

# Qualidade da água de abastecimento público do município de Abaetetuba, estado do Pará

*Water quality of public supply the municipality of Abaetetuba, state of Pará*



• **Data de entrada:**  
28/06/2021




• **Data de aprovação:**  
25/10/2021

Ágatha Marques Farias<sup>1\*</sup> | Marta Lima Lacerda<sup>1</sup> | Thaise Daniele Paixão Teixeira<sup>1</sup> |  
Raynner Menezes Lopes<sup>1</sup> | Joice Cristini Kuritza<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2022.077>

## ORCID ID

Farias AM  <https://orcid.org/0000-0001-6595-6407>  
Lacerda ML  <https://orcid.org/0000-0002-6992-0417>

Teixeira TDP  <https://orcid.org/0000-0002-0737-131X>  
Lopes RM  <https://orcid.org/0000-0001-8346-1280>  
Kuritza JC  <https://orcid.org/0000-0003-0485-1841>

## Resumo

Devido à crescente exploração da água subterrânea para diversos fins, o uso dos Índices de Qualidade da Água (IQA) como instrumentos complementares na avaliação da qualidade e caracterização das fontes hídricas tem se mostrado satisfatório, tornando-se uma ferramenta bastante útil para facilitar a comunicação entre profissionais e a compreensão da população interessada no assunto. Tendo isso em vista, o trabalho tem como objetivo a caracterização do sistema de abastecimento de água público e a avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para o abastecimento do município de Abaetetuba - PA. Foram aplicados três Índices de Qualidade, no caso o Índice de Qualidade Natural de Águas Subterrâneas (IQNAS), o Índice de Qualidade da Água Subterrânea (IQAS) e o Índice Relativo de Qualidade (IRQ). Com os resultados dos parâmetros de qualidade de água e profundidades dos poços, fornecidos pela companhia responsável pelo abastecimento no município, foi possível calcular os índices de todos os poços da região de estudo. Destacaram-se os poços do bairro algodoal e da ETA, que obtiveram resultados ligeiramente inferior (“boa”) para o IQNAS, sendo que na água do poço da ETA, o conceito também foi ligeiramente inferior (“aceitável”) para o IQAS e consideravelmente inferior (“péssima”) para o IRQ, possivelmente pela elevada concentração de nitrato ( $14 \text{ mg.L}^{-1}$ ) na água do poço da ETA. Contudo, em sua maioria, os poços usados na captação apresentam água com qualidade satisfatória.

**Palavras-chave:** Parâmetros. IQA. ETA. Poços.

## Abstract

*Due to the growing exploitation of groundwater for various purposes, the use of Water Quality Indexes (WQI) as complementary instruments in assessing the quality and characterization of water sources has been showing satisfactory, making it a very useful tool to facilitate the communication between professionals and the interested population's comprehension about this subject. With this in mind, this work aims to characterize the public water supply system and to assess the quality of groundwater used to supply the municipality of Abaetetuba - PA. Three Quality Indices were applied, in this case, the Natural Groundwater Quality Index (NGQI), the Groundwater Quality Index (GQI) and the Relative Quality Index (RQI). With the results of water quality parameters and the well*

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará (UFPA) Abaetetuba - Pará - Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Curitiba - Paraná - Brasil.

\* **Autora correspondente:** [agatha9496@hotmail.com](mailto:agatha9496@hotmail.com).

depth, provided by the company responsible for supplying the municipality, it was possible to identify the indices for all wells. Highlighted the wells the neighborhood called Algodal and Water Treatment Station (WTS), which obtained as result for NGQI, slightly lower (“good”), whereas in the water of the WTS’s well, the result was also slightly lower (“acceptable”) for IQAS, and considerably lower (“Terrible”) for the IRQ, possibly due to the high concentration of nitrate ( $14 \text{ mg.L}^{-1}$ ) in the water of the WTS’s well. However, for the most part, the wells used in the catchment have water with satisfactory quality.

**Keywords:** Parameters. WQI. WTS; Wells.

## 1 INTRODUÇÃO

As águas superficiais vêm passando por escassez de quantidade e qualidade, principalmente devido a industrialização, agricultura irrigada (SOUSA et al., 2010) e crescimento populacional. A exemplo cita-se a crise hídrica no Paraná, na qual mais de sete cidades tiveram o abril mais seco da história (PARANA, 2021). Como solução alternativa, as águas subterrâneas vêm assumindo papel relevante e estratégico na proposição de variadas atividades socioeconômicas (MATTOS et al., 2017). Por esses motivos, os mananciais subterrâneos são intensamente explorados no Brasil (ANA, 2007), e essa exploração tem causado a contaminação de aquíferos, devido ao crescimento descontrolado da perfuração de poços tubulares e atividades antrópicas (ZOBY, 2008).

Para Azevedo (2006), apesar da abundância em águas superficiais, a região Amazônica tem uma crescente exploração das águas subterrâneas por apresentar vantagens práticas e econômicas quanto à sua captação, por dispensar tratamentos químicos – exceto desinfecção – e ser de excelente qualidade e abundante. Contudo, isso contribui para as possíveis poluições ou contaminações relacionadas as aglomerações urbanas.

Os métodos e mecanismos utilizados para monitorar e, quando necessário, promover a qualidade dessas águas, são as Estações de Tratamento de Água (ETA), definidas pela Lei Nº 14.026 como um conjunto de serviços, infraestruturas e

instalações operacionais constituído pelas atividades, necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais, e respectivos instrumentos de medição (BRASIL, 2020). Além disso, cita-se o monitoramento hidroquímico, que se utiliza de parâmetros químicos, físicos e biológicas para avaliação da qualidade da água, e permite mensurar a degradação do manancial e a eficiência do tratamento ao longo do tempo.

No entanto, a utilização desses métodos torna difícil a interpretação dos dados por não especialistas no tema, devido aos diversos parâmetros que dependem dos principais usos da água, ocupação do solo e do objetivo da pesquisa, além de resultar em um custo elevado. Uma forma de compilar os dados analisados em um único valor de forma objetiva e rápida é aplicar um Índice de Qualidade da Água (IQA) (MENEZES et al., 2018).

