

Artigo de Pesquisa**POTABILIDADE DA ÁGUA DE POÇOS E OS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO HÍDRICO DA REGIÃO DO MÉDIO SOLIMÕES, AMAZONAS****Groundwater potability and water supply services in the Mid Solimões region, Amazonas**Milena Pinho Barbosa ¹, Leonardo Capeleto de Andrade ², Maria Cecília Rosinski Lima Gomes ³¹ Universidade do Estado do Amazonas, Tefé, Brasil. milenabpinho07@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4000-2997>² Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, Brasil. leonardo.capeleto@usp.br <https://orcid.org/0000-0002-9902-0532>³ Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, GPIDATS, Tefé, Brasil. cecilia@mamiraua.org.br <https://orcid.org/0000-0003-0108-014>

Recebido em 26/03/2024 e aceito em 30/09/2024

RESUMO: As águas subterrâneas têm se tornando a principal fonte de abastecimento hídrico das cidades brasileiras, onde o número real de poços existentes no país torna-se inconclusivo. No estado do Amazonas, apesar da grande disponibilidade de águas dos rios, as cidades preferem utilizar-se das águas subterrâneas. O objetivo do estudo foi avaliar os serviços abastecimento e a potabilidade da água de municípios totalmente abastecidos por águas subterrâneas no Médio Solimões. Foram utilizados banco de dados dos Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) e realizadas entrevistas com os gestores dos serviços de abastecimento. As amostras de água foram coletadas em oito poços de cada município e a análise microbiológica foi desenvolvida pela contagem direta de unidades formadoras de colônias de coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizando o método de filtração por membrana de nitrocelulose. Foram identificados um total de 160 poços nos municípios no sistema do SIAGAS e 14 outorgas concedidas pelo IPAAM. Segundo as entrevistas concedidas, nenhum dos poços operados pelos serviços possuem registros nessas plataformas, encontrando-se irregulares. Em todos os poços analisados houve a presença de coliformes totais e em 75% das amostras houve contaminação por *E. coli*, estando fora do limite de potabilidade. A deficiência do sistema de abastecimento público faz com que a população se utilize de uma grande quantidade de poços privados irregulares para este suprimento. Todas as amostras foram consideradas não potáveis, em decorrência das concentrações de coliformes totais fora do padrão de potabilidade.

Palavras-chave: água subterrânea; aquíferos; ODS6; saneamento; *Escherichia Coli*.

ABSTRACT: Groundwater has become the main source of water supply in Brazilian cities, where the real number of wells in the country is inconclusive. In the state of Amazonas, despite the great availability of river water, cities prefer to use groundwater. The aim of the study was to evaluate water supply services and potability in municipalities fully supplied by groundwater in Mid Solimões. Databases from the Groundwater Information System (SIAGAS) and the Amazonas Environmental Protection Institute

(IPAAM) were used and interviews were carried out with supply service managers. Water samples were collected in eight wells in each municipality and microbiological analysis was carried out by directly counting colony-forming units of total coliforms and *Escherichia coli*, using the nitrocellulose membrane filtration method. A total of 160 wells were identified in the municipalities in the SIAGAS system and 14 authorized by IPAAM. According to interviews, none of the wells operated by the services have records on these platforms, which are irregular. In all wells analyzed there was the presence of total coliforms and in 75% of the samples there was contamination by *E. coli*, being outside the potability limit. The deficiency in the public supply system means that the population uses a large number of irregular private wells for this supply. All samples were considered non-potable, due to concentrations of total coliforms outside the potability standard.

Keywords: groundwater; aquifers; SDG6; sanitation; *Escherichia Coli*.

INTRODUÇÃO

A água subterrânea é o recurso natural mais explorado do subsolo brasileiro e apesar de ser obrigatório por lei o registro e autorização de extração, o número real de poços no país é desconhecido. No Brasil estima-se que 52% dos municípios já são atendidos, total ou parcialmente, por águas subterrâneas – existindo uma significativa parcela de cidades e áreas rurais estatisticamente ocultas nos registros oficiais (HIRATA et al., 2019).

Na Amazônia as águas subterrâneas são fundamentais na manutenção dos serviços ecossistêmicos e no atendimento das demandas humanas. Apesar de grandes corpos hídricos na região, as demandas de abastecimento são prioritariamente atendidas por fontes subterrâneas (DE BRITO et al., 2020). Na região Norte, 57% dos centros urbanos já são abastecidos exclusivamente por manancial subterrâneo (ANA, 2021).

As águas subterrâneas são indispensáveis em várias atividades humanas, tais como abastecimento público e industrial, irrigação agrícola e atividades de lazer (COSTA; WAICHMAN; SANTOS, 2004), sendo prevista como a principal fonte de abastecimento hídrico da população do futuro (KEMERICH et al., 2012). No Brasil, essas águas são extraídas por meio de nascentes, poços escavados e de poços tubulares (HIRATA et al., 2019) – popularmente conhecidos como “poços artesianos” –, para os quais, segundo as legislações federal e estadual, estabelecem a necessidade de autorização para a captação de água superficial ou subterrânea por meio da outorga de uso da água (Brasil, 1997; Estado do Amazonas, 2007). Porém, na prática, os poços são perfurados sem registro e autorização, permanecendo desconhecidos pelos cadastros oficiais dos órgãos gestores, que têm a responsabilidade do controle do acesso e uso desse recurso (HIRATA et al., 2019).

