

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE USO DAS ÁGUAS DO RIO GURUPI NO ABASTECIMENTO PÚBLICO DE VISEU/PA

João Batista Marcelo de Lima¹ ; Catharina dos Prazeres Campos de Farias²; Luciana Souza Brabo²; Luanna Costa Dias² & Mauro Sérgio Rodrigues Batista²

Abstract: Coastal cities sometimes cannot rely on surface drainage for the public supply of the population, due to the advance of ocean waters or the compromised water quality, as a reflection of anthropic activities in the watersheds. In this context, the present work aims to evaluate the possibility of using the Gurupi River, the natural border of the states of Pará and Maranhão, as a water source for the municipality of Viseu, northeast of Pará, in a 30-year horizon. For this, the geochemical analyses of the Geological Survey of Brazil, from 2008, 2014, and 2023, were used, in addition to the 50-year fluvimetric historical series of the most downstream station on the river in question, Alto Bonito (32620000). The results show a promising scenario, since, in the qualitative aspect, the levels of Chloride (Cl), Salinity, Nitrite (NO₂), Nitrate (NO₃), Phosphate (PO₄), and Sulphate (SO₄) are below the maximum values allowed by CONAMA Resolution n° 357/2005, while, in the quantitative aspect, the ecological flow (Q₉₅) presents a level in which 2,0% of its magnitude has the potential to meet the demands of the municipality, in the horizon specified above.

Keywords - water resources, water quality, public supply.

Resumo: As cidades litorâneas por vezes não podem contar com drenagens superficiais para o abastecimento público da população, por conta do avanço das águas oceânicas ou pelo comprometimento da qualidade hídrica, como reflexo das atividades antrópicas nas bacias hidrográficas. Neste contexto, o presente trabalho tem a finalidade de avaliar a possibilidade de uso do Rio Gurupi, divisa natural dos estados do Pará e Maranhão, como manancial hídrico para o município de Viseu, nordeste paraense, em um horizonte de 30 anos. Para isso foram utilizadas as análises geoquímicas do Serviço Geológico do Brasil, de 2008, 2014 e 2023, além da série histórica fluviométrica de 50 anos do posto mais à jusante no rio em questão, Alto Bonito (32620000). Os resultados mostram um cenário promissor, pois, no aspecto qualitativo, os teores de Cloreto (Cl), Salinidade, Nitrito (NO₂), Nitrato (NO₃), Fosfato (PO₄) e Sulfato (SO₄) encontram-se abaixo dos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, ao passo que, no aspecto quantitativo, a vazão ecológica (Q₉₅) apresenta um patamar no qual 2,0% de sua magnitude tem potencial para atender às demandas do município, no horizonte acima especificado.

Palavras-Chave – Recursos hídricos, qualidade de água, abastecimento público

INTRODUÇÃO

Segundo o Atlas Águas do Brasil, publicado pela Agência Nacional de Águas, o estado do Pará possui alta segurança hídrica no abastecimento, 68,0% dos municípios sem vulnerabilidade nos mananciais e 63,75% da população atendida pelo sistema público integrado (ANA, 2021). De acordo com o IBGE, a citada unidade da federação possui 144 municípios que reúnem cerca de 8,12 milhões

¹) Autor Principal. Serviço Geológico do Brasil. Av. Dr. Freitas, n° 3645, Cep: 66095-904. Tel: (91) 3182-1320, e-mail: joao.marcelo@sgb.gov.br

²) Co-autores. Serviço Geológico do Brasil. Av. Dr. Freitas, n° 3645, Cep: 66095-904. Tel: (91) 3182-1320

de habitantes (IBGE, 2023). A disponibilidade hídrica superficial em todo o estado é elevada, sendo a vazão do Rio Amazonas, na sua foz, a maior representação desta potencialidade, com o valor médio de 200.000 m³/s (GUEDES, 2020).

Quanto à disponibilidade de água subterrânea, o sistema aquífero Alter do Chão, que permeia, também, os estados do Amazonas e Amapá, destaca-se, ofertando à população residente na sua área de influência, algo em torno de 86.550 x 10⁶ m³ de reserva permanente, em outras palavras, uma quantidade considerável de água, com possibilidade de uso para fins diversos (ANA, 2015). Ressalta-se que a maioria dos municípios paraenses é abastecida por mananciais subterrâneos, o que ocorre em 75% das cidades (ANA, 2021). A Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) presta o serviço de abastecimento de água a 53 municípios (37,0%) e 77 sistemas são operados por serviços autônomos (53,0%). O restante se divide entre a BRK Ambiental Araguaia, dez municípios, (7,0%), AEGEA Saneamento e a HidroForte, dois municípios cada (3,0%) (ANA, 2021; SNIS, 2021).

