intervenções adequadas em caso de contaminação. Os resultados das contagens de coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais e escherichia coli para os poços T2 e F3 estão representados na Figura 8, a fim de representar as variações dos poluentes.

Figura 8 - Variação de parâmetros bacteriológicos de furos em Tabarre



Fonte: Laboratório do Centro Técnico de Exploração da Região Metropolitana de Porto Príncipe (CTE-RMP) da DINEPA, 2018.

De acordo com os padrões estabelecidos pela OMS (2017) e UE (1998), o valor de referência é fixado em < 1 UFC/100 ml para todos os parâmetros bacteriológicos avaliados. De acordo com os resultados da análise bacteriológica da água, os níveis de escherichia coli e coliformes fecais estão dentro do padrão. Entretanto, os níveis de coliformes totais e estreptococos fecais não são compatíveis devido aos níveis detectados nas amostras. A amostra do furo T2 atingiu 15 UFC/100 mL, enquanto a do furo

F3 obteve 2 UFC/100 mL para os coliformes totais. Na amostragem do furo T2 também se obteve o valor de 4 UFC/100 mL para os estreptococos fecais. Essa não conformidade da qualidade da água é resultado da falta de saneamento básico e da não coleta de resíduos domésticos, levando à contaminação da água destinada ao abastecimento. Segundo a OMS (2017), a presença de coliformes totais e *Escherichia fecalis* causam doenças como a diarreia, febre tifoide, cólera, hepatite A, infecções por parasitas intestinais, entre outras. Essas doenças podem ser transmitidas pela ingestão de água contaminada por excrementos humanos ou animais, oriundos de fossas sépticas, o que evidencia ausência de uma rede coletora de esgoto (Ayad; Kahoul, 2018). A presença dessas altas concentrações de germes patogênicos, que são indicadores de poluição bacteriológica e contaminação por efluentes, mostra claramente que as atividades humanas têm impacto na qualidade da água. Essas análises permitem obter informações sobre a vulnerabilidade da água à poluição de superfície.

Respostas

As respostas são ações coletivas ou individuais que mitigam ou evitam impactos negativos, corrigem os danos causados, conservam os recursos hídricos ou contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população local (Dutra et al., 2018). Os indicadores de resposta possibilitam avaliar os instrumentos de intervenção dos diferentes setores atuantes na cidade (Ariza; Araujo Neto, 2010). De acordo com os critérios anteriormente avaliados (potência motriz, pressão, estado e impacto) para Tabarre, compreende-se que, sobretudo o estado deveria dar respostas associadas à Implementação de políticas públicas visando melhorar as infraestruturas de coleta e tratamento de resíduos domésticos e industriais; à modernizar e ampliar as infraestruturas de gestão da água, incluindo os sistemas de distribuição de água potável e as instalações de tratamento de águas residuais, a fim de garantir um abastecimento contínuo de água limpa, e; à conscientizar a população sobre o impacto dos resíduos na água e no meio ambiente, assim como sobre a importância da gestão dos resíduos e da proteção dos recursos hídricos e do meio ambiente contra a poluição, a partir de programas de educação ambiental.

A avaliação mostra que as políticas públicas devem se dirigir ao cumprimento das normas sanitárias, assegurar a qualidade dos recursos hídricos e reduzir a degradação do meio ambiente no município de Tabarre, de forma a assegurar a qualidade e bom uso das águas para a comunidade.

Síntese da aplicação do PEIR para Tabarre

Por fim, a partir dos resultados adquiridos com a aplicação do PEIR para Tabarre, os mesmos podem ser sintetizados no Quadro 2 abaixo:

Quadro 2 - Síntese da aplicação do PEIR em Tabarre

Variáveis PEIR	Características de Tabarre
Potência motriz	A expansão urbana a partir de 1990 se deu para o setor nordeste do sítio urbano, ocupando também as margens do rio Grise e se estendendo para o município de Croix des Bouquets. Com um aumento aproximado de 19,04% da população.
Pressão	Os resíduos domésticos, industriais e pós-catástrofe (construção) foram identificados no município e evidenciam as ações prejudiciais da população e ao meio ambiente. Esses resíduos alteram a qualidade dos recursos hídricos e degradam o meio ambiente.
Estado	A falta de infraestrutura e saneamento básico reflete na contaminação das águas. O despejo frequente de águas residuais no ambiente destaca a necessidade de investir em políticas de saneamento e abastecimento de água.
Impacto	Os parâmetros bacteriológicos demonstraram a presença de coliformes totais, que atingiram 15 UFC/100 mL em T2 e 2 UFC/100 mL em F3, enquanto os estreptococos fecais atingiram 4 UFC/100 mL em T2. Os níveis elevados dessas bactérias indicam uma contaminação grave dos recursos hídricos, colocando em perigo a saúde pública e o meio ambiente.