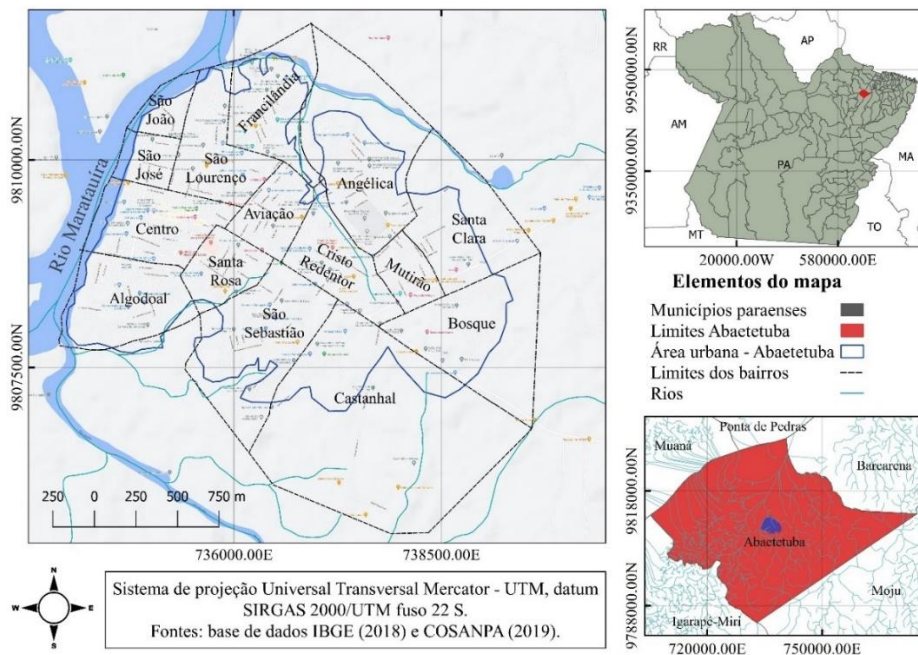
O uso dos Índices de Qualidade da Água (IQA) como instrumentos complementares na avaliação da qualidade tem se mostrado satisfatório, pois facilita a comunicação entre os profissionais e a compreensão da população interessada no assunto (DE ALMEIDA; DE OLIVEIRA, 2010; LOPES, 2017). O IQA é um instrumento matemático que unifica parâmetros de diferentes naturezas (biológica, química e/ou física), facilita a comunicação com o público geral, gera uma classificação geral ao invés de variáveis isoladas e unifica diversas variáveis em um único número, compa-

tibilizando diferentes unidades de medidas em uma única unidade (CETESB, 2017; MENEZES et al., 2018).

Com o intuito de contribuir na atuação dos índices de qualidade e propor informações à sociedade, este trabalho tem como objetivo a caracterização do sistema de abastecimento de água e, com a aplicação de índices de qualidade, avaliar a água dos poços utilizados no abastecimento do município de Abaetetuba, localizada no estado do Pará, inserido na região amazônica.

## 2 METOLOGIA

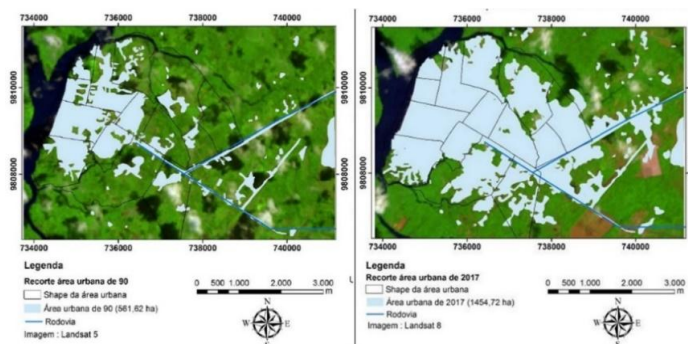
A pesquisa foi realizada na região urbana do município de Abaetetuba, que pertence à mesorregião nordeste do estado do Pará e faz parte da microrregião de Cametá (DE ALMEIDA, 2007). Tem como limites os municípios de Barcarena e Pontas de Pedra (ao norte), Moju (a leste), Igarapé-Miri e Moju (ao sul), Limoeiro do Ajuru e Muaná (a oeste). O município está a 22 metros de altitude e localiza-se 80 km a sudoeste da cidade de Belém, capital do estado (Fig. 1).



**Figura 1** - Mapa de localização da área de estudo  
Fonte: Autores, 2020.

Abaetetuba possui 1.611 Km<sup>2</sup>, que se dividem em área urbana, com 16 bairros; zona rural, que possui 20 ilhas e 49 localidades; além do distrito de Beja, que é um balneário local. A população estimada é de 141.100 habitantes e sua densidade demográfica é de 87,61 habitantes/Km<sup>2</sup> (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2010). O município apresentou grande expansão urbana nos últimos anos, passou de 561,62 hectares em 1990 a 1454,72 hectares

no ano de 2017, crescimento urbano de 893,1 hectares em 27 anos (DIAS, 2018). O incremento populacional do município foi de 41.111 habitantes nesse período, segundo dados do IBGE (1990,2010). O município atualmente apresenta dinâmicas territoriais assentadas na agricultura familiar, no extrativismo e na pesca artesanal, atividades do setor primário, o comércio e serviços voltados aos serviços públicos (SOMBRA SOARES, 2021).



**Figura 2** - Mapa de expansão da área urbana entre os anos de 1990 e 2017 do município.  
**Fonte:** Adaptado de Dias (2018).

No entanto, mesmo com a grande expansão territorial e populacional, o município não apresenta um sistema de esgotamento sanitário. De acordo com o IBGE (2010), a população local, devido à falta de esgotamento sanitário, recorre a sistemas alternativos, como fossas rudimentares (39,98% dos domicílios), fossas sépticas (16,57% dos domicílios), despejo direto nos corpos hídricos (15,56% dos domicílios) e outras alternativas (27,89% dos domicílios). Essa realidade está destacada pelo sistema nacional de informações sobre o saneamento (SNIS), que relata em seu diagnóstico do ano de 2019 que apenas 12,61% dos municípios do estado do Pará são atendidos com redes de esgoto.