Apesar do considerável número de sedes urbanas sem vulnerabilidade nos mananciais (68,0%), há, no coletivo paraense, dez delas apresentando situação de média e baixa fragilidade, 1,0% e 9,0%, respectivamente. Dentre elas encontra-se Viseu, no nordeste do estado, cuja fonte de água é superficial, a qual atendeu apenas 26,0% da população urbana, em 2020, com média de consumo per capita de 73,40L/hab.dia, abaixo, portanto, 51,0% da média nacional, no mesmo ano: 151,1L/hab.dia (SNIS, 2021).

Neste contexto, o presente trabalho tem a finalidade de avaliar a possibilidade de uso das águas do Rio Gurupi, como manancial para o abastecimento da população do município de Viseu, integrante da bacia hidrográfica do rio em questão, levando-se em conta, no quesito quantidade, a adoção de um percentual da vazão com 95% de permanência no curso d'água - Q95 (vazão ecológica), e, no quesito qualidade, a concentração dos parâmetros Cloreto (Cl), Salinidade (‰), Nitrito (NO₂), Nitrato (NO₃), Fósforo (PO₄), e Sulfato (SO₄), que se encontram presentes nas normas de enquadramento dos corpos hídricos e/ou de qualidade das águas para consumo humano, pois estão associados, principalmente, ao despejo de esgotos no meio físico, ao avanço de águas oceânicas em regiões litorâneas e ao uso de fertilizantes e defensivos agrícolas nas bacias hidrográficas.

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Gurupi (BHRG) estende-se pelo nordeste do Pará e oeste do Maranhão, com uma área aproximada de 35.058,0 km². Pertence à Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, segundo divisão da ANA (LIMA et al., 2017) (Figura 1).

A BHRG acomoda as sedes de Dom Eliseu, Paragominas, Ulianópolis e Viseu, no Pará, além de Açailândia, Boa Vista do Gurupi, Carutapera, Centro Novo do Maranhão, Itinga do Maranhão, Junco do Maranhão e São Francisco do Brejão, no estado vizinho (LIMA et al., 2017). Constitui-se em uma superfície com expressiva rede de drenagem, onde os principais afluentes do Gurupi são os rios Piriá, Uraim, Gurupizinho e Açailândia. Ressalta-se que parte dos cursos d'água de municípios litorâneos, da região nordeste do Pará, tem influência direta das marés, sendo que, em alguns casos, estima-se que não haja a possibilidade do uso das águas para abastecimento público, sem o uso de dessalinizadores, Figura 2.

No aspecto geológico, a BHRG é composta por formações sedimentares, na faixa centro-sul, enquanto que na porção centro-norte há maior concentração de rochas do ambiente cristalino. Neste cenário, parte da sede municipal de Viseu encontra-se sobre o Granitoide Tromai, que se constitui em uma formação do ambiente cristalino, mais precisamente uma rocha ígnea, cuja estrutura maciça impede a penetração, percolação e acúmulo de água em seu interior (SGB-CPRM, 2004) (Figura 2).

Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio Gurupi.

