

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

INFLUÊNCIA DO CRESCIMENTO URBANO DE SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA – AM NA QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS USADOS NO ABASTECIMENTO PÚBLICO

Luam da Conceição da Silva¹; Flávio Wachholz² Neliiane de Sousa Alves³

Abstract: This article investigates the influence of land use and land cover on the quality of groundwater used for public supply in the municipal area of São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brazil. Water samples were collected from 23 wells during fieldwork on April 5 and 6, 2022, with analysis of physicochemical parameters including pH, electrical conductivity, total dissolved solids, temperature, and turbidity. Land use within a 50-meter radius around each well was quantified using a Planet satellite image and geoprocessing techniques. Results showed that wells located near densely built-up areas exhibited greater variation in water quality, likely due to septic systems and lack of adequate sanitation. Conversely, wells in elevated areas with greater vegetation cover presented better water quality indicators. The integrated analysis highlights the critical role of urban planning and land use control in protecting groundwater sources for public supply. This study contributes to the development of water resource management strategies in urban areas of the Amazon region.

Resumo: Este artigo analisa a influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água subterrânea utilizada para o abastecimento público na sede municipal de São Gabriel da Cachoeira, Amazonas. Foram coletadas amostras em 23 poços durante campanha de campo realizada nos dias 5 e 6 de abril de 2022, com análise de parâmetros físico-químicos como pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, temperatura e turbidez. Também foi realizada a quantificação do uso da terra e da cobertura vegetal em um raio de 50 metros ao redor dos pontos de captação, com base em imagem de satélite Planet e técnicas de geoprocessamento. Os resultados demonstraram que áreas com maior concentração de edificações próximas aos poços apresentaram maior variação nos parâmetros de qualidade da água, possivelmente influenciadas pela presença de fossas sépticas e ausência de saneamento adequado. Pontos localizados em cotas elevadas e com maior cobertura vegetal mostraram melhores indicadores de qualidade. A análise integrada dos dados reforça a importância do planejamento urbano e do controle do uso do solo como instrumentos de proteção aos aquíferos utilizados no abastecimento público. O estudo contribui para o aprimoramento das políticas de gestão dos recursos hídricos em áreas urbanas da Amazônia.

Palavras-Chave – águas subterrâneas, uso do solo, qualidade da água.

1) Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Normal Superior – ENS, Av. Djalma Batista, 2470 – Chapada, Manaus-AM, CEP 69050-010, fone: (92) 3878-7721, Email: ldcs.mgr21@uea.edu.br

2) Professor Doutor do Programa do Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Normal Superior – ENS, Av. Djalma Batista, 2470 – Chapada, Manaus-AM, CEP 69050-10, fone: (92) 3878-7721, Email: fw_alemao@gmail.com

3) Professora Doutora do Programa do Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Normal Superior – ENS, Av. Djalma Batista, 2470 – Chapada, Manaus-AM, CEP 69050-10, fone: (92) 3878-7721, Email: nsalves@uea.edu.br

INTRODUÇÃO

Apesar da vasta disponibilidade de recursos hídricos na região Norte do Brasil, onde se localizam as maiores bacias hidrográficas do país, o abastecimento público de água em muitos centros urbanos ainda depende majoritariamente de fontes subterrâneas, como poços perfurados em áreas urbanas. Essa realidade é especialmente evidente em municípios isolados da Amazônia, como São Gabriel da Cachoeira (AM), onde a infraestrutura hídrica é limitada. No entanto, o crescimento urbano desordenado e as atividades antrópicas intensas, incluindo o uso inadequado do solo, comprometem a recarga e a qualidade dos aquíferos, alterando suas propriedades físicas e químicas, e contribuindo para a contaminação dos lençóis freáticos utilizados no abastecimento humano. Em corroboração, segundo Ribeiro e Walter (1998), as alterações no uso e ocupação do solo, especialmente em áreas urbanizadas, influenciam diretamente os processos hidrológicos, favorecendo a degradação da qualidade da água subterrânea e superficial.