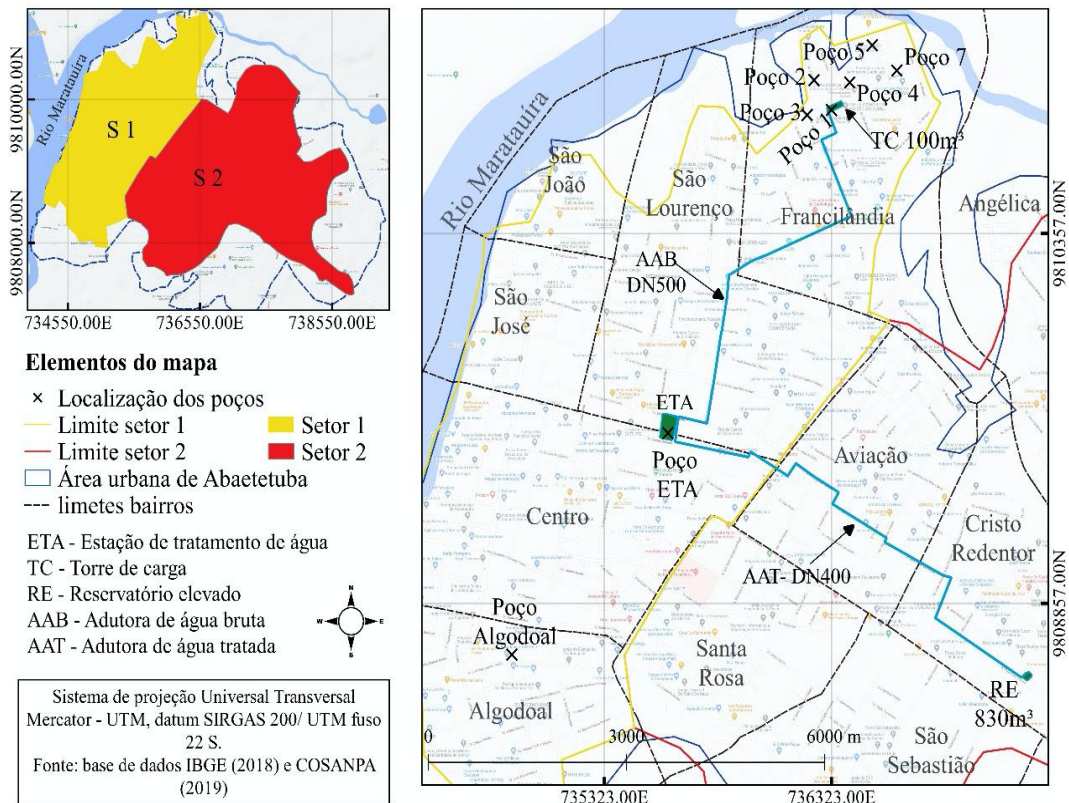
### 2.1 Sistema de abastecimento de água (SAA)

O SAA do município de Abaetetuba é composto por dois setores de distribuição. O primeiro distribui água aos bairros São Lourenço, São João, São José, Centro, Algodal e Francilândia. O segundo setor abastece os bairros da Avia-

ção, Santa Rosa, São Sebastião, Cristo Redentor, Mutirão, Santa Clara e Angélica (ABAETETUBA, 2017).

Os mananciais utilizados no abastecimento do município são subterrâneos. No total são 8 poços, com profundidades variando de 36 m a 161m. Um desses poços é utilizado para a retro-lavagem dos filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA). Dos sete poços profundos restantes, seis estão localizados no bairro Francilândia e o último está localizado no bairro do Algodal. Além da captação de água subterrânea, o SAA (Fig. 2) do município é composto por sistema de adução e tratamento por desferrização, com ETA localizada no bairro São Lourenço, dois reservatórios elevados, um localizado na ETA e o outro no bairro do Cristo Redentor, e rede de distribuição (ABAETETUBA, 2017).

A concessionária responsável pela gestão do SAA no município realiza análises da qualidade da água dos poços de forma regular, conforme resultados apresentados na Tabela 1.



**Figura 3** - Mapa de localização do Sistema de Abastecimento de Água - SAA  
 Fonte: Autores, 2020.

**Tabela 1** - Análises Físico-Químicas das águas dos poços realizadas em julho de 2019.  
 Fonte: COSANPA (2019a).

Parâmetros de qualidade	CONAMA 396/2008 consumo humano	01	02	03	04	05	07	Poço Algodóal	Poço ETA	MS	Saída da ETA
pH		6,6	6,84	6,82	6,96	6,53	6,5	4,67	4,25	6 a 9,5	7
Cor (mg pt-co/l)		460	230	290	315	130	230	7,4	12,5	≤15	65
Turbidez (ut)		99,2	38	43,4	46,9	36,9	44,5	0,97	1,87	≤5	17,4
Cloretos (mg/l)	250	20	17	14	18	23	19	80	40	≤250	13
Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )		40	38	42	42	48	46	20	16	≤500	38
Alcalinidade a metil orange (como CaCO <sub>3</sub> )		16	20	20	20	20	18	2	2	-	16
Matéria orgânica (O <sub>2</sub> consumido)		0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,4	0,2	0,4	-	0,2
Ferro dissolvido (mg/l. Fe)	0,3	5	3,4	6,9	3,4	3,4	3,4	1,7	0,3	≤0,3	1,7
Amônia (NH <sub>3</sub> )		0,23	0,17	0,17	0,35	0,27	0,45	2,19	4,74	≤1,5	0,17
Nitrato (como n)	10	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1,3	14	≤10	0,08
Nitrito (como N)	1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	≤1	<0,001
Cloro Residual Livre (mg/l Cl <sub>2</sub> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2 a 2	1,5
Coliformes total	Ausência/100ml	Pres.	Aus.	Pres.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Pres.	Aus.	Aus.
Escherichia coli	Ausência/100ml	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.

## 2.2 Índices de qualidade da água subterrânea

Baseado nos índices de qualidade da água proposto por Coutinho et al., (2013) e Lopes (2015), este trabalho optou por utilizar os índices de qualidade de água subterrânea descritos a seguir para avaliar a água utilizada no abastecimento da população do município de Abaetetuba.