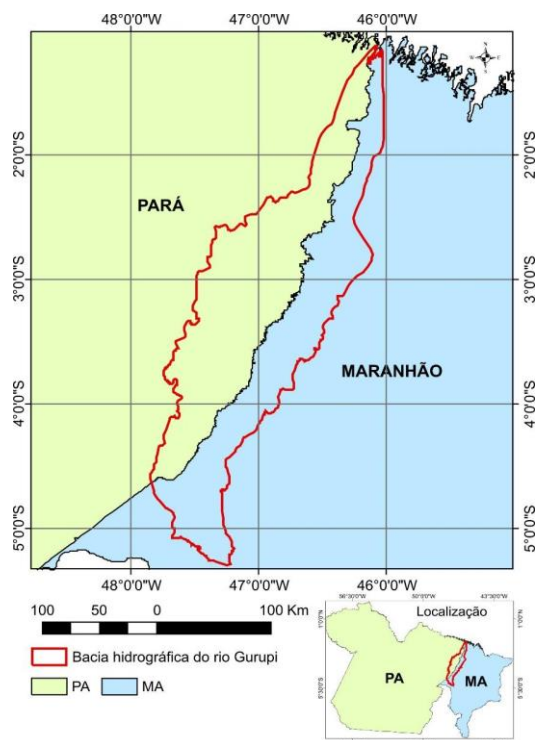
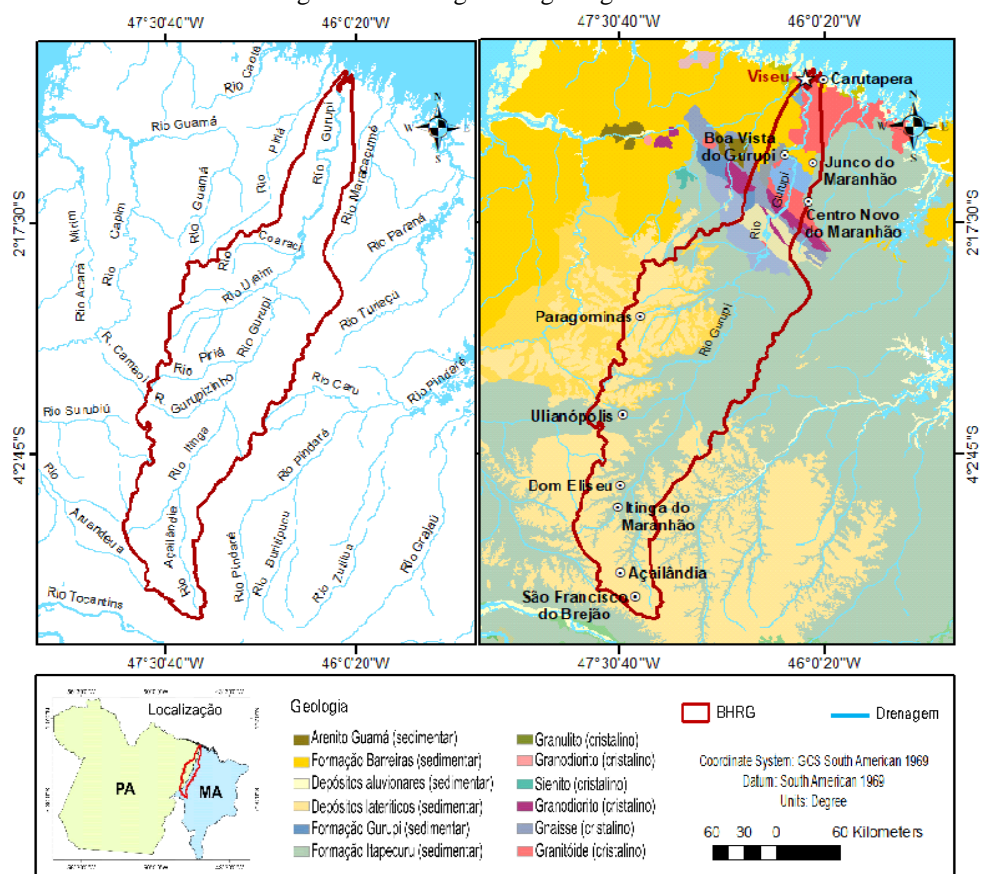


Figura 2 – Hidrografia e geologia da BHRG.



Quanto à altimetria da área, a bacia hidrográfica em questão resume-se a uma superfície plana, cuja topografia varia entre 300,0 m (sul) a <50,0 m (norte), numa extensão de 372,0 km. Possui declive entre 0,0% e 20,0%, o que corresponde à presença de relevos ondulados a suavemente ondulados (SGB-CPRM, 2010; KUBOTA et al., 2019).

De acordo com o Atlas Pluviométrico do Brasil, a BHRG recebe, anualmente, chuvas entre 1.600 mm (ao sul) e 2.300 mm (ao norte), em média (SGB-CPRM, 2011). Já no trimestre mais seco, que vai de junho a agosto, a média estabiliza-se entre 25 mm e 350 mm, respectivamente (LIMA et. al., 2017). Dados demográficos mostram 284.763 pessoas residindo na BHRG, em 2022, com densidade populacional na casa dos 8,12 hab./km² (IBGE, 2023).

MATERIAIS E MÉTODO

O Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), através do projeto Geoquímica Ambiental, levanta informações sobre a ocorrência de elementos e compostos químicos essenciais e/ou prejudiciais à vida humana e animal nas águas correntes, de abastecimento e no solo, em todo o território brasileiro.

Em consulta ao citado acervo de informações, foram selecionadas 12 análises geoquímicas das águas do Rio Gurupi, nas quais estão presentes concentrações de Cloreto (Cl), Nitrito (NO₂), Nitrato (NO₃), Fosfato (PO₄) e Sulfato (SO₄), parâmetros estes priorizados em função de estarem presentes nas normas de enquadramento dos corpos hídricos, (CONAMA, 2005) e de qualidade das águas para consumo humano (BRASIL, 2021), cuja alteração nos teores está associada, principalmente, ao despejo de dejetos humanos no meio ambiente. Adicionalmente, foi calculada a Salinidade (S) das amostras, em função do Cloreto, através da Equação 1 (VIANA, 2020; SOUZA, 2023). Os Valores Máximos Permitidos (VMP), de CONAMA (2005), respaldaram os resultados da avaliação de qualidade das águas.

$$S (\%) = 1,80655 \times (\text{mg Cl/L})/1000 \quad (1)$$

Onde S é a salinidade e mg Cl/L é a concentração de Cloreto da amostra.