Essa situação se agrava quando analisamos os dados de saneamento básico em municípios como São Gabriel da Cachoeira. Em 2022, apenas 21,8 % da população urbana contava com coleta de esgoto, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (BRASIL, 2022). Além disso, o Censo Demográfico do IBGE de 2022 revelou que cerca de 39,3 % dos domicílios não possuem banheiro ou sanitário, o que significa que seus moradores ainda utilizam cacimbas, quintais ou áreas naturais para as necessidades básicas. Esses números refletem a fragilidade da infraestrutura sanitária local, agravada pelo crescimento urbano desordenado e pela gestão ineficiente do uso do solo, comprometendo diretamente a qualidade das águas subterrâneas utilizadas no abastecimento público.

A limitada disponibilidade de estudos locais que estabeleçam uma correlação entre o uso e ocupação do solo urbano e os parâmetros físico-químicos da água subterrânea representa um obstáculo significativo para a gestão eficiente dos recursos hídricos na região amazônica. Essa lacuna de informações compromete o desenvolvimento de estratégias de monitoramento e mitigação da contaminação dos aquíferos, especialmente em municípios com infraestrutura sanitária precária, como São Gabriel da Cachoeira. Nesse contexto, a presente pesquisa se reveste de relevância científica e prática, ao buscar contribuir com dados e análises que subsidiem políticas públicas mais eficazes para a proteção e o manejo sustentável das águas subterrâneas em áreas urbanas da Amazônia.

São Gabriel da Cachoeira é um dos 62 municípios que compõem o Estado do Amazonas, localizado na região noroeste do estado, fazendo fronteira com a Colômbia e a Venezuela. O município é popularmente conhecido como “Cabeça do Cachorro”, em razão do formato de seu território que lembra a cabeça desse animal (ver Figura 1). A sede municipal está situada a aproximadamente 852 km em linha reta de Manaus, capital do estado, ou a cerca de 1.061 km por via fluvial, seguindo o curso do Rio Negro. De acordo com último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística realizado no ano de 2022, São Gabriel da Cachoeira possui uma população de 51.795 habitantes, sendo que cerca de 50,3% vivem na área urbana da sede municipal (IBGE, 2023).

São Gabriel da Cachoeira destaca-se por abrigar a maior proporção de população indígena do Brasil, com aproximadamente 90% de seus habitantes pertencentes a diferentes etnias, entre as quais se destacam os Arapaso, Baniwa, Baré, Desana, Tukano, Yanomami, entre outras. Em reconhecimento à diversidade cultural e linguística local, a Lei Municipal nº 145, de 22 de novembro de 2002, oficializou, além do Português, as línguas indígenas Nheengatu, Tukano e Baniwa como idiomas oficiais do município (CNM, 2019).

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água dos poços utilizados pela prefeitura de São Gabriel da Cachoeira - AM no abastecimento público, em 2022, e investigar a

influência do uso do solo urbano sobre os parâmetros físico-químicos observados. Os resultados deste estudo ampliam o entendimento sobre a relação entre a expansão urbana e a qualidade das águas subterrâneas na região amazônica, fornecendo bases técnicas para a gestão integrada dos recursos hídricos em áreas urbanas isoladas.

METODOLOGIA

Para atingir os objetivos dessa pesquisa, realizou-se uma revisão bibliográfica abrangente sobre a temática, com a consulta a livros, teses, dissertações, relatórios técnicos e, principalmente, artigos científicos.

No que concerne a quantificação do uso da terra e da cobertura vegetal da área de estudo, foi utilizada uma imagem de satélite PlanetScope, obtida em 22 de novembro de 2020, livre de cobertura de nuvens. A imagem possui resolução espacial de 3 metros, quatro bandas espectrais (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo) e resolução radiométrica de 12 bits.

A fim de fazer a delimitação da área de estudo foram necessários efetuar download de shapefiles dos setores censitários do IBGE e cartas topográficas do Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx). Por meio das cartas topográficas foi possível fazer extração da malha hídrica da sede municipal de São Gabriel da Cachoeira – AM, através do Software Qgis.

Em seguida, foi estruturado um banco de dados no software QGIS (versão 3.10.14), no qual foi elaborado o projeto para a quantificação do uso da terra e da cobertura vegetal na área de estudo. As classes de uso foram definidas com base no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Classes de uso segundo o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE.