### 2.2.1 Índice de Qualidade Natural de Água Subterrânea (IQNAS)

O IQNAS foi desenvolvido para averiguar a influência da composição litológica das unidades

hidrogeológicas na qualidade da água de um aquífero do estado da Bahia. Esse índice utiliza os parâmetros pH, cloreto, sólidos totais, dureza, fluoreto e nitrato (COUTINHO et al., 2013). Sua formulação matemática é a mesma do Índice de Qualidade da Água (IQA) da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), isto é, um produto dos valores de qualidade da água subterrânea para cada parâmetro químico escolhido ( $Q_i$ ), elevado ao peso atribuído a cada variável ( $W_i$ ) (OLIVEIRA, 2007). A formulação pode ser observada na Eq.1.

$$IQNAS = \text{produto} (Q_i^{w_i}) = Q_1^{w_1} * Q_2^{w_2} * Q_3^{w_3} * \dots * Q_n^{w_n} \tag{1}$$

Os valores de  $Q_i$  foram obtidos pelas equações mostradas na Tabela 2.

**Tabela 2** - Parâmetros, equações, faixas, distribuição original dos pesos dos parâmetros (método 1) e distribuição dos pesos modificada (método 2) por Coutinho et al. (2013) para a obtenção dos valores do IQNAS.

Parâmetros e unidades	Equações	Intervalo de validade	Métodos de distribuição dos pesos	
			1	2
pH (-)	$Q_{pH} = 1,7354 * (pH)^2$ $Q_{pH} = 16405 * [(pH)^{-2,5}] - 17$		0,05	0,081
Cloreto (Cl, mg.L <sup>-1</sup> )	$Q_{cl} = 100$ $Q_{cl} = 138,9 * (Cl)^{-0,19561} - (Cl)^{0,42}$ $Q_{cl} = 0,0$		0,26	0,419
Sólidos Totais (ST, mg.L <sup>-1</sup> )	$Q_{ST} = 79 - 0,167284 * ST + EXP[(RT)^{0,2281}]$ $Q_{ST} = 27,7$		0,22	-
Dureza (DUR, mg.L <sup>-1</sup> )	$Q_{DUR} = 100$ $Q_{DUR} = 101,1 * EXP (-0,00212 * DUR)$		0,16	0,258
Fluoreto (F, mg.L <sup>-1</sup> )	$Q_F = 80 + 21 * F - (F)^{11,6263}$ $Q_F = 0,0$		0,16	-
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> , mg.L <sup>-1</sup> )	$Q_N = 100 * EXP (-0,0994 * N)$		0,15	0,242
<b>Soma dos pesos</b>			<b>1</b>	<b>1</b>

Fonte: Oliveira, Negrão, Silva (2007) e Coutinho et al (2013)

A construção das curvas características da qualidade relativa de cada parâmetro pode ser conferida em Oliveira, Negrão e Silva (2007), assim como os intervalos entre as classes de qualidade do IQNAS: de 80 a 100 (qualidade ótima), de 52 a 79 (boa), de 37 a 51 (aceitável) e de 0 a 36 (imprópria). Devido à ausência dos valores das concentrações de sólidos

totais e fluoreto nos dados fornecidos pela concessionária para a aplicação do índice, foi necessária a redistribuição dos dados com base no estudo de Coutinho et al. (2013), Tabela 2. Esses autores redistribuíram os pesos dos parâmetros para aplicar o IQNAS sem as informações de fluoreto e de sólidos totais. De acordo com os autores, a redistribui-

ção foi necessária pelo fato de não haver informações específicas sobre a determinação do intervalo de classes de qualidade no trabalho original feito por Oliveira, Negrão e Silva (2007).

### 2.2.2 Índice de Qualidade de Água Subterrânea (IQAS)

Este índice, proposto por Melloul e Collin (1998), leva em consideração características hidroquímicas dos aquíferos, destacando o uso do solo como fator de qualidade da água subterrânea. Segundo os autores, os parâmetros químicos que mais caracterizam a relação qualidade da água e uso do solo é o Cl, que é quimicamente conservador, e NO<sub>3</sub>, um indicador sensível aos poluentes da superfície do solo (agricultura, fossas sépticas, aterros sanitários etc.).

Para o cálculo deste índice, foram utilizados os mesmos parâmetros adotados em sua aplicação original, no caso, o cloreto e o nitrato, que são parâmetros indicadores de poluição e salinidade (LOPES, 2017), realizadas duas etapas, primeiro a transformação dos valores brutos em valores de classificação, onde, relacionando os valores dos parâmetros brutos (P<sub>i</sub>) com os seus valores padrão desejado (P<sub>ip</sub>), 250mg/l de Cl e 10 para o NO<sub>3</sub> (CONAMA 396/2008), tem-se para cada parâmetro um valor relativo, mostrado na Eq. 2:

$$X_i = \frac{P_i}{P_{ip}} \quad (2)$$

Para expressar o valor de X<sub>i</sub> como um valor de classificação, Melloul e Collin (1998) determinaram uma função parabólica ajustada em Y<sub>i</sub> = f(X<sub>i</sub>), indicada na Eq. 3.

$$Y_i = -0,712 * (X_i)^2 + 5,228 * (X_i) + 0,484 \quad (3)$$

Em segundo momento o cálculo do IQAS é obtido por meio da Eq. 4.

$$IQAS = \left(\frac{10}{n}\right) * \left[\sum \left(\frac{W_i * Y_i}{W_{máx} * Y_{máx}}\right)\right] \quad (4)$$

Onde: n é o número de parâmetros químicos envolvidos; W<sub>i</sub> é o peso de cada parâmetro em função de sua importância relativa ao estudo (1 e 2 para Cl e NO<sub>3</sub>, respectivamente); W<sub>máx</sub> é o peso máximo fornecido, que também depende do grau de relevância do parâmetro no estudo (W<sub>máx</sub> = 5); e Y<sub>máx</sub> a classificação máxima atribuído ao parâmetro (Y<sub>máx</sub> = 10) e Y<sub>i</sub> é o valor obtido da equação 3. Para os intervalos de classe temos: de 0 a 1 – Alta qualidade; 1 < à 5 – Aceitável e 5 < à 10 – Inaceitável.

### 2.2.3 Índice Relativo de Qualidade (IRQ)

Para caracterizar e hierarquizar o potencial de qualidade das águas subterrâneas, Fernando e Loreiro (2006) elaboraram o Índice Relativo de Qualidade (IRQ). Esse índice utiliza como parâmetros, para cada ponto monitorado ou área avaliada, o nitrato, cloreto e sólidos totais dissolvidos (STD), comumente associados às interferências antrópicas. Para essa análise não foi utilizado o STD, devido à ausência desse dado na tabela fornecida pela concessionária.

