

Análise e Diagnóstico da Qualidade da Água de um Residencial Localizado em Belém do Pará

Marlos Henrique Pires Nogueira¹, Renata da Costa e Silva Crespim¹, Bruno Santana Carneiro²

¹ Programa de Pós-Graduação em Gestão Hídrica e Ambiental – Universidade Federal do Pará (UFPA) – Belém - PA- Brasil

² MS/SVS/Instituto Evandro Chagas – Belém - PA- Brasil

paulistta2000@yahoo.com.br, crespimrenata@gmail.com,
brunocarneiro@iec.gov.br

Resumo. Atualmente, a região metropolitana de Belém, assim como várias capitais do Brasil, sofre com o crescimento populacional e urbanização desordenadas, fato que gera consequências desfavoráveis ao meio ambiente, pois ocorre a falta de serviços de saneamento básico. A carência de saneamento causa diarreias e inúmeras doenças como por exemplo: febre tifoide, cólera, a amebíase, a giardíase, a ascaridíase, a metahemoglobinemia (baby blue syndrome) e o câncer gástrico. Entre os anos de 2016 a 2019 foram coletadas amostras da água de um poço residencial, localizado no bairro de Val de Cans, no município de Belém-PA, para analisar o comportamento do nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e outros parâmetros físico-químicos e microbiológicos indicadores de contaminação antrópica. Após as análises das amostras, observou-se que os parâmetros pH e nitrogênio amoniacal não atendem às condições e padrões estabelecidos pelas regulamentações pertinentes e vigentes, sendo considerada imprópria para o consumo humano.

Abstract. Currently, the metropolitan region of Belém, as well as several capitals in Brazil, suffers from disorderly population growth and urbanization, a fact that generates unfavorable consequences for the environment, as there is a lack of basic sanitation services. The lack of sanitation causes diarrhea and numerous diseases such as: typhoid fever, cholera, amebiasis, giardiasis, ascariasis, methemoglobinemia (baby blue syndrome) and gastric cancer. Between the years 2016 to 2019, water samples were collected from a residential well, located in the Val de Cans neighborhood, in the city of Belém-PA, to analyze the behavior of ammoniacal nitrogen, nitrite, nitrate and other physical-chemical parameters and microbiological indicators of anthropogenic contamination. After analyzing the samples, it was observed that the pH and ammonia nitrogen parameters do not meet the conditions and standards established by relevant and current regulations, being considered unsuitable for human consumption.



1. Introdução

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO (2012), conforme o crescimento populacional vai aumentando assim também a demanda por água doce cresce continuamente sendo uma relação diretamente proporcional, onde o manancial subterrâneo assume um lugar de destaque no fornecimento de água doce de qualidade para o abastecimento humano, industrial e de irrigação. O uso dos recursos subterrâneos aumentou em pelo menos três vezes ao longo dos últimos cinquenta anos, e continua a aumentar de 1,0% a 2,0% ao ano, deste modo representando que a captação de águas subterrâneas é responsável por cerca de 26,0% da retirada total de água no mundo atualmente.

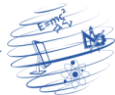
Segundo Von Sperling (2018), em condições naturais a qualidade da água pode ser modificada pelo escoamento superficial, infiltração no solo, resultante da precipitação atmosférica já na ação antrópica a modificação pode ser realizada através do despejo doméstico ou industrial que não atendem as diretrizes da Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011), com isso introduzindo compostos contaminantes na água, afetando sua qualidade ou seja, a forma de como o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação significativa na qualidade da água. Além disso, a Organização Mundial de Saúde - OMS (2016) afirma que a água influência de forma direta na qualidade da vida, saúde e desenvolvimento de uma população, pois o consumo de água fora dos padrões de potabilidade pode oferecer riscos à saúde da população, causando doenças transmitidas por bactérias, vírus, protozoários, helmintos, entre outros agravos de saúde pública.