Variáveis PEIR	Características de Tabarre
Resposta	Esta avaliação colaborará com as autoridades para a adoção de medidas de gestão de resíduos e água, incluindo a coleta seletiva e a reciclagem, o investimento no tratamento de águas residuais, bem como a sensibilização dos habitantes para os impactos ambientais, a fim de restaurar e preservar a qualidade dos recursos hídricos em Tabarre.

Fontes: Instituto Haitiano de Estatística e Informática (IHSI), 2009, 2015 e 2021; Laboratório do Centro Técnico de Exploração da Região Metropolitana de Porto Príncipe (CTE-RMP) da DINEPA, 2018. Elaboração: Os autores, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos impactos das atividades humanas na qualidade da água permitiu realizar uma avaliação utilizando a metodologia Pressão – Estado – Impacto - Resposta (PEIR). No município de Tabarre, as forças motrizes são representadas pelo crescimento demográfico na área urbana, exercendo pressão sobre o meio ambiente em geral e, mais especificamente, sobre os recursos hídricos. Os resultados das análises indicam que a água na área de estudo está contaminada, devido aos elevados níveis de coliformes totais e escherichia coli, que não estão em conformidade com os padrões da OMS (2017) e da UE (1998). Essa falta de conformidade resulta da ausência de sistemas de coleta de resíduos domésticos e de tratamento adequado de águas residuais. Nesse sentido, intervenções do poder público nas condições de vida da população exposta são necessárias para limitar a extensão desses problemas. É relevante a implementação de políticas voltadas para infraestruturas adequadas capazes de mitigar as pressões sobre os recursos hídricos e a promoção de práticas sustentáveis de gestão de resíduos domésticos e tratamento do esgoto. A finalidade é que se preserve a qualidade da água e da saúde pública, reduzindo o impacto ambiental e prevenindo a poluição. Portanto, a gestão pública deve incentivar ativamente os cidadãos a adotar comportamentos responsáveis visando uma boa gestão de resíduos, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os nossos agradecimentos são dedicados à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior no Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001 e à Fundação Conhecimento e Liberdade no Haiti (FOKAL), pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ADAMSON, J. K.; JAVAN, M.; ROCHAT, P. Y.; MOLIERE, E.; PIASECKI, M.; MONFORTE, S. P.; LAVANCHYS, G.T.; VERA, R. M. Significance of river infiltration to the Port-au-Prince metropolitan region: a case study of two alluvial aquifers in Haiti. **Hydrogeology Journal**, New York, v. 30, n. 5, p. 1367-1386, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10040-022-02488-3>
- ALESSIO, C. E.; PINTO, F.G.S.; MOURA, A. C. Avaliação Microbiológica das Águas das Principais Fontes de Praças e Parques de Cascavel PR. **Journal of Health Sciences**, Serajevo, v. 11, n. 2, p.04-41, 2009. <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2009v11n2p%25p>
- ARIZA, C. G.; ARAUJO NETO, M. D. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia Pressão - Estado - Impacto - Resposta (P.E.I.R.). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 35, p. 128-139, 2010. <https://doi.org/10.14393/RCG113516104>.
- AYAD, W.; KAHOU, M. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (N.E - Algérie). **Thèse** (maitrise en microbiologie): Université Badji Mokhtar Annaba. 2018. Disponível em: <https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2017/07/These-Ayad-Wissem.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2024.
- BENSALAH, Y.; BENZITOUNE, R. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine. **Thèse** (maitrise en Ecologie et Environnement): Université des Frères Mentouri Constantine. 2021. Disponível em:

<https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2021/Evaluation%20de%20la%20qualit%C3%A9%20physico-chimique%20et%20bact%C3%A9riologique%20des%20eaux%20souterraines%20brutes%20dans%20la%20wilaya%20de%20Constantine.pdf>. Acesso em: 5 junho. 2024.

BOULEKNAFET, Z.; DERRADJI, E.F. Hydrogéologie et vulnérabilité à la pollution des ressources en eau dans la plaine du Kébir ouest. **Revue des Sciences et de la Technologie**, Algérie, v. 34, p. 85–94, 2017. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/srst/article/view/157251>. Acesso em: 10 mar. 2024.

BRUM, B. R.; OLIVEIRA, N. R.; REIS, H. C. O.; LIMA, Z. M.; MORAIS, E. B. Qualidade das águas de poços rasos em área com déficit de saneamento básico em Cuiabá, MT: avaliação microbiológica, físico-química e fatores de risco à saúde. **Holos**, Rio Grande do Norte, v. 2, n.32, p. 179-188, 2016. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.2714>

BUTTERLIN, J. **Géologie Générale et Régionale de la République d’Haïti**. Éditions de l’IHEAL, 1960. <https://doi.org/10.4000/books.iheal.5606>.