	CLASSE I	COR	SUBCLASSE II
1	Área antrópica não agrícola	Red	1.1 Área Construída
2	Área de vegetação natural	Green	2.1 Vegetação
3	Água	Blue	3.1 Lâmina d'água
4	Outras Áreas	Grey	4.1 Terra Exposta

Elaboração: Luam da Conceição da Silva, 2025.

Utilizando o plugin Dzetsaka no QGIS 3.10.14, foram coletadas amostras das classes de uso da terra: vegetação, área construída, terra exposta e lâmina d'água. A classificação foi realizada com o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER), considerado o mais adequado para este estudo. A produção cartográfica e a geração dos mapas temáticos foram efetuadas por meio do Compositor de Impressão do próprio software.

Os parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas da área urbana do município de São Gabriel da Cachoeira foram obtidos a partir da coleta de amostras em 23 pontos de captação, realizados nos dias 6 e 7 de abril de 2022, com locais e rotas previamente definidos em etapa de planejamento. Todos os dados foram registrados em planilha elaborada no Software Excel do Pacote Office.

As variáveis temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos (TDS) e condutividade elétrica foram medidas in situ utilizando a sonda multiparâmetros HI98194 da Hanna Instruments. A coleta e a quantificação seguiram os procedimentos técnicos descritos no *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras* (CETESB, 2011), com apoio metodológico da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A figura 1 ilustra o dispositivo usado para quantificar os parâmetros mencionados.

Figura 1 – Sonda multi-parâmetros HANNA (HI98194).



Fonte: Hanna Instruments, 2025.

A sonda multiparâmetros foi calibrada poucas horas antes das coletas em campo, utilizando reagentes específicos para cada parâmetro físico-químico. A calibração do pHmetro foi realizada com soluções tampão padrão de pH 4, 7 e 10. Após a calibração, procedeu-se à coleta e quantificação das amostras de água.

RESULTADOS

Uso da Terra e Cobertura Vegetal

A Figura 2 ilustra a distribuição das classes de uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do perímetro urbano de São Gabriel da Cachoeira, compreendendo vegetação, área construída, solo exposto e lâmina d'água. Os dados quantitativos correspondentes estão sistematizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados quantitativos das classes de uso da terra de SGC-AM.

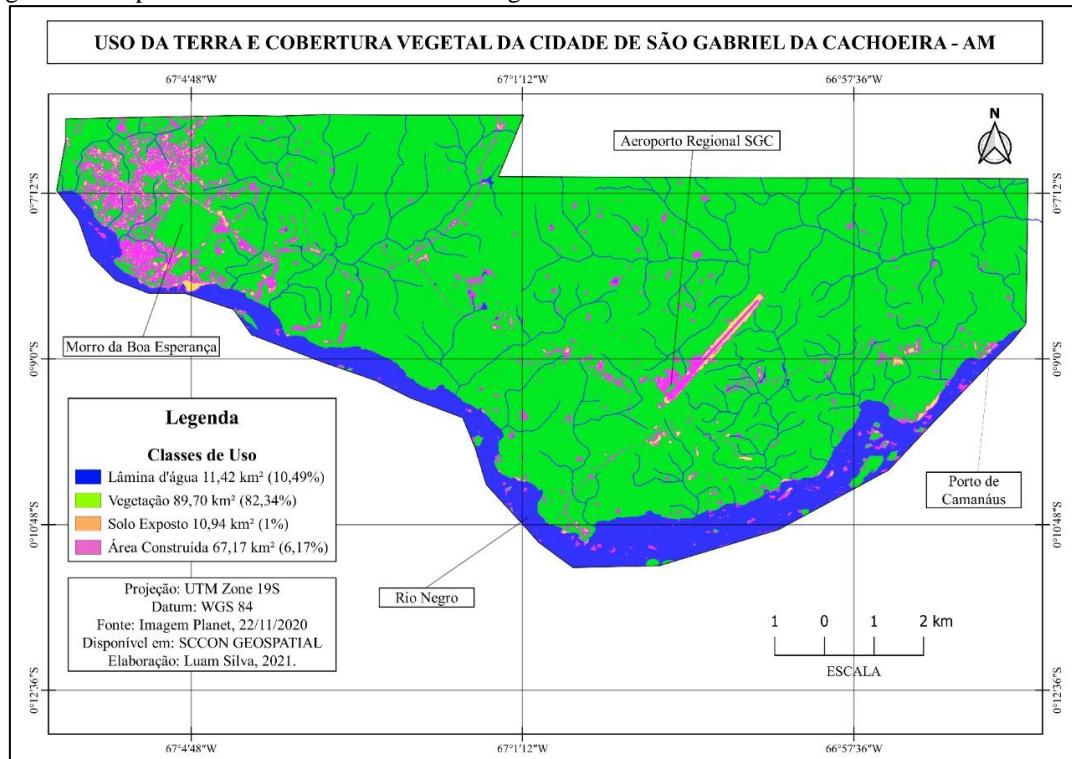
Classes de Uso	Área	
	Km ²	%
Vegetação	82,72	76,11
Área Construída	12,75	11,82
Solo Exposto	1,72	1,58
Lâmina d'água	11,39	10,48
Total	108,68	100