De acordo com o Portal Saneamento Básico (2014), cerca de 80% dos poços encontrados na região metropolitana de Belém estão contaminados, demonstrando dessa maneira que o saneamento não acompanhou o desenvolvimento urbano da cidade.

Atualmente a Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA abastece cerca de 30% da população através de poços artesianos, com cerca de 80 a 200 metros de profundidade, porém esses poços seguem as normas da ABNT NBR 12212 (2017), que rege o projeto de poço tubular para captação de água subterrânea, e a NBR 12244 (2006), que trata da construção do poço tubular para captação de água subterrânea, possuindo. A COSANPA depois de captar a água, ainda realiza o tratamento da mesma. Já os poços tubulares ou escavados que a maioria da população de Belém tem em suas residências são considerados poços rasos, com cerca de 40 metros, e podem conter altas concentrações de ferro, além de contaminantes patogênicos (MATTA, 2018).

Segundo Matta (2018), a população de Belém pensa que está bebendo água de poços artesianos, porém na verdade estão utilizando poços freáticos, a diferença nesses dois tipos de poços está na sua profundidade de perfuração. Os poços freáticos costumam estar contaminados, pois a água é retirada das camadas mais superficiais, sem proteção de solo argiloso, que é um solo impermeável, porém os poços artesianos retiram água dos aquíferos confinados que possuem uma camada argilosa protetora ficando livre de contaminações.

A Agência Nacional das Águas - ANA (2018), realizou um estudo hidrogeológico para gestão das águas subterrâneas da região de Belém - PA em parceria com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS, onde foram



analisadas a composição química de 150 poços da região metropolitana de Belém, e constatou-se que as amostras possuem teores de nitrato, cloreto, ferro e manganês elevados, acima da legislação vigente. Neste resultado as concentrações de NO_3^- e Cl^- demonstram que há contaminação provocada por ação antrópica na região, devido as perdas da rede de esgoto e a ampla utilização de soluções individuais (fossas), que permitem que um grande volume de água residual com altas cargas de contaminantes atinja as águas subterrâneas, já concentrações elevadas de Fe e Mn indicam a composição dos minerais característicos do solo da região.

Os condomínios da região metropolitana de Belém em sua grande maioria utilizam-se de poços próprios para seu abastecimento, onde captam água do aquífero Barreiras que na sua grande extensão, é de natureza livre a semiconfinada, com nível estático variando de menos de 1 a 10 m, demonstrando dessa forma ser muito vulnerável a contaminação. Além disso, os poços são na maioria das vezes locados sem levar a consideração a proximidade de fossas sépticas ou rudimentares (CABRAL e LIMA, 2006).

De acordo com Libânio (2016), o nitrogênio é um contaminante que costuma estar presente nas águas subterrâneas e apresentar-se de várias formas: nitrogênio orgânico, amoniacal (NH_3 e NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Sendo que para o consumo humano o mais nocivo é o nitrato, pois é uma substância persistente, móvel, que não degrada facilmente em meio aeróbico e, em teores acima de 10 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$, pode causar doenças como a metahemoglobinemia (baby blue syndrome) e o câncer gástrico. Estudos específicos relacionadas à contaminação das águas do aquífero Barreiras por compostos nitrogenados (NH_4^+ e NO_3^-), oriundos do uso do sistema de saneamento in situ e apoiado por um programa de monitoramento, são ainda bastante restritas na região (CABRAL, 2004).