CAVALERA, T.; GILLI, T.; PAJANY Y, M, Y.; MARMIER, N. Mechanism of Salt Contamination of Karstic Springs Related to the Messinian Deep Stage. **The Speleological Model of Port Miou**, France, v. 23, n. 1-3, p. 15-28, 2012. <https://doi.org/10.3166/ga.23.15-28>.

DINEPA - Direção Nacional de Água Potável e Saneamento. **Relatório de dados bacteriológicos dos furos T2 e F3**. Porto Príncipe: Laboratório do Centro Técnico de Exploração da Região Metropolitana de Porto Príncipe (CTE-RMP), 2018.

DIVA-GIS - Spatial Data Download. **Www.diva-Gis.org**. 2020. Disponível em: <https://www.diva-gis.org/datadown> . Acesso em: 17 Jan. 2024.

DUTRA, V. A. B.; GONÇALVES, P. V. S.; CAMPOS, M. V. A.; TAVARE, P. A.; BELTRÃO, N. E. Saneamento em áreas urbanas na amazônia: aplicação do sistema de indicadores PEIR. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 652-671, 27 abr. 2018. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018652-671>

EMMANUEL, E.; LINDSKOG, P. Regards sur la situation des ressources en eau de la République d’Haïti. **Actes du Colloque International sur Gestion Intégrée de l’Eau en Haïti**, Port-au-Prince, 2002. Vol. 26, p 30-52. Disponível em: <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=15204321>. Acesso em: 24 jul. 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Esquema Pressão - Situação - Resposta e Indicadores Ambientais**. 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/Refer/EnvIndi.htm>. Acesso: em 12 Nov. 2023.

GERARDI, L.H.O.; SILVA, B.C.M.N. Quantificação em Geografia. São Paulo: Editora DIFEL, 1981.

GILLI, E. Deep speleological salt contamination in Mediterranean karst aquifers: perspectives for water supply. **Environ Earth SCI**. France, v. 74, n. 1, p. 101–113, 2015. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4042-2>.

GURGEL, S. R.; SILVA, L. S.; SILVA, L. A. Investigação de coliformes totais e Escherichia coli em água de consumo da comunidade Lago do limão, Município de Iranduba – AM. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 2512-2529, 2020. <https://doi.org/10.34115/basrv4n4-028>.

HENRIQUES, J. A. Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do canal do Prado, Campina Grande-PB. **Tese** (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental): UFCG. 2014. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3886>. Acesso em: 9 junho. 2023.

IHSI - Instituto Haitiano de Estatística e Informática. Indication sur la population en 2021, **Haiti now**, 2021. Disponível em: <https://ihsi.gouv.ht/indicator-population>. Acesso em: 19 maio.2024.

IHSI - Instituto Haitiano de Estatística e Informática. Population totale, population de 18 ans et plus ménages et densités estimés en 2009, **haiti now**, 2009. Disponível em: https://www.haiti-now.org/wp-content/uploads/2021/01/POPTOTALMENAGDENS_ESTIM2009.pdf. Acesso em: 24 nov. 2023.