O IRQ permite a utilização de outros parâmetros, desde que conhecidos seus respectivos valores padrão estabelecidos por normas ou portarias (FERNANDES e LOUREIRO, 2006). Calcula-se o valor final do IRQ por meio da média aritmética dos índices médios (IRQ<sub>méd</sub>) de cada parâmetro, que é descrito pela Eq. 5.

$$IRQ_{méd} = \frac{V_i}{VMP_i} \quad (5)$$

A Eq. 6. é utilizada para a obtenção do IRQ final

$$IRQ = \frac{IRQ_{méd}}{n} \quad (6)$$

em que: V<sub>i</sub> é o valor da análise do parâmetro i; VMP<sub>i</sub> é o valor máximo permitido pela portaria ou norma

que se está usando para o parâmetro  $i$  e  $n$  é o número de parâmetros utilizados no cálculo, os valores máximos permitidos utilizados estão na resolução da Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021).

Com isso, define-se a classificação da água subterrânea para consumo humano a partir de faixas escalares de variação, conforme indicado na Tabela 3. Coutinho et al. (2013) destacam que, por ser um índice relativo, é pouco preciso e não pondera a contaminação por organismos patogênicos e metais pesados.

**Tabela 3** - Faixas escalares de variação do IRQ.

Faixa IRQ	Avaliação
$0,0 < \text{IRQ} \leq 0,3$	Excelente
$0,3 < \text{IRQ} \leq 0,6$	Boa
$0,6 < \text{IRQ} \leq 0,9$	Razoável
$0,9 < \text{IRQ} \leq 1,2$	Ruim
$\text{IRQ} > 1,2$	Péssima

Fonte: adaptado de Fernandes e Loureiro (2006)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar das características potencialmente nocivas da urbanização às águas subterrâneas do município, os poços utilizados para o abastecimento público, em geral, não apresentaram características de que estão sendo afetados, já que para os três IQAs analisados (Fig. 4), a maioria das águas dos poços teve conceito “ótimo”, “alta qualidade” ou “excelente”, dependendo do IQA observado.

Os poços estão localizados em área urbanizada, e têm profundidade variando de 36 a 161 metros, alcançando as formações Barreiras e Pirabas superior, sendo o Barreiras um aquífero de predominância no município de Abaetetuba (SILVA et al., 2017). Os aquíferos presentes no município são melhor explicados no fluxograma da Fig. 5, onde descreve camadas, profundidades e natureza de acordo com SILVA et al. (2017); DE ALMEIDA et al. (2006) e MATTA (2002).

Devido à sua natureza, o aquífero Pirabas Superior, onde os poços do bairro da Francilândia se encontram, pode estar resguardado de receber contaminação, justificando os resultados dos IQAs. Em

contrapartida, os poços do bairro algodual e da ETA, cujas profundidades são as menores dentre os poços estudados (40 e 36 m, respectivamente), tiveram água com conceito ligeiramente inferior (“boa”) para o IQNAS, sendo que na água do poço da ETA, o conceito também foi ligeiramente inferior (“aceitável”) para o IQAS e consideravelmente inferior (“péssima”) para o IRQ, possivelmente pela elevada concentração de nitrato ( $14 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

A presença de nitrato na água subterrânea pode estar ligada a áreas antropizadas, como descrito por Murgulet e Tick (2013), Matiatos (2016), Selvakumar et al. (2017) e Mattos (2017), que relacionam o parâmetro às más condições sanitárias, intensa urbanização e agricultura.

Para o município em estudo, as más condições sanitárias e as ações antrópicas, associadas ao fato de que os poços do bairro Algodual e da ETA, por serem mais rasos e estarem supostamente captando das porções semi-livres do aquífero Barreiras, podem explicar os menores conceitos na qualidade da água.

É importante destacar também que o conceito “péssima”, atribuído pelo IRQ à qualidade da água do poço da ETA, é plenamente discutível, pois o IRQ é um índice parcialmente compreendido, devido às incertezas de seus resultados. Evidência desta característica do índice é observada neste estudo, já que o índice se mostrou muito restritivo ao conceituar como péssima a qualidade de uma água subterrânea conceituada como “Boa” e “Aceitável” pelo IQNAS e IQAS, respectivamente. Contrariamente ao observado neste estudo, Lopes et al. (2017) descreveram o IRQ como pouco restritivo se comparado ao IQNAS e IQAS, já que no estudo dos referidos autores, este índice conceituou as águas subterrâneas como “excelente”, enquanto os conceitos dos outros índices foram variados para a mesma água. Essa característica de índice pouco restritivo, já havia sido comentada por Coutinho, et al. (2013), tendo sido apenas reforçada por Lopes et al. (2017).