Fonte: Mapa de Uso da Terra, Figura 2. Elaboração: Luam da Conceição da Silva, 2025.

A classe de uso da terra predominante na área de estudo é a vegetação, ocupando 82,72 km², o que representa 76,11% da área analisada. As microbacias da sede municipal, em sua totalidade, mantêm cobertura de mata ciliar conforme a legislação vigente. No entanto, na porção oeste da cidade, onde se concentra a maior parte da população, observam-se intensas alterações antrópicas nas margens dos cursos d'água.

A classe Área Construída ocupa 12,75 km², correspondendo a 11,82% da área total analisada. Conforme evidenciado na Figura 2, sua maior concentração ocorre na região oeste e na área central, onde se localiza o Aeroporto Regional. Essa ocupação está associada aos principais bairros da cidade, com presença significativa de edificações próximas aos cursos d'água. Nessas áreas, observa-se o lançamento direto de efluentes domésticos e dejetos sanitários nas lâminas d'água.

Figura 2 – Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal da área urbana de São Gabriel da Cachoeira - AM.



Fonte: Planet Explorer. Elaboração: Luam da Conceição da Silva, 2025.

A classe Solo Exposto abrange 1,72 km², representando 1,58% da área total estudada. Sua distribuição é dispersa, com maior incidência no interior dos bairros, ao longo da BR-307, nas proximidades do aeroporto, nos bancos de areia das praias e nas áreas de extração mineral próximas ao Porto de Camanáus. Essa classe está diretamente associada a processos de erosão e assoreamento dos corpos hídricos e das bacias hidrográficas locais.

A classe Lâmina d'água corresponde a 11,39 km², representando 10,48% da área total analisada. Embora geralmente ocupe proporções menores em mapas de uso da terra, seu valor expressivo neste estudo deve-se à delimitação do recorte espacial, que abrange ampla faixa da margem esquerda do Rio Negro, incluindo a orla urbana e ilhas situadas em frente à cidade.

Localização dos pontos de captação de água

Por meio de atividades de campo, foram identificados 23 poços de captação de água subterrânea utilizados no abastecimento público da sede municipal de São Gabriel da Cachoeira. As informações do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da CPRM (2023) auxiliaram no reconhecimento dos pontos e na coleta das coordenadas geográficas para a produção cartográfica. A Figura 3 e o Quadro 3 apresentam a localização, profundidade e demais dados relevantes dos pontos de captação.