Entretanto a ausência de políticas públicas voltadas para a preservação dos mananciais subterrâneos, bem como superficiais, afeta a qualidade da água doce disponível que vem piorando devido ao aumento populacional (Brasil, 2011; Merten & Minella, 2002). O subsolo brasileiro recebe uma grande carga difusa de esgotos advinda de residências não conectadas à rede de coleta, contaminando as águas subterrâneas distribuídas para a população, devido a infiltração nas rachaduras das tubulações antigas que distribuem as águas, além das conexões ilegais feitas onde fluem os esgotos domésticos (BERTRAND et al., 2022; HIRATA et al., 2019).

Dessa forma, as águas subterrâneas enfrentam um grave problema devido à contaminação por esgotos não coletados e tratados corretamente, sendo em muitos casos, o principal contaminante da água (ANA, 2021). Atrelado a isto, ocorrem também contaminações por lixões e cemitérios, que podem trazer graves consequências ambientais, particularmente na qualidade das águas, devido a infiltração de chorume e necrochorume no solo (KEMERICH et al., 2012).

O acesso à água potável, assim como o sistema de saneamento básico, é considerado um direito humano fundamental pela Organização das Nações Unidas (UNITED NATIONS, 2010) – e a universalização do acesso ao saneamento é uma meta nacional apresentada na Lei 14.026 de 2020, o Marco Legal do Saneamento básico (BRASIL, 2020). Nesse sentido, a água para consumo deve atender um padrão de potabilidade que através de um conjunto de parâmetros não ofereça risco à saúde (Brasil, 2021), contribuindo para a segurança hídrica e o bem-estar humano. Desta forma, toda água distribuída de forma coletiva por sistema de abastecimento de água, deve estar sujeita a controle e vigilância da qualidade da água (Brasil, 2021). As águas captadas para o abastecimento são avaliadas por parâmetros, que vão desde a ausência de materiais flutuantes e substâncias que transmitem cor ou odor à água, até a ausência de coliformes termotolerantes (MMA, 2005).

Na Amazônia Central, a carência de um sistema de saneamento adequado impacta diretamente na integridade dos recursos hídricos, seja pela contaminação dos mananciais superficiais por resíduos sólidos ou pela precária (ou ausente) captação e tratamento de esgotos (AGUIAR et al., 2021). O paradoxo do abastecimento hídrico na Amazônia ocorre por esta região possuir a maior disponibilidade hídrica superficial do planeta, mas utilizar-se do recurso hídrico subterrâneo para diversas finalidades – cozinhar, lavar, beber, dentre outras. Dessa forma, a contaminação urbana dos lagos e rios (RICO et al., 2021), amplia a necessidade de tratamentos mais complexos das águas superficiais – tornando as águas subterrâneas mais simples de serem utilizadas.

Com a “invisibilidade” das águas subterrâneas, seus problemas e impactos se ocultam para a sociedade civil e pelos órgãos governamentais, o que produz um aumento significativo da perfuração de poços tubulares, em sua maioria irregulares, comprometendo a gestão eficaz e a integridade desse recurso (CONICELLI et al., 2021). No Amazonas, maior estado da Amazônia Legal, há uma preferência por águas de poços sobretudo para beber – sendo 71% dos centros urbanos abastecidos por águas subterrâneas (ANA, 2021). A segurança hídrica dos municípios depende exclusivamente da captação de poços, entretanto, a falta de informações sobre a quantidade desses poços e seus potenciais usos, gera uma insegurança quanto a qualidade da água subterrânea consumida, uma vez que os municípios do Amazonas carecem de serviços de saneamento básico, como o tratamento de esgoto.

Assim, o objetivo do estudo foi avaliar a quantidade de poços nos bancos de dados de órgãos públicos ambientais e comparar com a quantidade de poços dos serviços de abastecimento hídrico de três municípios (Tefé, Alvarães e Uarini) – totalmente abastecidos por águas subterrâneas – na região do médio rio Solimões, no Estado do Amazonas. Além disso, buscou analisar amostras de água de cada município para

verificar a potabilidade dos poços pela presença da bactéria *Escherichia Coli*, como potencial indicador de contaminação por esgotos no sistema de abastecimento público.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo utilizou os bancos dados de serviços de monitoramento geológico e ambiental, bem como entrevistas concedidas pelos serviços de abastecimento hídrico, sendo realizada coleta de amostras de águas nos poços dos municípios de Tefé, Alvarães e Uarini (AM).

Área de estudo

O Estado do Amazonas (AM) possui uma população estimada de quase 4 milhões de habitantes, com uma densidade demográfica de 2,53 hab/km² – com mais da metade da população estadual residindo na região da capital, Manaus.

A região central da calha do rio Solimões, também denominado de Médio Solimões, compreende um total de 13 municípios (Coari, Fonte Boa, Uarini, Alvarães, Tefé, Jutaí, Codajás, Manacapuru, Iranduba, Anori, Anamã, Caapiranga e Manaquiri) – dos quais três (Tefé, Alvarães e Uarini) foram selecionados como área amostral do estudo.

O município de Tefé possui uma área territorial de 23.692 km² e uma população estimada de 73.669 habitantes, com densidade demográfica de 3,11 hab/km², estando localizado numa península formada pelo igarapé do Xidarínim e o lago Tefé (IBGE, 2023).

O município de Alvarães possui uma área territorial de 5.923 km² e uma população de 15.866 habitantes, com densidade demográfica de 2,68 hab/km², estando situado numa planície intercortado pelo rio Caiçara e pelo Igarapé do Jarauá (IBGE, 2023).

O município de Uarini possui uma extensa área territorial de 10,277 km² e uma população estimada de 14.431 habitantes, com uma densidade demográfica de 1,4 hab/km², sendo banhado pelo rio Uarini (IBGE, 2023).