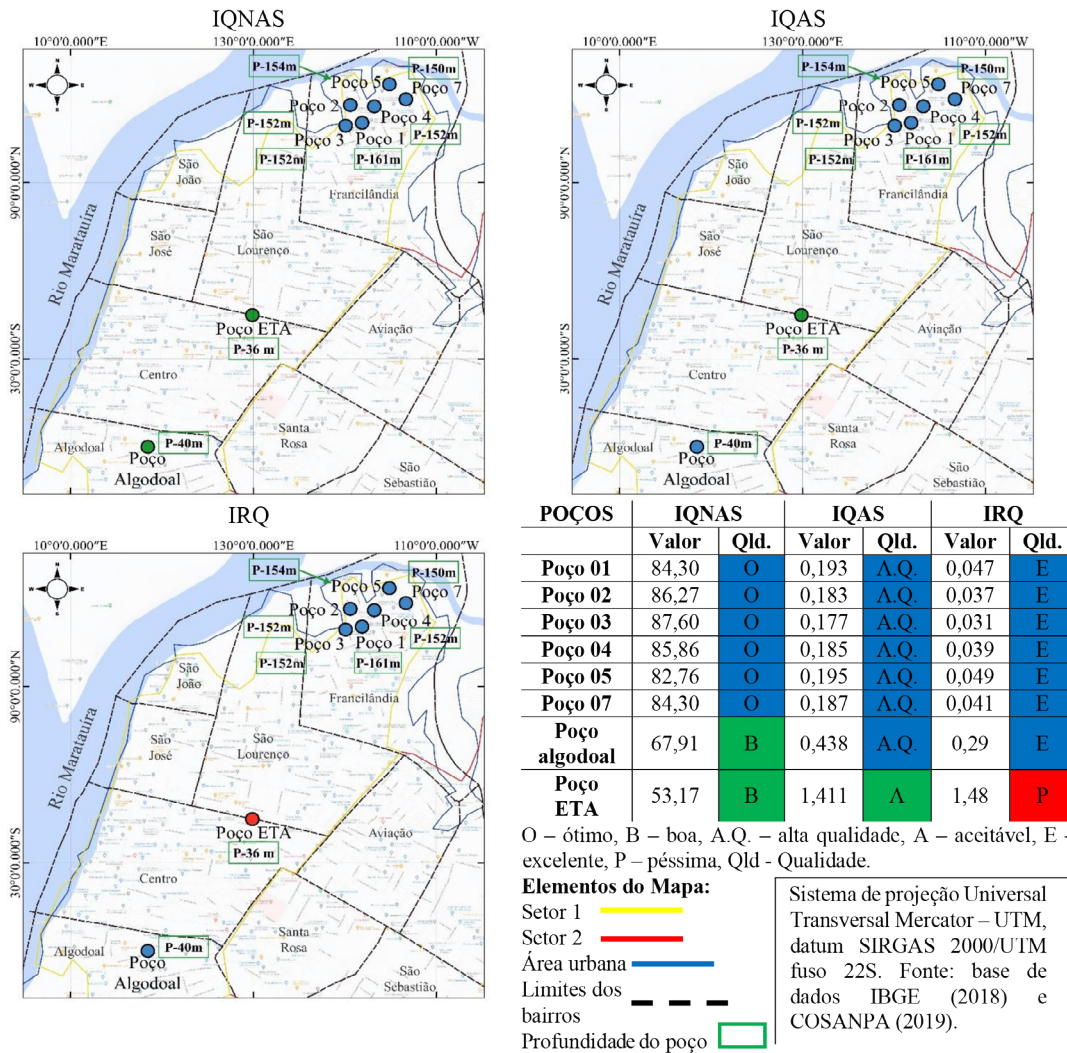


Figura 4 - Índices de qualidade da água dos poços.

Fonte: Autores, 2020.

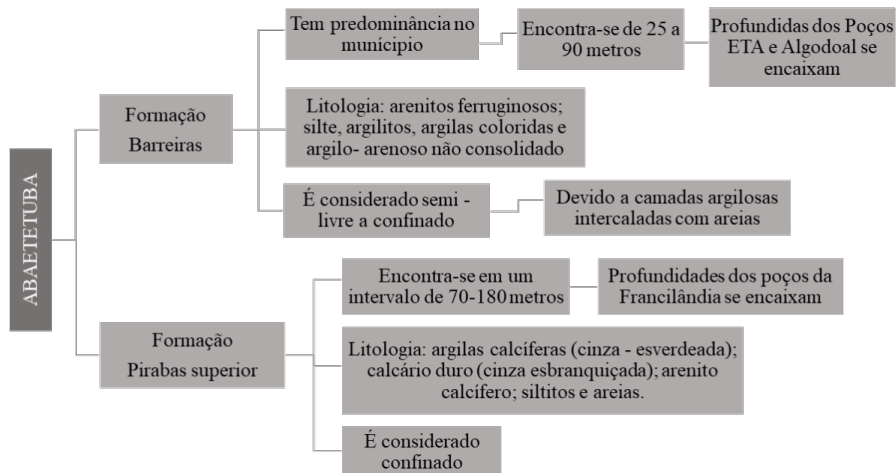


Figura 5 - Fluxograma aquíferos presentes no município.

Fonte: Autores, 2020.

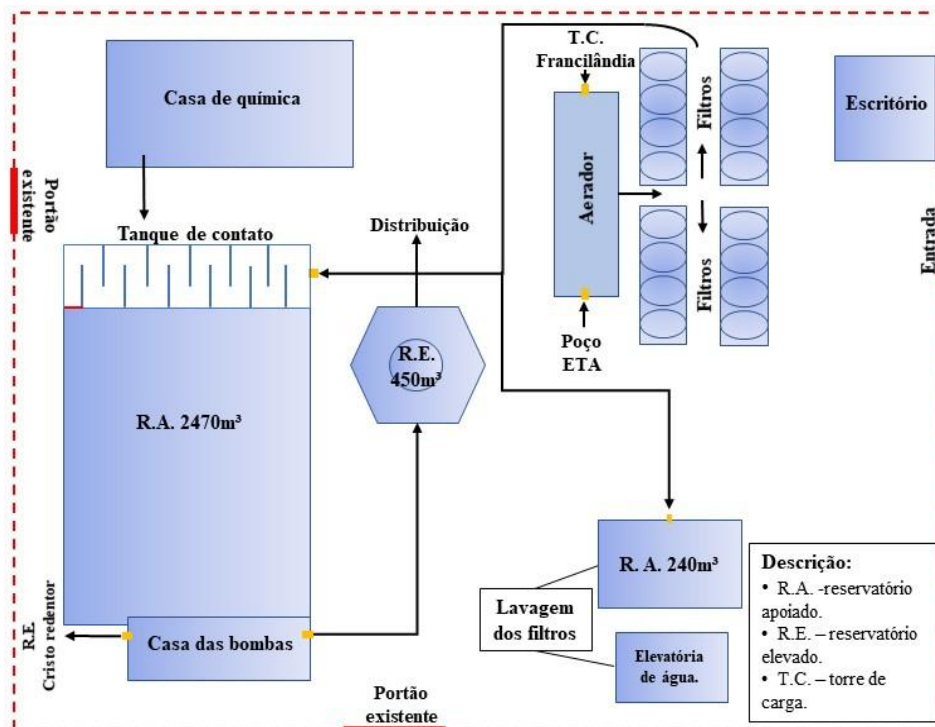
### 3.1 Sistema de tratamento de água

Em Abaetetuba, o tratamento de água é realizado por meio de aeração, para a oxidação e precipitação do ferro na forma solúvel ( $\text{Fe}^{2+}$ ), seguido de filtração, para a remoção do ferro já precipitado ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Posteriormente, a água é clorada e encaminhada a um tanque de contato e depois, distribuída.