De acordo com Creão (2012) e Dovidauskas *et al.* (2016), a concentração exacerbada de compostos de nitrogênio, fósforo e enxofre traz evidências de possível contaminação por esgotos domésticos ou por agroquímicos utilizados na bacia hidrográfica do curso d'água analisado. Já o parâmetro cloreto, que está intimamente associado ao sódio, mostra indícios de presumível avanço de águas oceânicas, ou pode estar associado também a efluentes domésticos. Na Figura 3 estão indicados os pontos de coleta das análises supracitadas.

Quanto à aquisição de dados fluviométricos, fez-se a escolha da série histórica de vazões do posto fluviométrico Alto Bonito (32620000), de janeiro/1972 a outubro/2022, que está situado sob as coordenadas 01°47'49"S, 46°18'43"W, cerca de 68,0 km à montante da sede de Viseu, e possui uma área de drenagem de 31.900 km², aproximadamente 94,0% da BHRG (Figura 3). As informações do referido posto embasaram o cálculo da Q₉₅, através das rotinas do programa Hidro da ANA.

Com o intuito de correlacionar a concentração dos seis parâmetros investigados com a intensidade das chuvas na BHRG, procedeu-se o cálculo das precipitação média da bacia levando em conta as estações pluviométricas da Figura 3 que são: : Alto Bonito (00146008), Cafezal (00247005), Paragominas (00347000), Fazenda Rural Zebu (00346001), Gurupizinho (00347001), Km zero/PA-70 (00447001) e Reta Km 32 (00447002), possuem mais de 30 anos de observação, logo, atendem aos preceitos expostos da OMM (Organização Mundial de Meteorologia).

Com a finalidade de apresentar a vazão e o perfil batimétrico no trecho do rio onde foram concentradas as coletas de água para análise geoquímica, executou-se uma medição de descarga

líquida, em 28/09/2023, com o uso do equipamento ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*), que se constitui em um medidor acústico cuja dinâmica no processamento de informações permite às instituições operadoras de redes hidrometeorológicas diminuir o tempo entre a aquisição do dado e a disponibilização deste à sociedade, como também padroniza o cálculo das vazões e a obtenção dos componentes hidráulicos das seções de medição em nível nacional (ANA, 2017). Na Figura 4 é possível observar o levantamento realizado no Rio Gurupi, sob as coordenadas 1° 16' 30" S, 46° 09' 20" W, em período de maré baixa.

Figura 3 – Localização dos pontos de coleta de água e de monitoramento pluvio-fluviométrico.

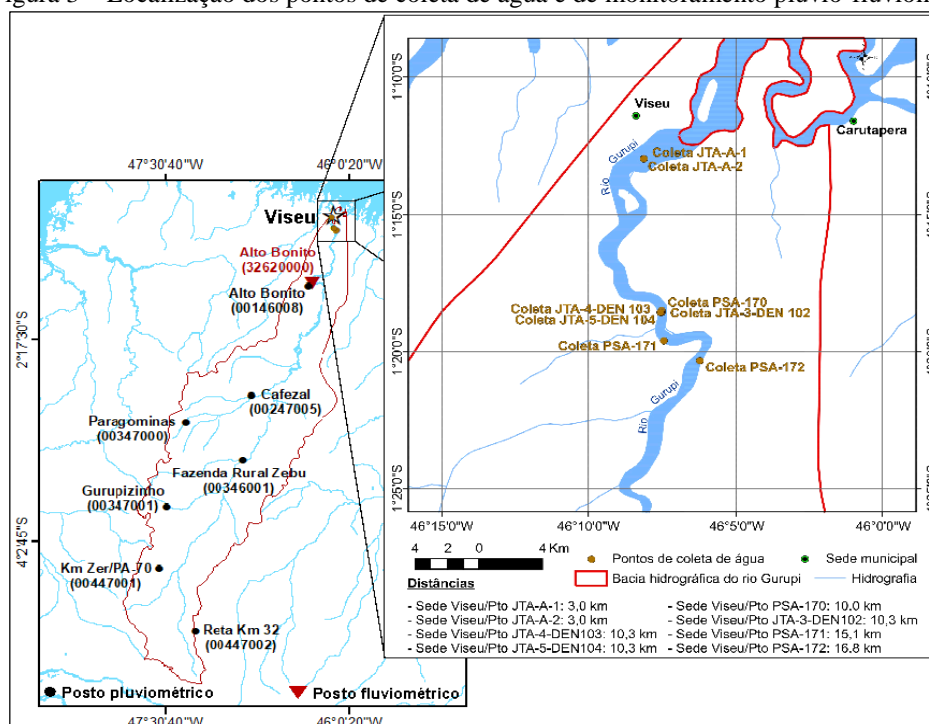
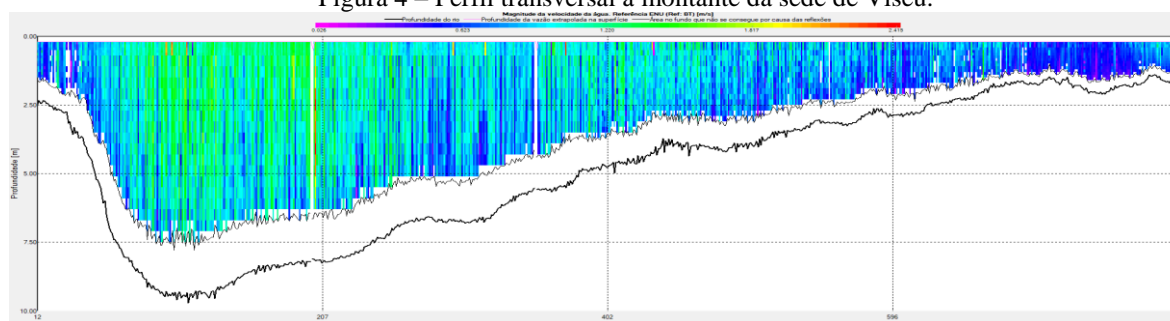