Os três municípios estão cadastrados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (BRASIL, 2023) e são publicamente abastecidos com poços tubulares de captação de águas subterrâneas, através de instituições autônomas de abastecimento de água, sendo em Tefé e Uarini pelas autarquias municipais do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) e em Alvarães pelo serviço estadual da empresa de economia mista Companhia de Saneamento do Amazonas (COSAMA).

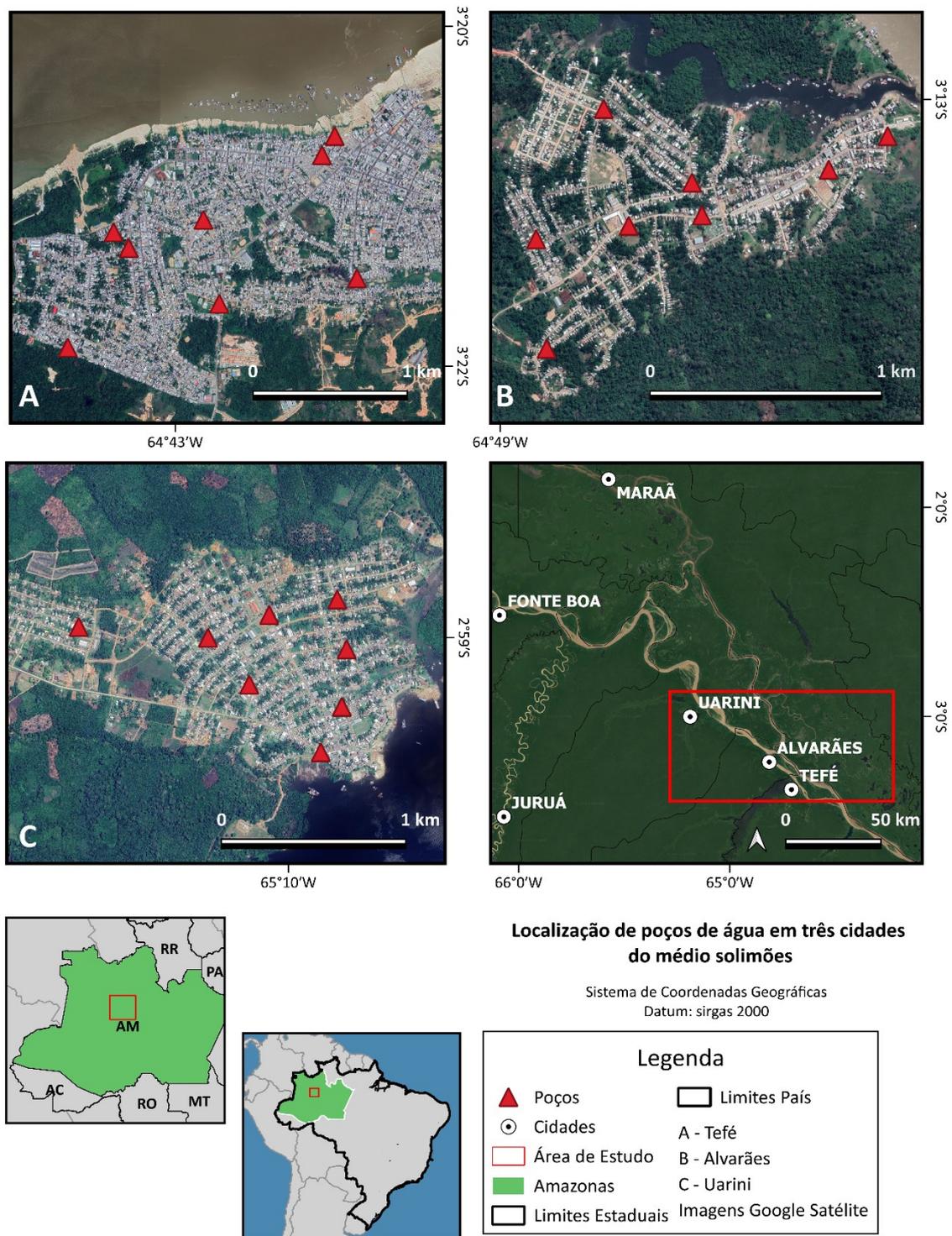


Figura 1. Localização dos poços amostrados nas cidades de Tefé (A), Alvarães (B) e Uarini (C), na região do médio Solimões, no Estado do Amazonas.

Base de dados e entrevista

Este estudo utilizou dados das plataformas digitais do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), responsável pelo cadastro de uso e monitoramento do recurso hídrico e do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), órgão responsável pela autorização da perfuração de poços, a fim de realizar uma análise comparativa entre o total de poços registrados e o número de outorgas concedidas, com os dados disponíveis do período de 2018 a 2022, nos municípios avaliados.

Foi aplicado um formulário de entrevista com os gestores das empresas de abastecimento hídrico dos municípios (SAAE e COSAMA), com perguntas relacionadas aos tipos de serviços oferecidos, distribuição e tratamento de água e registros de autorização em órgãos públicos (Apêndice A).

Coleta de amostras

As coletas foram amostradas em um total de 24 poços nos municípios de Tefé (8), Alvarães (9) e Uarini (7), no período de cheia, entre os meses de abril e maio de 2023 (Figura 1).

A escolha dos poços se deu a partir de busca ativa, com a identificação de poços com torneiras para o acesso populacional, buscando abranger diferentes partes da área urbana dos municípios. Dessa forma, os poços poderiam ser públicos (gerenciados pelos SAAEs e COSAMA) ou privados (particulares), desde que houvesse a disponibilidade de torneira pública para coleta de água – situação comum na região (Figura 2).