A aeração-filtração, utilizada na ETA do município de Abaetetuba, é recomendada para elevadas concentrações de ferro (maiores que  $5 \text{ mg.L}^{-1}$ ) para amenizar o custo com produtos químicos (MORUZZI e REALI, 2012). Logo, o tratamento é adequado para as águas subterrâneas dos poços do bairro Francilândia, já que as concentrações de ferro nesses poços podem chegar a  $6,9 \text{ mg.L}^{-1}$  (Tabela 1). No entanto, os valores de ferro na saída da ETA foram de  $1,7 \text{ mg.L}^{-1}$ , ainda acima dos valores recomendados pela portaria GM/MS n 888/2021, do Ministério da Saúde, que é de  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$  (BRASIL, 2021).

Na Tabela 1 é indicado que os poços do bairro Francilândia, em geral, tem seu pH a partir de 6,5, isto é, mais próximo à neutralidade, enquanto os poços da ETA e do bairro Algodão, que têm profundidades próximas, tem pH de 4,25 e 4,67, respectivamente. Para Silva et. al (2014), águas levemente ácidas tem média de valores de pH em torno de 5.

Um dos motivos que podem explicar a menor eficiência na remoção de ferro pela ETA do município de Abaetetuba (Fig. 6) é o pH de 4,25 da água bruta do poço da ETA, que tende a diminuir o pH médio de toda a água bruta que entra na estação (incluindo as águas dos poços da Francilândia). Para Moruzzi e Reali (2012), o valor de pH a partir do qual o uso de oxidantes como o oxigênio molecular (aeração) e cloro causa a formação do precipitado de ferro é de 6,5.



**Figura 6** - Sequência de processos da ETA do município de Abaetetuba.

Fonte: COSANPA (2019a).

Em águas subterrâneas, o baixo pH pode ser comum. Este parâmetro pode estar relacionado com as dissoluções de carbonatos durante o processo intempérico de interação água/rocha (CONCEIÇÃO et al., 2014). Para Gomes e Cavalcante (2015), além da alcalinidade, o pH é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido ( $\text{CO}_2$ ) e dos ácidos orgânicos disponíveis nos solos que aumentam a acidez das águas subterrâneas e a capacidade de dissolver Fe e Mg. Para esse autor, águas poluídas geralmente também são mais ácidas.

As elevadas concentrações de ferro na água subterrânea do município, segundo Abaetetuba (2017), são devidas à característica do tipo de solo predominante na área, Latossolo Amarelo Distófico (LAD), associado aos solos Concrecionários Lateríticos Indiscriminados Distróficos. De acordo com Almeida (2007), o LAD é predominante na formação Barreiras. Considerando o tipo de solo local e o ambiente redutor em que a água se encontra (CASTAÑEDA et al., 2012), os elevados teores de ferro dissolvido são justificáveis.

Além do pH, o uso do cloro após a aeração-filtração na ETA, bem como na água bruta do poço algodual, sem um sistema de filtração subsequente, para remover o ferro precipitado, pode estar colaborando para o transporte deste elemento para o sistema de distribuição, o que ocasiona uma série de problemas que vão desde a rejeição da água pelo consumidor, devido ao sabor metálico, até problemas estéticos e econômicos, tais como manchas em roupas e louças sanitárias, interferência nos processos industriais, formação de depósitos e incrustações, além de possibilitar o aparecimento de ferrobactérias (MORUZZI e REALI, 2012).

#### 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os IQAs aplicados, os poços utilizados para abastecimento público no município de Abaetetuba, em geral, apresentam água com

qualidade satisfatória, o que é esperado, já que a maioria dos poços apresenta profundidade acima de 150 m, captando de aquíferos confinados, que estão protegidos de contaminação.

O IRQ, para o poço da ETA, apresentou resultados contraditórios aos do IQNAS e IQAS, o que pode estar relacionado às maiores concentrações de nitrato, no entanto, ainda existem discussões na literatura quanto aos resultados gerados pelo referido índice.

Os poços da ETA e do bairro algodual apresentaram águas levemente ácidas, com pH abaixo de 5, o que pode ser característica natural; no entanto, esses são os únicos poços com profundidades consideravelmente reduzidas (36 m e 40 m, respectivamente). Esses poços podem estar captando água de aquíferos semiconfinados, havendo possibilidade de estarem vulneráveis, sendo recomendado estudo mais aprofundado para compreensão das condições dos aquíferos.

O sistema de tratamento de água utilizado na ETA do município é tecnicamente adequado. No entanto, o pH levemente baixo da água bruta dos poços pode estar comprometendo a oxidação do ferro, que quando realizada por aeração ou cloração, é mais eficiente em pH em torno de 6,5. A ação mais rápida para tornar mais eficiente a remoção do ferro é o uso de alcalinizantes para a correção do pH da água, antes de qualquer tratamento. Os alcalinizantes mais utilizados são a cal virgem, cal hidratada, hidróxido de sódio ou carbonato de sódio.

Uma alternativa seria a construção de tanques de contato entre o aerador e o filtro, pois a velocidade de reação ferro com o oxigênio atmosférico depende do valor do pH. Por conta desse fator, um tempo de detenção elevado pode ser necessário após a aeração, dependendo das características da água. Contudo, destaca-se que são necessários estudos técnicos e econômicos que avaliem se o custo de implantação da medida seria razoável frente aos benefícios previstos.

## 5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

## 6 REFERÊNCIAS

ABAETETUBA, prefeitura municipal de - Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMEIA). **Plano municipal de saneamento do município de Abaetetuba- Diagnostico dos serviços de Saneamento, 2017**. Disponível em: <[https://abaetetuba.pa.gov.br/arquivos/25/plano%20municipal%20de%20saneamento\\_001\\_2017\\_0000002.pdf](https://abaetetuba.pa.gov.br/arquivos/25/plano%20municipal%20de%20saneamento_001_2017_0000002.pdf)>. Acesso em 03/11/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2007. Disponível em: <[http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/panorama\\_do\\_enquadramento.pdf](http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/panorama_do_enquadramento.pdf)>. Acesso em 10/05/2020

AZEVEDO, R. P. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p. 313-320, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação GM/MS nº 888**, de 4 de maio de 2021. Disponível em:< <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em: 20/05/2021.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il. Disponível em:<[http://snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico\\_SNIS\\_AE\\_2019\\_Republicacao\\_31032021.pdf](http://snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf)> Acesso em: 12/06/2021.