Figura 4 – Perfil transversal à montante da sede de Viseu.



Fonte: SGB-CPRM (2023).

Na imagem supracitada apresenta-se a seção transversal do rio, localizada a 7,4 km a montante da sede municipal de Viseu, a qual possui cerca de 580,0 m de largura, velocidade média da água de 0,88 m/s, profundidade de 4,71 m e vazão de 2,44 m³/s. Ressalta-se que a profundidade máxima registrada é de 7,30 m, a menos de 70 m da distância da margem. Esta característica fisiográfica é favorável à manutenção de fluxos e contrafluxos, contribuindo assim com a maior eficiência da diluição das águas marinhas no rio, algo positivo para a captação de água bruta visando o abastecimento público (AZEVEDO, 2021; SALES; MARQUES; PINHEIRO, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

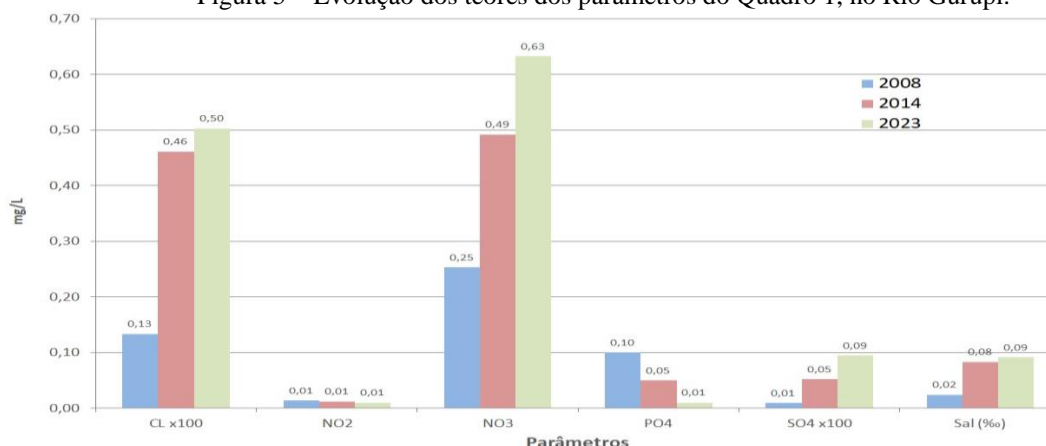
No Quadro 1 é possível observar os resultados das 12 análises geoquímicas anteriormente citadas, cujas coletas foram realizadas nos anos de 2008, 2014 e 2023. Ressalta-se que as metodologias utilizadas nos procedimentos de coleta, armazenamento e transporte de amostras, bem na investigação laboratorial, se encontram descritas em Lins (2003) e SGB-CPRM (2013), respectivamente.

A evolução das concentrações dos parâmetros do quadro anterior, pode-se observar, graficamente, na Figura 5.

Quadro 1 – Resultados das análises geoquímicas das águas do rio Gurupi próximas à Viseu.