Figura 2. Torneiras disponibilizadas para o acesso populacional no Médio Solimões: Na cidade de Tefé há poços públicos que complementam o abastecimento de água (A, B, C e D); enquanto em Uarini e Alvarães as torneiras públicas são de domicílios privados (E e F).

As amostras de água foram coletadas em garrafas plásticas (500 mL) esterilizadas e acondicionadas em caixas térmicas refrigeradas durante o transporte para o Laboratório de Qualidade da Água e Meio Ambiente do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, sendo as análises realizadas em até 24 horas após a coleta.

Análise da qualidade da água

A análise microbiológica das águas foi desenvolvida através da contagem direta de unidades formadoras de colônia (UFC) de coliformes totais e *Escherichia coli*, por meio da técnica de filtração em membrana – método SMEWW 9222 (APHA, 2005) –, usando meio de cultura seletivo (*Hicrome ECC Seletive Agar*).

O processo foi desenvolvido utilizando membranas de nitrocelulose (poro de 0,45 µm) posicionadas dentro de “kits de filtração”, com 100 mL de amostra de água, em diferentes diluições (possibilitando adequada contagem). Após, as membranas foram colocadas em placas de *Petri*, contendo o meio seletivo, e incubadas por 24 horas em temperatura de 35,5 °C até a contagem das colônias formadas.

A distribuição normal dos dados de cada município foi avaliada em *Normal Probability Plots* e teste de Shapiro-Wilk (95% de intervalo de confiança). Em seguida foi aplicado o teste de comparação de médias de Kruskal-Wallis, considerando o intervalo de confiança de 95%. Os testes foram executados no software *Statistica v.10*.

RESULTADOS

Banco de dados

Os municípios de Tefé, Alvarães e Uarini possuem registros nos sistemas de informações do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), contabilizando 160 poços cadastrados e 14 poços outorgados (Tabela 1).

Tabela 1. Registro de poços e outorgas dos municípios de Tefé, Alvarães e Uarini, na região do Médio Solimões, Amazonas.

Municípios	Poços registrados ¹	Outorgas ²
Tefé	116	11
Alvarães	25	2
Uarini	19	1
Total	160	14

¹ no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2023); ² no Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM, 2018-2022).

Segundo a plataforma do SIAGAS, 48% dos poços cadastrados pertencem aos serviços públicos de água, mas os últimos registros de situação dos poços ocorreram entre os anos de 2004 e 2008, onde 59% destes poços estavam ativos e bombeando, não havendo atualizações posteriores nesses dados. Dessa forma, 84% dos poços corresponde aos serviços do Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE) de Tefé e Uarini e 16% são da Companhia de Saneamento do Amazonas (COSAMA) de Alvarães.

Apesar disso, nenhum dos poços dos serviços públicos de abastecimento de água de Tefé, Alvarães e Uarini constam no sistema do IPAAM, órgão estadual responsável pela autorização da perfuração e outorga (Tabela 1). Os únicos poços outorgados nos três municípios são referentes a outras empresas, indústrias e administração pública – nos setores de infraestrutura de transporte e construção civil.

Os serviços de abastecimento de água

Nas informações prestadas pelos gestores de SAAE-Tefé, SAAE-Uarini e COSAMA-Alvarães, contabilizam-se atualmente 57 poços ativos nos municípios de Tefé (44), Alvarães (2) e Uarini (11), sendo que nenhum destes possuem registros de autorização no SIAGAS (Tabela 2). Segundo os dados concedidos, os poços do SAAE-Tefé possuem uma profundidade mínima de 100 metros e os poços do SAAE-Uarini e COSAMA-Alvarães no mínimo 60 metros de profundidade.

As instituições SAAEs e COSAMA atendem somente áreas urbanas dos municípios, pelas quais são aplicadas a cobrança da tarifa única. Em Alvarães e Uarini, o serviço ofertado envolve a captação, cloração no reservatório e distribuição da água à população. Já o SAAE-Tefé não realiza nenhum tipo de tratamento de água antes da distribuição (Tabela 2).

Tabela 2. Quadro comparativo dos serviços efetivados pelos sistemas de saneamento dos municípios do Médio Solimões.

Serviços	Tefé (SAAE) ²	Alvarães (COSAMA) ¹	Uarini (SAAE) ²
Registro dos poços (órgãos públicos)	NÃO	NÃO	NÃO
Cobrança de uso das águas	SIM	SIM	SIM
Distribuição por rede	SIM	SIM	SIM
Monitoramento da qualidade da água	NÃO	SIM	NÃO
Tratamento de água (cloração)	NÃO	SIM	SIM
Coleta e tratamento de esgoto	NÃO	NÃO	NÃO

¹ Companhia de Saneamento do Amazonas; ² Serviço Autônomo de Água e Esgoto municipal

A COSAMA-Alvarães afirma realizar coletas diárias para verificação da potabilidade da água, mas estas não incluem os parâmetros microbiológicos. Além disso, os dois poços operados pela COSAMA-Alvarães atendem apenas 30% da população, sendo a população remanescente atendida pela Prefeitura Municipal – que não realiza nenhum tipo de tratamento na água distribuída. Os SAAEs de Tefé e de Uarini afirmam não realizar nenhum controle da qualidade da água ofertada para a população. Cabe ressaltar que nenhum dos serviços trabalha com o sistema de coleta e tratamento de esgotos nos municípios.