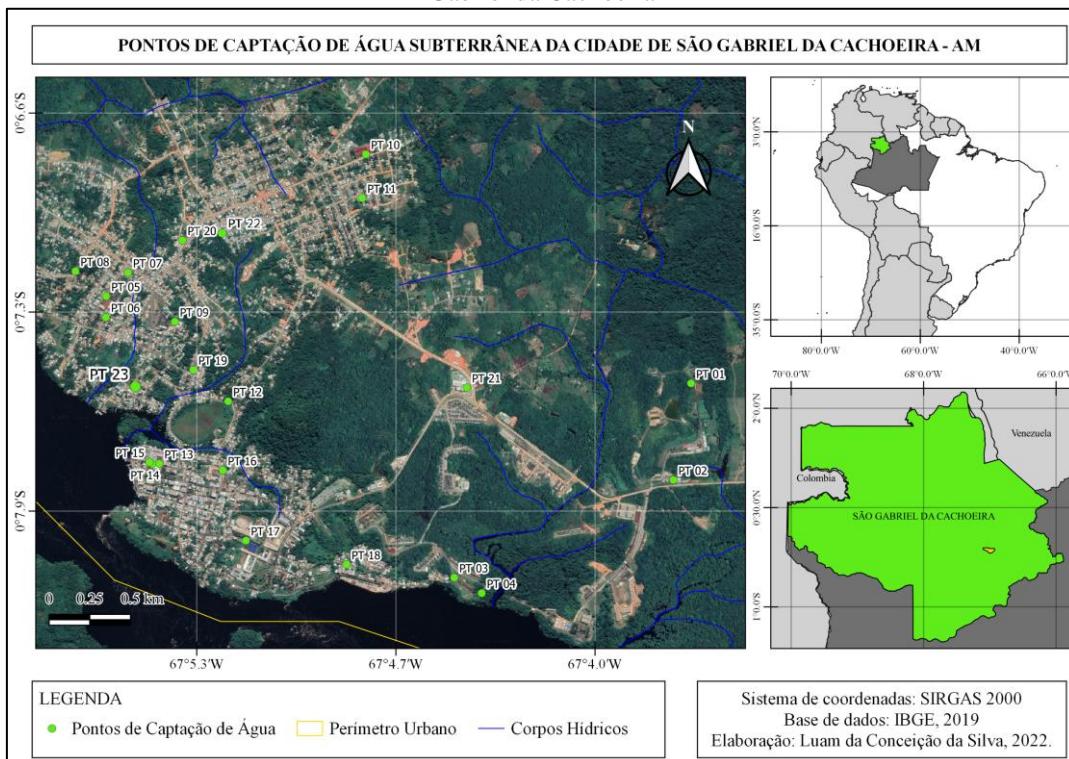
Quadro 2 – Poços utilizados pela Prefeitura Municipal de São Gabriel da Cachoeira no abastecimento público de água

Id n° pt	Id n° SIAGAS	Nome do poço	Coordenadas		Prof. Pç (m)
			Latitude	Longitude	
PT01	1300000131	Poço do IFAM	0° 07' 29.8" S	67° 03' 42.1" O	70
PT02		IFAM Cx. D'água da quadra	0° 07' 49.0" S	67° 03' 45.6" O	
PT03		Cx. D'água Vila General Jaborandy	0°08' 08.40" S	67° 04' 28.2" O	
PT04		Poço Vila General Jaborandy			
PT05		Poço E.E. Irmã Inês Penha	0° 7' 12.5" S	67° 05' 38.4" O	
PT06	1300004958	Poço UBS Dabaru	0° 7' 6.6" S	67° 05' 38.5" O	60
PT07	1300004960	Poço Praça Dabaru	0° 7' 7,7" S	67° 05' 34.1" O	80

PT08		Bica Cx. D'água Tiago Montalvo	0° 7' 7.5" S	67° 05' 44.5" O	
PT09		E.M.E.I.I. Tiago Montalvo Cx. D'água	0° 7' 17.5" S	67° 05' 24.8" O	
PT10		Poço E. E. Sagrada Família	0° 6' 44.2" S	67° 04' 46.8" O	
PT11		Poço Miguel Quirino	0° 6' 52.9" S	67° 04' 47.5" O	
PT12		Poço Prox. Rádio Municipal	0° 7' 33.4" S	67° 05' 14.2" O	
PT13		Poço E. E. Dom João Marchesi	0° 7' 45.8" S	67° 05' 27.9" O	
PT14	1300004959	Poço Igreja Dom Bosco	0° 7' 45.8" S	67° 05' 29.3" O	40
PT15		Poço Casa Arimatéia	0° 7' 45.5" S	67° 05' 29.8" O	
PT16	1300004957	Poço em frente a Prefeitura Municipal	0° 7' 47.1" S	67° 05' 15.2" O	91
PT17		Poço E. E. Colégio São Gabriel	0° 8' 1.1" S	67° 05' 10.6" O	
PT18		Poço Chibé Praia Carneiro	0° 8' 05.8" S	67° 04' 50.6" O	
PT19		Poço Graciliano	0° 7' 27.1" S	67° 05' 21.1" O	
PT20		Cx. D'água P. de Combustível ON II	0° 7' 01.3" S	67° 05' 23.2" O	
PT21		Poço E. E. CETI Pedro Fukuyei	0° 7' 30.64" S	67° 04' 26.7" O	
PT22	1300004961	Poço UBS Areal	0° 6' 59.96" S	67° 05' 15.5" O	72
PT23		Poço Padre Cícero	0° 7' 30.59" S	67° 05' 35.2" O	