LOTE 1991/BE		RA: 142/BE/08								
N° COLETA	DATA DA COLETA	LATITUDE	LONGITUDE	Cl (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Salinidade (‰)	
PS-A-170	10/06/2008	1° 18' 29" S	46° 07' 48" W	13,47	<0,01	0,29	<0,10	0,95	0,024	
PS-A-171	10/06/2008	1° 19' 39" S	46° 08' 27" W	13,23	0,02	0,12	<0,10	0,87	0,024	
PS-A-172	11/06/2008	1° 20' 16" S	46° 05' 57" W	13,27	<0,01	0,35	<0,10	0,87	0,024	
Nota: Todas as coletas foram realizadas com maré baixa.										
LOTE 2845/BE		RA: 122/BE/14								
N° COLETA	DATA DA COLETA	LATITUDE	LONGITUDE	Cl (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Salinidade (‰)	
JTA-A-1	17/06/2014	1° 12' 57,6" S	46° 08' 09,6" W	10,68	0,02	0,48	<0,05	1,05	0,019	
JTA-A-2	17/06/2014	1° 12' 57,6" S	46° 08' 09,6" W	74,38	0,01	0,88	<0,05	9,07	0,134	
Nota: JTA-A-1, coleta com maré baixa. JTA-A-2, coleta com maré alta.										
LOTE 2856/BE		RA: 176/BE/14								
N° COLETA	DATA DA COLETA	LATITUDE	LONGITUDE	Cl (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Salinidade (‰)	
JT-A-3-DEN102	09/10/2014	1° 18' 34" S	46° 08' 51,3" W	17,28	<0,01	0,31	<0,05	1,3	0,031	
JT-A-3-DEN103	10/10/2014	1° 18' 34" S	46° 08' 52,7" W	111,65	<0,01	0,45	<0,05	13,61	0,202	
JT-A-5-DEN104	10/10/2014	1° 18' 32,6" S	46° 08' 54,9" W	16,7	<0,01	0,34	<0,05	0,97	0,030	
Nota: JT-A-3-DEN102 e JT-A-4-DEN103, coleta com maré alta. JT-A-5-DEN104, coleta com maré baixa.										
LOTE 4304/BE		RA: 01/BE/23								
N° COLETA	DATA DA COLETA	LATITUDE	LONGITUDE	Cl (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Salinidade (‰)	
4588-AS-A-1-A	27/09/2023	1° 12' 57,6" S	46° 08' 09,6" W	131,92	<0,01	<0,01	<0,01	17,98	0,238	
4588-AS-A-1-B	28/09/2023	1° 12' 57,6" S	46° 08' 09,6" W	23,05	<0,01	2,04	<0,01	13,63	0,042	
4588-AS-A-2-A	27/09/2023	1° 15' 59,8" S	46° 09' 22,6" W	20,82	<0,01	0,18	<0,01	2,72	0,038	
4588-AS-A-2-B	28/09/2023	1° 15' 59,8" S	46° 09' 22,6" W	25,31	<0,01	0,30	<0,01	3,44	0,046	
Nota: 4588-AS-A-1-A e 4588-AS-A-2-A, coleta com maré alta. 4588-AS-A-1-B e 4588-AS-A-2-B, coleta com maré baixa.										

Figura 5 – Evolução dos teores dos parâmetros do Quadro 1, no Rio Gurupi.



De acordo com os padrões de CONAMA (2005), os VMP dos parâmetros do Quadro 1, para as Águas Doces Classe 01, destinadas ao abastecimento humano, após tratamento simplificado, são os seguintes: $Cl = 250,0 \text{ mg/L}$, $NO_2 = 1,0 \text{ mg/L}$, $NO_3 = 10,0 \text{ mg/L}$, $PO_4 = 0,1 \text{ mg/L}$, $SO_4 = 250,0 \text{ mg/L}$ e Salinidade $< 0,5 \text{ ‰}$. Assim sendo, conclui-se que as concentrações analisadas atendem aos padrões de qualidade estabelecidos pela citada norma.

No que diz respeito à relação entre os parâmetros analisados e os índices pluviométricos na BHRG, no Quadro 2 pode-se ver que os meses de coleta de água (junho, setembro e outubro), pertencem ao semestre de menor quantidade de chuvas (junho a novembro), período este que tende a apresentar a maior concentração de substâncias químicas na água, devido ao baixo deflúvio e consequente avanço significativo das águas oceânicas. Deste modo, os resultados do Quadro 2 são representativos das maiores concentrações dos compostos químicos analisados, conforme descreve Creão (2012).

Observa-se que em 2008 houve a influência moderada do fenômeno *La Niña*, fato que não desviou muito o total anual da média histórica, porém, pode ter motivado a redução nos totais mensais entre junho e novembro (Quadro 2). Esta redução, contudo, não refletiu valores extremos para as concentrações dos parâmetros analisados (Quadro 1).