Os SAAE-Tefé e SAAE-Uarini possuem cadastramento no sistema Vigiagua – programa do governo federal que acompanha a qualidade da água –, sendo o monitoramento realizado por agentes do programa periodicamente: anual para Tefé e semestral para Uarini. Segundo o Painel de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Brasil, 2024), foram coletadas 39 amostras para análise

microbiológica no município de Uarini em 2024, dentre as quais encontram-se: 64% dentro do padrão, 31% inconclusivas e 5% fora do padrão. O município de Tefé não apareceu no sistema de busca do site.

Segundo os gestores das empresas de água da COSAMA-Alvarães, SAAE-Tefé e SAAE-Uarini, e relatos da população dos municípios, as queimas das bombas de água são recorrentes nestes municípios, onde os serviços de abastecimento realizam a troca e manutenção do equipamento. Isso resulta na falta de água para os domicílios, causando a insatisfação dos moradores. Arelado a este racionamento e intermitência, a cobrança pela ligação de uso da água com taxa fixa mensal, estimula a busca por novas fontes de água pela população, seja perfurando um poço particular ou realizando ligações irregulares nas tubulações que distribuem a água. Este furto de água ocorre frequentemente nos municípios e quando são identificadas pelas empresas, estas realizam a denúncia e aplicam uma multa ao usuário, cobrada via pagamento de taxa.

Avaliação bacteriológica da água

Todos os poços analisados nas cidades de Tefé, Alvarães e Uarini (Figura 3) apresentaram presença de coliformes totais e em 75% das amostras houve contaminação por *Escherichia coli* – *E. coli* (Tabela 3). Em Uarini foi registrada a maior mediana e variabilidade de concentração de coliformes totais, com 272-2280 UFC/100mL (1º quartil - 3º quartil), porém as menores concentrações de *E. coli*, com 1-53 UFC/100mL (1º quartil - 3º quartil). Apesar disto, a variação dos dados entre os municípios não foi significativa ($p < 0,05$) para ambos os indicadores.

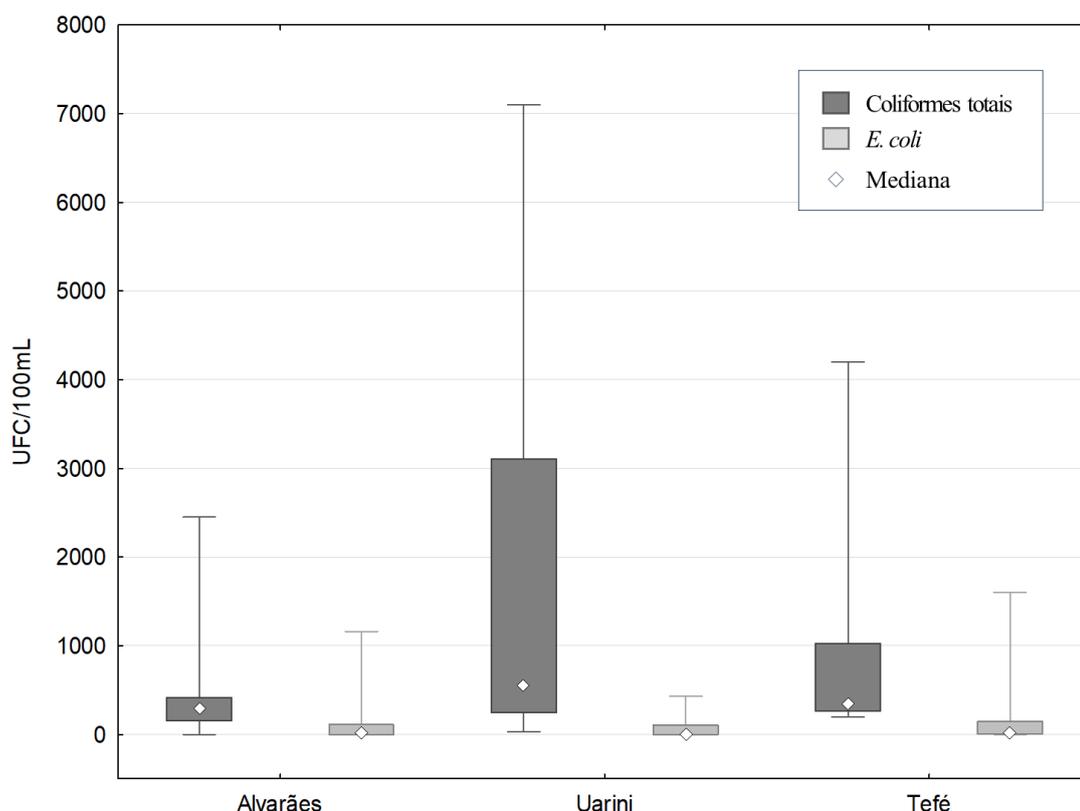


Figura 3. Concentração de coliformes totais e *E. coli* nas amostras de água dos municípios.

Tabela 3. Resultados de qualidade da água dos municípios do estudo e comparação de médias

	Alvarães (n=8)	Tefé (n=8)	Uarini (n=8)	Teste Kruskal- Wallis valor-p
Coliformes totais UFC/100mL (mediana)	290	341	546	0,33 (não significativo)
<i>E. coli</i> UFC/100mL (mediana)	17	20	4	0,75 (não significativo)
% amostras com ausência de <i>E. coli</i>	25%	13%	38%	-

DISCUSSÃO

Nos municípios de Tefé, Alvarães e Uarini, toda água distribuída para uso humano na área urbana vem da captação de águas subterrâneas, onde apenas 25% das amostras não apresentaram presença de *E. coli* (Figura 1; Figura 3) – popularmente conhecida como um “coliforme fecal”. Esses poços abastecem uma população de mais de 100.000 pessoas no médio Solimões, apesar de não se encontrarem regularizados (Tabela 1).