Deste modo, podemos ver que para realizar uma ação de prevenção de doenças causadas por veiculação hídrica, devemos garantir um serviço de saneamento básico eficiente a população, pois só com uma rede de saneamento podemos garantir água de boa qualidade e quantidade, livre de microrganismos patogênicos e substâncias nocivas à saúde. As principais doenças causadas pela falta de saneamento são a febre tifoide, a febre paratifoide, as shigeloses, a cólera, a hepatite A, a amebíase, a giardíase, a leptospirose, a poliomelite, a ancilostomíase (amarelão), a ascaridíase (lombriga), a teníase, a cisticercose, a filariose (elefantíase) e a esquistossomose. O objetivo geral deste artigo visa analisar e diagnosticar a qualidade da água de um poço tubular que abastece um conjunto residencial na cidade de Belém-PA, através de monitoramento das análises físico-químicas e bacteriológicas dentre os anos de 2016 a 2019, com o intuito de acompanhar o comportamento do nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato e outros parâmetros físico-químicos e bacteriológicos indicadores de contaminação antrópica regidos pela Portaria da Consolidação Portaria da Consolidação 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017), Resolução CONAMA 396 de 03 de abril de 2008 (BRASIL, 2008) e a nova Portaria GM_MS 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021).



2. Situação do Saneamento Básico na Região Metropolitana de Belém-PA

De acordo com Hirata (1994), nas grandes cidades a principal preocupação quanto à contaminação de águas subterrâneas está nas áreas urbanizadas sem rede de coleta de esgoto, onde os lançamentos são realizados através fossas e tanques sépticos construídos de forma duvidosa, podendo causar contaminação do aquífero.

De acordo com o IBGE (2019), a Tabela 1 demonstra a situação regional do saneamento do Brasil. Pode-se observar ainda que a região Norte do Brasil possui um grande déficit no saneamento, apresentando os piores índices para rede de abastecimento de água e rede coletora de esgoto, fato que aumenta o índice de ligação de poços na região.

Tabela 1. Dados do IBGE (2019) sobre saneamento no Brasil

Região	% Rede de Abastecimento de água	% Rede de coleta de esgoto	% Ligação de poços
Norte	59,8	8,2	15,8
Nordeste	79,9	30,8	12,2
Sudeste	92,4	81,7	5,2
Sul	88,7	34,1	8,3
Centro Oeste	87,5	36,9	11,8
Brasil	85,8	52,5	9,9

Segundo o Instituto Trata Brasil (2019) e Instituto Trata Brasil (2020), a Região Metropolitana de Belém - RMB, com uma população de 1.794.981 de habitantes (municípios de Belém, Ananindeua, Marituba, Santa Bárbara do Pará, Benevides e Santa Isabel do Pará) possuem inúmeros problemas, porém o mais complicado é a falta de saneamento básico na região. Os municípios de Belém e Ananindeua estão entre as piores condições de saneamento básico das 100 cidades brasileiras pesquisadas, onde Belém ocupou as posições no ranking de 90^a em 2019 e 95^a em 2020 e a cidade de Ananindeua de 99^a em 2019 e 100^a em 2020, deste modo fica evidente a deficiência da região metropolitana de Belém na coleta e tratamento do esgoto, o que pode ser causado pelo crescimento desordenado na cidade, além disso demonstram que os poços tubulares podem sofrer contaminações.

Vários estudos destacam os riscos de contaminação dos aquíferos gerados pela ocupação desordenada e a falta de saneamento, bem como as características geológicas peculiares da RMB (MATTA, 2002, CABRAL, 2004, PARANHOS, 2010, ANA, 2018 e INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021).

Nos estudos realizados pela Agência Nacional das Águas em 2018, foram observados que as águas de precipitações atmosféricas que atingem regiões antropizadas e infiltram nos aquíferos rasos podem carrear poluentes industriais dispersos no ar e lavar superfícies contaminadas por diferentes componentes orgânicos e metais, como por exemplo, aterros sanitários, lixões, valas de lixo doméstico e lixo acumulado nas ruas, postos de combustíveis, cemitérios, etc. Mesmo que a maior parte dessa água residual urbana seja descarregada para as drenagens, uma parcela pode infiltrar nos aquíferos rasos. Apesar da ação atenuadora na retenção de elementos contaminantes



que se infiltram no solo carreados pela água, a recarga derivada dos esgotos sanitários e industriais é potencialmente prejudicial à qualidade natural da água subterrânea. Do ponto de vista prático, a percolação de águas residuais deve ser vista como um processo de contaminação do aquífero em desenvolvimento (ANA, 2018)