Em 2023, apesar da forte atuação do fenômeno *El Niño* na Região Amazônica (INMET, 2023), cerca de 70,0% dos meses apresentaram totais pluviométricos acima da média histórica. Todavia, em setembro (mês da última coleta de água) ocorreu a menor manifestação de chuvas na área de estudo, fato que também não influenciou sobremaneira os resultados de teores encontrados, em comparação às apurações dos demais anos analisados (2008 e 2014).

Tratando agora da Q_{95} , que foi definida a partir da série de vazões completa, esta se apresentou na ordem de $104,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Então, 2,0% deste escoamento é o valor considerado seguro, ambientalmente falando, como oferta hídrica do Rio Gurupi, em prol do abastecimento de água de Viseu. Os trabalhos de Cruz e Tucci (2008) e Vestena *et al.* (2012) embasaram a decisão de adotar o citado percentual da Q_{95} como um dos princípios para a concepção de um provável sistema de abastecimento ecologicamente correto e socialmente justo, conforme estabelecem a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) e as Leis Federal nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997) e do estado do Pará nº 6.381/2001 (PARÁ, 2001).

Quadro 2 – Índices pluviométricos na BHRG.

Ano	Médias mensais (mm)												Totais anuais médios (mm)	Ocorrência	
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		El niño	La niña
														Impacto	Impacto
2008	278	200	490	312	170	17	17	9	20	31	54	145	1742	-----	Moderado
2014	259	334	270	290	173	75	39	45	23	17	16	58	1597	-----	-----
2023	230	397	463	385	205	93	21	15	4	42	68	168	2091	Forte	-----
Média histórica	240	286	360	312	169	68	42	29	24	35	66	128	1758		

Fonte: Elaborado pelos autores, com dados de ANA (2024) e CPTEC/INPE (2016).

Tendo por base a população do município, em 2022, 58.692 habitantes, projetou-se a mesma para 30 anos, a partir da evolução demográfica de Viseu, de 2016 a 2020, cenealizando-se um total aproximado de 60.000 habitantes (IBGE, 2023). Para garantir o acesso ao sistema público a este contingente de pessoas, cujo consumo *per capita* estima-se em $200 \text{ L/habitante/dia}$, será necessário armazenar cerca de 15.000 m^3 , o que corresponde a 01 (um) dia de demanda de toda a população, acrescido de 25% relativo ao coeficiente do dia de maior consumo de água. Com a vazão de captação definida em $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$, prevê-se pouco mais de duas horas para reservar o volume supramencionado.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, deduz-se que é possível fazer uso das águas do Rio Gurupi, para o abastecimento público da população do município de Viseu/PA, levando-se em conta os parâmetros analisados neste trabalho. Contudo, faz-se necessário esclarecer algumas questões relacionadas à qualidade das águas dispensadas ao fornecimento coletivo. Em primeiro lugar, checar as outras condicionantes da Resolução CONAMA n° 357/2005 (CONAMA, 2005), que não foram aqui contempladas, para, de fato, classificar as águas do Rio Gurupi como Águas Doces Classe 01, destinadas ao abastecimento humano, após tratamento simplificado. Em segundo lugar, caso o sistema seja implantado, atender às especificações da Portaria n° 888 GM/MS/2021 (BRASIL, 2021).

Na avaliação quantitativa, o rio em análise apresenta grande potencial de dispensar volumes de água necessários ao provimento hídrico de uma população estimada para 30 anos, já que, na altura do posto Alto Bonito, 2,0 % da vazão ecológica foi definido como suficiente para atender tal contingente populacional, no decorrer das três décadas. A partir destas colocações, é essencial ressaltar as seguintes realidades: a) o local de estimação das vazões fica a cerca de 68,0 km à montante da sede de Viseu; b) os pontos de coleta de água do rio, que subsidiaram as análises do Quadro 1, situam-se entre estes dois extremos (sede municipal e posto fluviométrico) (Figura 3). Desta forma, torna-se necessário harmonizar tais realidades e estabelecer um cenário mais coerente, ou mais vantajoso, no que diz respeito à eleição de pontos de captação de água do Rio Gurupi.

Avaliando as características físicas e geográficas da BHRG, conjuntamente com os resultados obtidos neste trabalho, sugere-se que o ponto de retirada de água fique entre as latitudes 01°14'00"S e 01°16'00"S, o que deve possibilitar a regularização do abastecimento público do município, em quantidade e qualidade satisfatórias, muito provavelmente com percentual de retirada menor que 2,0% da Q₉₅. Porém, em uma conjuntura de adaptação às mudanças climáticas, torna-se necessário realizar o monitoramento hidrológico do trecho onde deverá ser implantado o ponto de captação, com o fito de subsidiar estudos que indiquem mudanças quali-quantitativas das águas, algo que pode vir a comprometer um provável sistema de abastecimento público. Assim sendo, recomenda-se a instalação de um posto fluviométrico no ponto de captação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Atlas Águas: segurança hídrica do abastecimento urbano: mapa de mananciais e sistemas. Brasília, DF: ANA, 2021. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=9533a92615b84880b6a7263b6568708b>. Acesso em: 19 jun. 2023.