O número de poços cadastrados (160) no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) é muito superior ao número de outorgas (14) concedidas para os três municípios (Tabela 1) – autorização que é obrigatória, para manter controle de uso e informações de águas subterrâneas (Brasil, 1997; Estado do Amazonas, 2007).

Nenhum poço outorgado pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) pertence às empresas públicas de águas, seja da Companhia de Saneamento do Amazonas (COSAMA) ou dos Sistemas Autônomos de Água e Esgoto (SAAE), nos municípios estudados. Grande parte dos poços registrados no SIAGAS pertencem a estes serviços de água, todavia, os dados da plataforma encontram-se desatualizados, desconhecendo-se o real número de poços ainda em funcionamento. Assim, estabelece-se um grande desalinhamento entre as leis vigentes e a realidade local desses municípios, em que os órgãos que são responsáveis pelo manancial subterrâneo não realizam o monitoramento e a regulamentação ambiental dos poços em uso,

No estudo realizado por Silva (2021) no município de Tefé, foi identificado uma série de poços irregulares, sem registro de uso e autorização de perfuração, totalizando 150 poços localizados somente na região central da cidade – sendo apenas este número, parcial, já 23% maior que os dados encontrados no SIAGAS. Silva ainda destaca que, no município de Tefé, as escolas do ensino básico e médio possuem seus próprios poços hídricos, havendo atualmente 105 escolas em Tefé (IBGE, 2023; SILVA, 2021) – e nem todas estas estão consideradas nestes 150 - ou seja, o número real é muito maior. Além disso, em uma pesquisa realizada em 19 escolas de Tefé a qualidade das águas encontrava-se fora do padrão de potabilidade para o consumo, devido a presença de coliformes totais e *E. coli* nas amostras coletadas nos bebedouros (BORGES-PEDRO et al., 2018).

No Brasil, existem cerca de 2,5 milhões de poços tubulares, dos quais mais de 88% são desconhecidos, ou seja, não estão em nenhum cadastro oficial, revelando que a segurança do abastecimento de água das cidades depende de poços irregulares (CONICELLI et al., 2021; HIRATA et al., 2019). Baseado nesta estimativa, onde apenas 12% dos poços seriam oficialmente conhecidos, haveriam ao menos 966 poços em Tefé, 208 em Alvarães e 158 em Uarini. Esta hipotética extrapolação geraria uma densidade média de 12 poços à cada 1.000 habitantes – mesma relação entre a estimativa nacional e sua população (HIRATA et al., 2019; IBGE, 2023).

Somente o SAAE-Uarini afirma atender toda a população urbana, que em parceria com a Prefeitura Municipal está ampliando a rede de distribuição de água para nova demanda populacional que se instalou no município. Ao contrário, a COSAMA-Alvarães e o SAAE-Tefé atendem parcialmente a população dos municípios (Tabela 2). No caso de Alvarães, 70% da população é atendida por poços do setor da Prefeitura Municipal, que não realiza nenhum tratamento na água e em Tefé, sendo todo restante da população atendido por poços privados.

No município de Tefé existe uma variedade de poços ofertados para acesso público e de uso doméstico que complementam o abastecimento de água da cidade, por meio dos quais uma significativa parcela de pessoas usufrui da coleta de água para beber, dinâmica que não ocorre nos outros municípios estudados, onde as torneiras públicas

disponíveis eram de propriedades particulares. (Figura 2). No entanto, nas análises bacteriológica todos os poços avaliados no estudo as águas foram consideradas não potáveis, tanto públicos como privados, em decorrência das concentrações de coliformes totais e *E. coli* fora do padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde (Figura 3).

Cabe ressaltar que essa contaminação deriva da infiltração esgotos nas águas subterrâneas, assim como nas tubulações de água rachadas, intensificado pela ausência de um sistema de coleta e tratamento de esgotos nesses municípios (Tabela 2). Atrelado a isto, os cemitérios dos municípios em estudo no Médio Solimões, estão situados na área urbana central, tornando a água subterrânea suscetível a contaminação por necrochorume (KEMERICH et al., 2012). Já em relação aos lixões, localizam-se nas áreas rural e periurbana, havendo no município de Tefé a existência de poços de água ao lado do lixão, em que as famílias que residem nas proximidades usufruem dessa água para consumo.

Esses dados evidenciados nas cidades de Tefé, Alvarães e Uarini contrastam com os aparatos legislativos tanto de registro para captação da água quanto da sua potabilidade para consumo humano (

Figura 3). Essa problemática não se restringe a região amazônica, ocorrendo situações similares de contaminação das águas subterrâneas em diversos locais, como no litoral brasileiro (BERTRAND et al., 2022). Além disso, o abastecimento de água nessa região do Amazonas não se difere de um sistema hídrico de São Paulo.

Nos três municípios do Médio Solimões, cada poço atende uma determinada região e de forma intermitente, havendo horários específicos de bombeamento para os reservatórios e caixas de água. Em Bauru (SP), cidade com 375.321 habitantes, ocorre situação similar, onde o bombeamento para os reservatórios de água é derivado 65% de águas subterrâneas e 35% proveniente da captação do rio Batalha, onde a queima das bombas de água tem se tornado frequente (BARRETO et al., 2023).