Fonte: Campo, 05/04/2022 e 16/09/22. Elaboração: Luam da Conceição da Silva, 2025.

Figura 3 – Distribuição de poços pontos de captação de águas subterrâneas em diversos bairros da cidade de São Gabriel da Cachoeira



Fonte: IBGE, 2019 e Campo, 05/04/2022 e 16/09/22. Elaboração: Luam da Conceição da Silva, 2025.

Parâmetros Físico-químicos dos poços

As análises físico-químicas realizadas em 21 poços de captação de água subterrânea na sede municipal de São Gabriel da Cachoeira, nos dias 5 e 6 de abril de 2022, revelam variações importantes nos parâmetros avaliados, com implicações diretas sobre a qualidade da água destinada ao abastecimento humano.

Os valores de pH variaram entre 4,15 (PT23) e 6,92 (PT03), evidenciando a predominância de águas levemente ácidas a moderadamente ácidas, com exceção do PT03, que apresentou valor próximo da neutralidade. A acidez observada em grande parte dos pontos pode estar associada à presença de matéria orgânica em decomposição ou à natureza geológica do aquífero, o que reforça a necessidade de correção do pH para padrões compatíveis com os limites de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que recomenda valores entre 6,0 e 9,5.

A condutividade elétrica (CE) variou entre 29 µS/cm (PT05) e 303 µS/cm (PT23), sendo este último um indicativo de possível influência antrópica ou presença elevada de íons dissolvidos, como cálcio, magnésio, sódio e cloretos. A CE média dos pontos analisados permanece, no entanto, dentro de faixas comuns para águas subterrâneas em regiões tropicais, embora os valores mais elevados (PT23, PT09, PT15) mereçam atenção quanto ao risco de contaminação.

Os valores de sólidos totais dissolvidos (TDS) seguiram a tendência da CE, variando de 14 mg/L (PT05) a 152 mg/L (PT23), situando-se abaixo do limite máximo permitido para potabilidade (1000 mg/L), conforme a legislação vigente. Essa baixa concentração indica, de modo geral, boa qualidade físico-química da água, embora os pontos com maiores valores (superiores a 100 mg/L) devam ser monitorados periodicamente.

A temperatura da água oscilou entre 27,20 °C (PT09) e 32,88 °C (PT23), valores condizentes com o regime climático equatorial da região, mas que podem influenciar diretamente a solubilidade de gases e a atividade biológica nas águas subterrâneas.

A turbidez apresentou-se nula em quase todos os pontos, com exceção de PT03 (0,16 NTU), PT20 (0,88 NTU) e PT21 (1,11 NTU). Embora baixos, esses valores indicam possível presença de partículas em suspensão, que podem estar associadas a perturbações no aquífero, infiltração superficial ou ausência de vedação adequada nos poços.

Dois pontos apresentaram restrições operacionais: o PT04 não pôde ser acessado e o PT22 estava inoperante devido a falha na bomba. Esses fatores devem ser considerados no planejamento da manutenção e ampliação do sistema de abastecimento local. Conforme exposto no quadro 4.

Quadro 3 – Resultado das análises físico-químicas dos poços/pontos de captação de águas subterrâneas da Cidade de São Gabriel da Cachoeira - AM, campo realizado nos dias 05 e 06 de abril de 2022