AZEVEDO, T. N.A. Aplicação da modelagem (Bidimensional - 2DH) hidrodinâmica na identificação de áreas com potencial energético no estuário do Rio Pará (Estado do Pará/Brasil). 2021. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2021.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Lei n° 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, Brasília, DF, ano 176, 09 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: Seção 1, p. 127, ed. 85, Brasília, DF, 07 mai. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CPTEC/INPE. El Niño e La Niña: Últimas ocorrências. Cachoeira Paulista (SP): CPTEC/INPE, 2016. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em : 02 jul. 2021.

CREAÇÃO, L. G. C. Indicadores físico-químicos da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, da microbacia do Rio Capitão Pocinho, Capitão Poço – PA. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém (PA), 2012.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre (RS), v. 13, n.1, p. 111-124, Jan/Mar 2008.

DOVIDAUSKAS, S.; OKADA, I. A.; IHA, M. H.; CAVALLINI, A. G.; OKADA, M. M.; BRIGANTI, R. C. Parâmetros físico-químicos incomuns em água de abastecimento público de um município da região nordeste do Estado de São Paulo (Brasil). Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia, Rio de Janeiro (RJ), v. 5, n. 1, p. 106-115, 2017.

GUEDES, V. M. Dinâmica do carbono e nitrogênio dissolvidos na região do baixo Rio Amazonas. 2020. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativa da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 25 de dezembro de 2022. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) e INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Nota técnica conjunta CPTEC/Inpe e Inmet Condições de déficit de chuva na Amazônia. Brasília (DF): INPE/INMET, 2023. 4 p.

KUBOTA, N. A.; PRATA, T. C.; LIMA, I. F.; LIMA, A. M. M. de. Hidrogeomorfologia e susceptibilidade à erosão da Bacia do Rio Gurupi (PA-MA). Revista Geográfica Acadêmica, Manaus (AM), v.13, n.2, p. 67-89, 2019.

LIMA, I. F.; PRATA, T. C.; LIMA, A. M. M. de. Análise da paisagem aplicada à Bacia do Rio Gurupi PA/MA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22, 2017, Florianópolis (SC). Anais [...]. Florianópolis (SC): ABRH, 26 nov. a 01 dez. 2017. p 1-8.

LINS, C. A. C. (Coord.). Manual Técnico PGAGEM – Brasil. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2003. 28 p.

SALES, V. C.; MARQUES, E. S.; PINHEIRO, L. S. Medida da variação da linha de costa e mudanças morfológicas das praias “Barreiras” e do “Farol” em Camocim, estado do Ceará, nordeste do Brasil.

Ciência Geográfica, Bauru (SP), v. 26, n. 1, p. 289-307, jan/dez 2022. ISSN: 2675-5122. DOI: <https://doi.org/10.18817/26755122.26.01.2022.2883>.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM). Atlas Pluviométrico do Brasil: Mapa de Isoietas de Precipitações Médias Anuais 1977 a 2006 - Escala 1:5.000.000. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2011. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Estudos-Hidrologicos-e-Hidrogeologicos/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-6604.html>. Acesso em: 21 jun. 2023.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM). Cartografia Geológica: cartas Geológicas do Brasil ao Milionésimo – GIS Brasil 2004. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2004.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM). Mapa de Declividade em Percentual do Relevo Brasileiro. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2010. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Gestao-Territorial/Mapa-de-Declividade-em-Percentual-do-Relevo-Brasileiro-3497.html>. Acesso em: 23 jun. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnósticos SNIS 2021/2022 (ano de referência 2020): água e esgoto: Dados Preliminares do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2020: Tabela completa de indicadores desagregados e agregados. Publicado: 18 jan. 2021. Última Atualização: 04 out. 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 31 out. 2022.

SOUZA, M. F. El Niño e a salinização da Lagoa do Passo, Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, Brasil. 2023. 19f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Meio Ambiente e Biodiversidade) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Osório (RS), 2023.

VESTENA, L. R.; OLIVEIRA, E. D.; CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L. Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 212-227, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.840>).

VIANA, V.S. Classificação da salinidade da água de poços com base na concentração de cloretos. 2020. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Guidelines on the calculation of climate normals: nº 1.203. Genebra - Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization, 2017. 29 p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Technical Regulations: nº 49. Genebra - Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization, 2019. 71 p.