No entanto, em muitas regiões tropicais, com grande disponibilidade de águas superficiais e chuvas, há um negacionismo por crescente aumento do uso e da perfuração descontrolada de poços, sem licença ou registro de bombeamento, acarreta inúmeros desafios para o gerenciamento eficaz das águas subterrâneas, uma vez que a população brasileira carece de informações e conhecimentos sobre seus usos potenciais e sobre sua exploração (CONICELLI et al., 2021). A quantidade de água extraída é ocultada por condições de clandestinidade fazendo com que o número de usuários de águas subterrâneas seja muito mais elevado que o reportado em dados oficiais (Hirata et al., 2019).

A ausência de informações sobre esses poços gera um desconhecimento dos potenciais usos desse recurso subterrâneo, causando uma percepção equivocada de que essas águas invisíveis possuem uma melhor qualidade natural e que não precisam receber tratamento, quando a própria legislação define que estas precisam passar ao menos pelo processo de desinfecção (Brasil, 2021). O desconhecimento de informações por parte dos usuários em relação as obrigações e procedimentos corretos da perfuração de poços, acarreta riscos de contaminação e mau uso, principalmente em municípios onde essas águas constituem a principal fonte hídrica. Diferentes fontes podem ser a causa de contaminação das águas subterrâneas e que podem ser identificados por outros parâmetros além da ausência de coliformes fecais, como é caso do nitrato, cuja presença indica a contaminação por fluidos de esgoto, o que causa potenciais danos à saúde da população (BARRETO et al., 2023, p. 2).

Os centros urbanos de Tefé, Alvarães e Uarini concentram diversas atividades comerciais, econômicas, serviços de saúde, social e trabalho, exercendo grande influência sobre as comunidades ribeirinhas do Médio Solimões – entre elas as centenas pertencentes as Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Amanã e Mamirauá (ANDRADE et al., 2021). Dessa forma, esses municípios precisam atender uma demanda externa dessa população flutuante (DE OLIVEIRA MARTINS et al., 2022; PEREIRA et al., 2022). Segundo Gomes et al. (2022), 85% das comunidades ribeirinhas das RDS Amanã e Mamirauá não possuem sistema de abastecimento de água e, com isso, utilizam múltiplas fontes, como: água do rio, da chuva e subterrânea – com a perfuração manual de poços. A utilização da água de poços por essas comunidades diminui em si um trabalho prolongado e exaustivo da coleta de água, gerando um cenário similar de conforto encontrado nos centros

urbanos (GOMES et al., 2022) – principalmente durante o período de estiagem, onde o acesso à água dos rios se torna inviável e imprópria para o uso doméstico.

Além disso, essa população adjacente dos municípios estudados que participa do comércio regional, ao mesmo tempo que vêm aos centros urbanos comercializar seus produtos, usufruem da água de poços disponibilizados para seu abastecimento. No entanto, estes municípios estudados não oferecem uma segurança hídrica em relação ao uso e consumo de água.

Nenhum dos poços estudados nos municípios do médio Solimões encontra-se regularizado, em que além da ausência de fiscalização destes poços clandestinamente perfurados, a falta de tratamento faz com que a população do Médio Solimões acesse águas fora dos padrões de consumo humano. Assim, recai sobre o Sistema Único de Saúde (SUS) a responsabilidade pela distribuição de hipoclorito de sódio para a população dos municípios, sendo a forma mais usual de tratamento de água na região (GOMES et al., 2022), além de receber e atender a população com casos de infecções de patógenos contraídos por veiculação hídrica – ocasionando problemas de saúde e gastos públicos decorrentes.

Logo, investir em saneamento é economizar em saúde pública (HULTON; OMS, 2012), onde o cenário só será modificado quando os governos municipais, estadual e federal se posicionarem frente ao problema, ampliando não somente a cobertura dos serviços sanitários, mas também as informações sobre o tema e a problemática para a sociedade na busca de reivindicações de políticas públicas que proporcionem melhores condições de vida à população e ao ambiente.

CONCLUSÕES

Em Tefé, Alvarães e Uarini (AM), o número de poços cadastrados é muito superior ao número de outorgas concedidas para esses municípios, que se utilizam de uma grande quantidade de poços irregulares como suprimento hídrico. A deficiência nos sistemas de abastecimento público de água acarreta o mau gerenciamento de uso do recurso hídrico subterrâneo, não garantindo um bom funcionamento ou qualidade do abastecimento de água. Em todos os poços avaliados, as águas indicaram altas concentrações de coliformes fecais fora dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, colocando em risco a saúde da população e a integridade das águas subterrâneas no médio Solimões.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica (PIBIC Sr.) à primeira autora (Processo nº 162829/2022-1).

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção e Metodologia: LCA, MCRLG. **Coleta e análise:** MPB, MCRLG. **Escrita do artigo:** MPB, LCA, MCRLG. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília: ANA, 2021.

AGUIAR, E. S. DE et al. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, 2021.

ANDRADE, L. C. DE et al. The sustainable development goals in two sustainable development reserves in central amazon: achievements and challenges. **Discover Sustainability**, v. 2, n. 1, p. 54, 6 dez. 2021.

APHA. Standard method for examination of water and wastewater. 2005.

BARRETO, F. S. et al. Relações entre o uso do solo e a distribuição das concentrações de nitrato no aquífero urbano do município de Bauru, SP. **Derbyana**, v. 44, 29 dez. 2023.

BERTRAND, G. et al. Socio-environmental monitoring and co-management strategies to favor groundwater recharge and sustainable use in southern metropolises: Toward a co-managed aquifer recharge model? **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 27, p. 100350, jun. 2022.