Id nº PT	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade Elétrica (CE)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	Temperatura (°C)
PT01	5,04	0,00	37	18	28,28
PT02	6,84	0,00	46	23	31,44
PT03	6,92	0,16	119	59	31,12
PT04 SEM ACESSO					
PT05	4,90	0,00	29	14	28,88
PT06	4,28	0,00	134	67	28,37
PT07	5,01	0,00	153	77	28,80
PT08	4,60	0,00	150	75	28,79
PT09	6,57	0,00	209	105	27,20
PT10	6,70	0,00	75	38	29,11
PT11	5,70	0,00	51	26	27,74
PT12	4,80	0,00	137	69	29,41
PT13	4,61	0,00	49	25	28,81
PT14	6,10	0,00	154	77	29,33
PT15	6,31	0,00	173	86	29,99
PT16	5,04	0,00	34	17	29,70
PT17	5,77	0,00	71	36	27,24
PT18	5,13	0,00	144	72	28,77
PT19	5,00	0,00	138	69	28,56

PT20	4,93	0,88	80	40	30,23
PT21	5,56	1,11	44	22	28,76
PT22	BOMBA DANIFICADA				
PT23	4,15	0,00	303	152	32,88

Fonte: Campo, 05 e 06 de abril de 2022. Elaboração: Luam da Conceição da Silva, 2025

Levantamento do uso da terra no entorno dos poços

A Tabela 2 apresenta a distribuição das classes de uso da terra e cobertura vegetal — Área Construída, Solo Exposto e Floresta — em um raio de 50 metros ao redor dos 23 pontos de captação de água subterrânea. A ordenação dos pontos segue a sequência numérica dos poços (PT-01 a PT-23), permitindo uma análise sistemática e comparativa entre as diferentes unidades de captação. Observa-se uma variação significativa na cobertura da categoria Área Construída, com destaque para o PT-14 e PT-15, que apresentam as maiores extensões edificadas (7.596 m^2), contrastando com o PT-04, que registra a menor área construída (1.710 m^2). Cabe ressaltar que, em nenhum dos pontos analisados, foi identificada a presença da classe Lâmina d'água no entorno imediato dos poços.

Tabela 2. Levantamento das classes de uso da terra e cobertura vegetal, níveis de declividade e cota altimétrica dos 23 pontos de captação de água subterrânea.

POÇOS	NOME	USO DA TERRA					
		Área construída		Solo exposto		Floresta	
		pixel	área m ²	pixel	área m ²	pixel	área m ²
PT-01	Ifam CISTERNA	324	2916	4	36	536	4824
PT-02	Ifam cx d'água quadra	754	6786	52	468	49	441
PT-03	Cx d'água Vila Jaborandy	697	6273	99	891	63	567
PT-04	Poço Vila Jaborandy	190	1710	4	36	663	5967
PT-05	Poço EE Irmã Inês Penha	661	5949	192	1728	0	0
PT-06	Poço UBS Dabaru	828	7452	32	288	0	0
PT-07	Poço Praça Dabaru	823	7407	32	288	0	0
PT-08	Bica Tiago Montalvo	778	7002	46	414	38	342
PT-09	EMEI Prof Tiago Montalvo	799	7191	55	495	0	0
PT-10	EE Sagrada Família	368	3312	487	4383	0	0
PT-11	Poço Miguel Quirino	821	7389	37	333	0	0
PT-12	Poço Prox. Rádio Municipal	678	6102	128	1152	47	423
PT-13	EE Dom João Marchesi	838	7542	22	198	0	0
PT-14	Poço Igreja Dom Bosco	844	7596	15	135	0	0
PT-15	Casa Arimatéia	844	7596	11	99	0	0
PT-16	Poço Prefeitura	831	7479	24	216	0	0
PT-17	EE Colégio São Gabriel	817	7353	31	279	8	72
PT-18	Poço Xibé Praia Carneiro	832	7488	23	207	0	0
PT-19	Cx d'água Graciliano	843	7587	13	117	2	18
PT-20	Cx Bica Posto de Combustível	840	7560	12	108	0	0
PT-21	Poço EE CETI	831	7479	28	252	0	0
PT-22	Poço UBS Areal	755	6795	12	108	87	783
PT-23	Poço Padre Cícero	805	7245	49	441	0	0

Fonte: Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Declividade e Hipsométrico de São Gabriel da Cachoeira.

Elaboração: Luam da Conceição da Silva, 2025.