BRASIL. **Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm)>. Acesso em: 18 abr. 2021

CASTAÑEDA, D.M.A.; PASSOS, K.; BENETTI, A.D. Remoção de sulfeto de hidrogênio, ferro e manganês de águas de abastecimento por aeração e dessorção por ar. **Revista DAE**.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índices de Qualidade das Águas. 2017**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf>>. Acesso em: 10/05/2020.

CONCEIÇÃO, F. T. et al. Influências naturais e antrópicas na qualidade da água subterrânea de poços de abastecimento público na área urbana de Marília (SP). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 227-238, 2014.

COUTINHO, J. V.; ALMEIDA, C. N.; GADELHA, C. L. M.; TARGINO, D.F.; LINHARES, F. M.; COELHO, V.H. R.. Avaliação Integrada da Qualidade da Água Subterrânea em uma Bacia Hidrográfica Representativa do Litoral da Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 18, n.4, p. 197-212, outubro/dezembro. 2013.

DA SILVA, E. R. M. et al. Caracterização Físico-Química, Química e Quimiométrica de Águas Subterrâneas dos Aquíferos Pirabas e Barreiras em Municípios do Estado do Pará (Physical-Chemical, Chemistry and Chemometric Characterization of Underground Waters from Pirabas and Barreiras Aquifers in Municipalities of the State of Pará). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 1026-1041, 2017

DE ALMEIDA, F. M.; DE SOUZA, D. M.; LUIZ, J. G. Estudo da contaminação por hidrocarbonetos em postos de serviços de Abaetetuba-PA utilizando georadar. In: 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society & EXPOGEF 2007, Rio de Janeiro, Brazil, 19-23 November 2007. Society of Exploration Geophysicists and Brazilian Geophysical Society, 2007. p. 235-240. **Anais...**

DE ALMEIDA, F. M. et al. Análise geométrica e susceptibilidade à contaminação dos sistemas aquíferos da região de Barcarena/Pa. Águas Subterrâneas, 2006.

DE ALMEIDA, R. A. S.; DE OLIVEIRA, I. B. Índice de Qualidade da Água Subterrânea Bruta (IQASB) utilizada na produção de água potável em estações de tratamento. **Águas Subterrâneas**, v. 24, n. 1, 2010.

DIAS, P. L. **Análise multitemporal por imagem de satélite da expansão urbana da sede municipal de Abaetetuba-PA**. Monografia - Engenharia cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, p.43, 2018.

FERNANDES, R. A.; LOUREIRO, C. O. Índice relativo de qualidade (IRQ): Um método para caracterização e hierarquização do potencial qualitativo das águas subterrâneas. **Águas Subterrâneas**, 2006.

GOMES, M. C. R.; CAVALCANTE, I. N. Análise geoquímica das águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará-Brasil. **Águas subterrâneas**, v. 29, n. 1, p. 42-59, 2015.

GOMES, M. C. R.; CAVALCANTE, I. N. Análise geoquímica das águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará-Brasil. **Águas subterrâneas**, v. 29, n. 1, p. 42-59, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/abaetetuba/panorama>>. Acesso em 09/04/2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=283450>>. Acesso em 23/03/2021.

- LEITE, A. C.M. et al. Hydrogeological Characteristic and the Vulnerability Degree of the Aquifers from Municipality of Abaetetuba, Pará-Brazil. **Asian Journal of Geological Research**, p. 1-16, 2019.
- LOPES, R. M. et al. Qualidade da água consumida na Ilha do Mosqueiro, Belém-PA. **Revista DAE**, 2017.
- MATIATOS, I. Nitrate source identification in groundwater of multiple land-use areas by combining isotopes and multivariate statistical analysis: A case study of Asopos basin (Central Greece). **Science of The Total Environment**, v. 541, p. 802-814, 2016.
- MATTA, M.A.S. 2002. **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua - Pará, Brasil**. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 292p.
- MATTOS, J. B. et al. Tipologia hidrogeoquímica e qualidade das águas subterrâneas na área urbana do município de Lençóis, Bahia, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 3, p. 281-295, 2017.
- MELLOUL, A. J.; COLLIN, M. A proposed index for aquifer water-quality assessment: the case of Israel's Sharon region. **Journal of Environmental Management**, v. 54, n. 2, p. 131-142, 1998.
- MENEZES, J. M. et al. Comparação entre os Índices de Qualidade de Água Cetesb e Bascarán. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.
- MORUZZI, R.B.; REALI, M.A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para Fins de abastecimento público ou industrial – Uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V.4, n.1, abril, 2012, p.29-43.
- MURGULET, D., TICK, G. R. Understanding the sources and fate of nitrate in a highly developed aquifer system. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 155, p. 69–81, 2013.
- OLIVEIRA I. B; NEGRÃO, F. I; SILVA, A. G. L. S. Mapeamento dos aquíferos do estado da Bahia utilizando o índice de qualidade natural das águas subterrâneas — IQNAS. **Águas Subterrâneas**, v.21, n.1, p.123-137, 2007.
- PARANÁ. Abril mais seco da história volta a agravar a crise hídrica no Paraná. **Agência Estadual de Notícias**. Saneamento, 2021. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=112168&tit=Abril-mais-seco-da-historia-volta-a-agravar-a-crise-hidrica-no-Parana#>>. Acesso em: 09/06/2021.
- SOARES, D. S. et al. **Produção do espaço agrário e dinâmicas territoriais na Amazônia Tocantina: transporte rural-urbano, agricultura familiar e ambientes em Abaetetuba (PA)**. 2021.
- SELVAKUMAR, S., CHANDRASEKAR, N., KUMAR, G. Hydrogeochemical characteristics and groundwater contamination in the rapid urban development areas of Coimbatore, India. **Water Resources and Industry**, v. 17, p. 26-33, 2017.
- SILVA, D.D.; MIGLIORINI, R.B.; SILVA, E.C.; LIMA, Z.M.; MOURA, I.B.; Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.19, n.1, jan/mar, 2014, p.43-52.
- SOUSA, B. Ma. A. A. **Diagnóstico da água subterrânea no perímetro urbano de João pessoa/PB através de Índice de Qualidade de Água – IQAs**. Dissertação (Mestrado em em Engenharia Urbana e Ambiental). Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa, 2010.
- ZOBY, José Luiz Gomes. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Águas Subterrâneas**, 2008.