BORGES-PEDRO, J. P. et al. Assessment of WASH scenarios in urban and rural schools of a small city in the Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 1, p. 75–82, mar. 2018.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>. Acesso em: 01 out. 2024.

BRASIL. **Portaria N° 2.914, de 12 de Dezembro de 2011**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 11 jul. 2022.

BRASIL. Portaria GM/MS N° 888, de 4 de Maio de 2021. 4 maio 2021.

BRASIL. **Painel de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Disponível em: <https://infoms.saude.gov.br/extensions/sisagua/acompanhamento_amostra.html>. Acesso em: 13 mar. 2024.

BRASIL. **Lei No 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 11 jul. 2022.

CASTRO, M.B.; SILVA NETO, J.C.A; ALMEIDA, R.B; Análise dos indicadores de vulnerabilidade socioambiental na diarreia aguda em Manaus, Amazonas, Brasil . **Geoconexões online**, v.4, n.1, p.22-39, 2024.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: Painel de Indicadores 2023. Disponível em: <http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/site/index>. Acesso em: 01 out. 2024.

CONICELLI, B. et al. Groundwater governance: The illegality of exploitation and ways to minimize the problem. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, 2021.

COSTA, A. M. R. DA; WAICHMAN, A.; SANTOS, E. E. DOS. Uso e qualidade da água na cidade de Manaus. **Águas Subterrâneas**, 2004.

DE OLIVEIRA MARTINS, M. I. F. P. et al. COMINGS AND GOINGS: THE MOBILITY OF RURAL POPULATIONS IN PROTECTED AREAS IN THE MIDDLE SOLIMÕES, IN THE BRAZILIAN AMAZON, BETWEEN 2006 AND 2010. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 55, p. 39, 16 nov. 2022.

DE BRITO, A. P., TOMASELLA, J., WAHNFRIED, I. D., CANDIDO, L. A., MONTEIRO, M. T., & FILGUEIRAS, S. J. F. Relação entre precipitação e recarga de águas subterrâneas na Amazônia Central. **Águas Subterrâneas**, v. 34, n. 1, p. 39-49, 2020. <https://doi.org/10.14295/ras.v34i1.29616>

ESTADO DO AMAZONAS. **Lei No 3167 de 28 de agosto de 2007**. Disponível em: <https://www.abas.org/arquivos/Lei-n-3167-07_AM.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2022.

GOMES, M. C. R. L. et al. Conditions of use and levels of household access to water in rural communities in the Amazon. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, 2022.

HIRATA, R. et al. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Instituto de Geociências, 2019.

HULTON, G.; OMS, O. M. DA S. Custos e benefícios globais das intervenções de abastecimento de água potável e saneamento para alcançar a meta dos ODM e a cobertura universal. **Organização Mundial da Saúde**, 2012.

IBGE, I. B. DE G. E E. **Censo 2022 Panorama**. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>>. Acesso em: 11 jul. 2023.

IPAAM, I. DE P. A. DO A. **Transparência Técnica**. Disponível em: <<<http://www.ipaam.am.gov.br/transparencia-tecnica/>>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

KEMERICH, P. D. DA C. et al. Áreas ocupadas por cemitérios e seus impactos na qualidade da água da cidade de Santa Maria – Rio Grande do Sul (Brasil). **Ciência e Natura**, v. 34, n. 2, p. 157–173, 2012.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência. **Agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33–38, 2002.

MMA, M. DO M. A. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.**

Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>.

Acesso em: 11 jul. 2022.

PEREIRA, H. C. et al. Migração rural-urbana por demanda educacional no Médio Solimões, Amazonas. **Revista Brasileira de Educação**, v. 27, 2022.

PETELET-GIRAUD, E. et al. Multi-layered water resources, management, and uses under the impacts of global changes in a southern coastal metropolis: When will it be already too late? Crossed analysis in Recife, NE Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 618, p. 645–657, mar. 2018.

RICO, A. et al. Pharmaceuticals and other urban contaminants threaten Amazonian freshwater ecosystems. **Environment International**, v. 155, p. 106702, out. 2021.

SANTOS, J. M. Análise dos procedimentos administrativos de água subterrânea no Estado do Amazonas. **Dissertação - Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, - Universidade do Estado do Amazonas**, 2020.

SIAGAS, S. DE I. DE Á. S. **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**. Disponível em: <<<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa>>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SILVA, Z. D. DA. **Levantamento e avaliação dos poços de abastecimento hídrico de Tefé**. Tefé, AM Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, , 2021.

UNITED NATIONS. The human right to water and sanitation. **Resolution 64/292 United Nations**, 2010.

Apêndice A

Formulário de Entrevista – Gestão de Águas	
Data:	
Local:	
Entrevistado:	
Entrevistador:	
1)	Que gestão das águas é realizada na cidade? Que tipos serviços são oferecidos no município?
2)	Quantas pessoas são atendidas?
3)	Como é feita a cobrança pelo uso das águas?
4)	Como lidam com infrações, furto de água, ligações ilegais?
5)	Como e de quanto em quanto tempo é realizado o monitoramento da potabilidade da água?
6)	Quais são as fontes de água para abastecimento? Se apenas poços, quantas fontes possuem e qual a profundidade?
7)	Os poços possuem registro em algum órgão?
8)	Qual a estimativa de perdas de água no sistema?
9)	Qual o consumo médio de água no município? Como funciona o sistema de bombeamento?
10)	Como é realizada a distribuição e o tratamento de água?
11)	Existe um sistema de coleta e tratamento de esgotos?



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0