A análise do uso da terra no entorno dos poços de captação de água subterrânea em São Gabriel da Cachoeira evidencia a predominância de áreas construídas, refletindo a intensa ocupação urbana. Poços como PT-14, PT-15 e PT-20 apresentam mais de 7.500 m² de área construída, com ausência de cobertura vegetal, o que potencializa processos de impermeabilização do solo e aumenta o risco de contaminação da água por escoamento superficial e infiltração de poluentes.

A presença de solo exposto em poços como PT-12 e PT-05, com áreas superiores a 1.100 m² e 1.700 m², respectivamente, reforça a vulnerabilidade dessas áreas, uma vez que a falta de cobertura natural facilita a degradação do solo e compromete a qualidade da água subterrânea.

Apenas dois poços, PT-01 e PT-04, apresentam cobertura florestal significativa, superior à área construída, indicando maior potencial de proteção ambiental. A vegetação nativa no entorno dos poços atua como barreira natural contra contaminantes, além de favorecer a recarga do aquífero.

Os dados apontam para a necessidade de medidas de gestão ambiental que promovam a proteção das zonas de recarga, com foco na restauração da vegetação nativa e no controle da urbanização desordenada. Embora não foi encontrada uma correlação estatística entre uso do solo e qualidade da água, é necessário reforçar o ordenamento territorial na preservação dos recursos hídricos subterrâneos utilizados no abastecimento público.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam a estreita relação entre o uso e ocupação do solo urbano e a qualidade da água subterrânea nos poços utilizados para o abastecimento público em São Gabriel da Cachoeira – AM. A análise físico-química das amostras coletadas em 23 pontos de captação revelou variações nos parâmetros, especialmente no pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, que, embora estejam dentro de limites aceitáveis para potabilidade na maioria dos casos, demonstram indícios de influência antrópica em áreas mais densamente ocupadas.

A predominância da classe vegetação na área urbana do município indica ainda significativa preservação ambiental, no entanto, a presença de áreas construídas e de solo exposto próximas aos poços de captação, aliada à ausência de infraestrutura adequada de saneamento básico em grande parte da cidade, contribui para o risco de contaminação dos aquíferos. Pontos localizados em áreas com maior densidade de edificações e presença de fossas sépticas, como nos bairros Dabarú e Areal, demonstraram maior vulnerabilidade à degradação da qualidade da água subterrânea.

As análises espaciais, apoiadas por geotecnologias e dados de campo, reforçam a importância de considerar as características do entorno dos poços — como declividade, cobertura do solo e cota altimétrica — na gestão dos recursos hídricos urbanos. Os dados obtidos também revelam a carência de políticas públicas voltadas à proteção das zonas de recarga e à regularização do uso e ocupação do solo nas áreas sensíveis do município.

Dessa forma, este trabalho contribui tecnicamente para o entendimento dos impactos do uso da terra sobre a qualidade das águas subterrâneas e destaca a urgência de medidas integradas de planejamento urbano, saneamento básico e monitoramento ambiental, de modo a assegurar a segurança hídrica da população de São Gabriel da Cachoeira.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado do Amazonas - UEA por oportunizar aos discentes, crescimento acadêmico, profissional e pessoal. À Agência Nacional de Águas e Saneamento – ANA, por meio do projeto CAPES/ANA AUXPE n° 2717/2015, que financia o programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – Profágua, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, código de financiamento 001, por disseminar e solidificar a pós-graduação stricto sensu em todos os Estados do país, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, por conceder bolsas de estudos para produção desta pesquisa. O segundo e terceiro autores agradecem a UEA pela concessão da Gratificação de Produtividade Acadêmica.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional; SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Indicadores de saneamento – 2022*. Brasília: SNIS, 2023. Acesso em: 23 jun. 2025.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. BRANDÃO, Carlos Jesus et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CNM. Prefeito de São Gabriel da Cachoeira busca orientações na CNM para aprimorar saúde no Município. 2019. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/prefeito-de-sao-gabriel-da-cachoeira busca-orientacoes-na-cnm-para-aprimorar-a-saude-no-municipio>. Acesso em: 06 jun. 2025.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS**, 2023. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 08 jun. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022: características dos domicílios – resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. 3. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf. Acesso em: 7 de jun. de 2025.

RIBEIRO, W. C.; WALTER, A. C. S. *Geografia e meio ambiente no Brasil*. São Paulo: Contexto, 1998.