- IHSI - Instituto Haitiano de Estatística e Informática. Population totale, population de 18 ans et plus ménages et densités estimés en 2015, **haiti now**, 2015. Disponível em: https://www.haiti-now.org/wp-content/uploads/2021/01/POPTOTALMENAGDENS_ESTIM2009.pdf. Acesso em: 24 nov.2023.
- JUNIOR, A. D. M.; COSTA, D. J. M. F.; RAMOS, K. M.; MOREIRA, K. D. S.; ALCÓCER, J. C. A. Utilização de tanques de evapotranspiração para tratamento de esgoto doméstico, em residências em região rural. **Anais dos Encontros Nacionais de Engenharia e Desenvolvimento Social**. Rio de Janeiro. UFRJ, 2013. v. 10, n. 1, p. 1–14. Disponível em: <https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/585>. Acesso em: 10 junho. 2024.
- KRISTENSEN, P. The DPSIR assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa, Nairobi. framework. **Workshop**. Proceedings Nairobi: National Environmental Research Institute. 2004. Disponível em: [http://fis.freshwatertools.eu/files/MARS_resources/Info_lib/Kristensen\(2004\)DPSIR%20Framework.pdf](http://fis.freshwatertools.eu/files/MARS_resources/Info_lib/Kristensen(2004)DPSIR%20Framework.pdf). Acesso em: 29 jan. 2024.
- LEBBIHI, R.; DERKI, H. Etude de quelques paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux potables dans la région d'El-OUED. **Thèse** (Maitrise en sciences biologiques): Université Echahid Hamma Lakhdar D'el-Oued. 2018. Disponível em: <https://dspace.univ-eloued.dz/server/api/core/bitstreams/3e09d332-55c9-4793-8f4a-d51819ba75a5/content>. Acesso em: 5 junho. 2024.
- LIMA, V. M.; COSTA, S. M. F. D.; RIBEIRO, H. Uma contribuição da metodologia Peir para o estudo de uma pequena cidade na Amazônia: Ponta de Pedras, Pará. **Saúde e Sociedade**, v. 26, n. 4, p. 1071–1086, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902017170861>.
- LOIOLA, M. V. C. As vantagens da gestão ambiental no meio corporativo como elemento estratégico para a sustentabilidade. **Revista Semiárido De Visu**, v. 11, n. 1, p. 181–198, 2023. <https://doi.org/10.31416/rsdv.v11i1.449>.
- MARCO, P. Haïti - Environnement : La Rivière Grise devient soudainement rouge. **HaitiLibre.com**: Toutes les nouvelles d'Haïti 7/7. 2020. Disponível em: <https://www.haitilibre.com/article-30484-haiti-environnement-la-riviere-grise-devient-soudainement-rouge.html>. Acesso em: 19 jan. 2024.
- NEDJOUD, B.; SAIDA, K. Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau souterraine (Sources et Puits) collecté dans la région d'Ouled Brahem Bordj Bou Arreridj. **Thèse** (Maitrise en sciences biologiques): Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. 2018. Disponível em: <https://dspace.univ-bba.dz/handle/123456789/823>. Acesso em: 22 jan. 2024.
- NGO, C.; REGENT, A. **Déchets, effluents et pollution, impacts sur l'environnement et la santé**. Paris, Dunod, 3ème édition, 2008. Disponível em : <https://www.dunod.com/sciences-techniques/dechets-effluents-et-pollution-impact-sur-environnement-et-sante>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. **OECD environmental indicators: development, measurement, and use: reference paper**. OECD, Paris, 2008. Disponível em : <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/37551205.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2023.
- OMS - Organisation Mondiale de la Santé. **Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4ème édition intégrant le premier additif**. Genève, Suisse. 2017. Disponível em: <https://www.who.int/fr/publications-detail/9789241549950>. Acesso em: 12 mar. 2024.
- ONU BRASIL. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Nações Unidas Brasil. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 23 maio. 2024.
- PINTO, A. B.; DE OLIVEIRA, A. J. F. C. Diversidade de microrganismos indicadores utilizados na avaliação da contaminação fecal de areias de praias recreacionais marinhas: estado atual do conhecimento e perspectivas. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, vol. 35, n. 1, p. 105-114, 2011. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.2011351105114>
- POPESCU, R.; DURAND, M.; D'ERCOLE, R. La gestion des déchets post-catastrophe à Port-au-Prince: entre relégation et proximité. **EchoGéo**, Port-au-Prince, Vol. 1, n. 30, 2014. <https://doi.org/10.4000/echogeo.14070>
- ROCHAT, P. Y.; BLANC, O.; CHRISPIN, F. **Stratégie Nationale pour la Conservation et le Traitement de l'Eau à Domicile (C-TED)** 2018-2027. Port au Prince, 2018. Disponível em:

<https://www.dinepa.gouv.ht/wp-content/uploads/Documentsstrategique/C-TED.pdf>. Acesso em: 27 julho. 2024.

TAYLOR, P. GABRIELLI, E. **Plans de gestion intégrée des ressources en eau** : Manuel de Formation et Guide Opérationnel. 2005. Disponível em:

https://www.pseau.org/outils/ouvrages/gwp_plans_gire_manuel_fr.pdf. Acesso em: 16 abr. 2024.

UE- Union européenne. Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. **Journal Officiel des Communautés Européennes**, v. 330, n. 5.12, p 32-54, 1998. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/dir/1998/83/2015-10-27>. Acesso em: 12 mar. 2024.

WAITE. R. L.; MARKLEY. B.; ROBERT. B.; BUCKALEW. J. O. Water Resources Assessment of Haiti. US Army Corps of Engineers Mobile District and Topographic **Engineering Center**, 1999. Disponível em:

<https://www.sam.usace.army.mil/Portals/46/docs/military/engineering/docs/WRA/Haiti/Combined%20Final%20Haiti.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2024.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for drinking-water quality**. 2011. Disponível em:

https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 fev. 2024.

Recebido em: 30/06/2024

Aceito para publicação em: 14/02/2025