O comprometimento da qualidade das águas subterrâneas se intensifica, principalmente nas grandes cidades do Brasil, como na cidade de Belém do Pará, com uma população de 1.492.745 de habitantes, que desde 2007 vem enfrentando problemas do crescimento desordenado, falta de cumprimento do Plano Diretor da cidade e a falta de saneamento. Essa carência de saneamento faz com que a população procure meios próprios, chamados de sistemas in situ, podendo ser por meio de fossas sépticas ou mesmo fossas negras para o descarte do esgoto e para o abastecimento de água fazem uso de águas subterrâneas captadas de aquíferos rasos ou livres (CABRAL, 2007 e INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021).

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2021), a Tabela 2 apresenta o percentual da população por situação de abastecimento de água do município, os dados da tabela demonstram que a maioria da população é atendida regularmente pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), representando um percentual de 71,60%, porém esse atendimento é precário atualmente.

Tabela 2. Situação do Abastecimento de Água na RMB (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021)

Situação de abastecimento de Água	% População
Com recebimento regular de água	71,60
Sem acesso à água	28,40

Já o sistema de esgotamento sanitário do município de Belém encontra-se com um índice de atendimento de apenas 15,80% da população atendida, sendo assim encontramos a deficiência do sistema de coleta de esgoto sanitário com o índice de 84,20 % da população. Portanto, a população para suprir suas necessidades utiliza-se de fossas sépticas e fossas rudimentares, o que favorece a contaminação do lençol freático. A Tabela 3 apresenta a porcentagem da população atendida no município, segundo o INSTITUTO TRATA BRASIL (2021).

Tabela 3. Situação da Coleta e Tratamento de Esgoto (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021)

Índices	%
Sem atendimento, sem Coleta e sem Tratamento	84,20
Atendimento com Coleta	15,80
Atendimento com Coleta sem Tratamento Adequado	13,00
Atendimento com Coleta com Tratamento Adequado	2,80

A cidade de Belém-PA apresenta uma situação muito preocupante em relação ao esgotamento sanitário, pois o “Painel Saneamento Brasil” demonstra que entres os anos de 2010 e 2018 foram investidos cerca de R\$ 560 milhões nos serviços de água e esgotamento sanitário em Belém-PA, valor abaixo do necessário para um período de 8

anos. Atualmente os dados da cidade apresentam apenas 15,8 % da população da capital com atendimento de coleta de esgoto, e 2,8% dos esgotos são tratados, onde esses índices revelam que ainda há desafios enormes para serem enfrentados (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).

Em face do exposto, temos uma realidade bem preocupante no município de Belém no que tange o saneamento básico e a qualidade da água subterrânea.

3. Materiais e Métodos

3.1. Localização e Aspectos Hidrogeológicos da Área de Estudo

A área de estudo está localizada na região metropolitana de Belém do Pará, bairro de Val de Cans, em um conjunto residencial (Latitude: 1° 23'43" S; Longitude: 48° 28'31" W), conforme Figura1. Este bairro está localizado próximos a igarapés que cortam a cidade, onde de acordo com Cabral e Lima (2006), essas feições hidrográficas são marcantes na cidade, e com a falta de saneamento e a expansão urbana os igarapés foram transformados em esgotos a céu aberto, recebendo efluentes domésticos e industriais sem nenhum tipo de tratamento prévio.



Figura 1. Mapa da Localização da área de estudo

O bairro de Val de Cans é formado por vários conjuntos habitacionais que revelam o quão diverso é o perfil socioeconômico da área. Há áreas mais humildes como os conjuntos Paraíso dos Pássaros e outras mais elitizadas formadas pelos

conjuntos Marex, Cristal Ville e as vilas militares. De acordo com o IBGE (2010), o bairro é um território com o total de 7.032 habitantes.

De acordo com os dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Figura 2, a área de estudo demonstra que os meses mais chuvosos vão de dezembro a maio, com 72,7 % do total da média mensal, já os meses com maior precipitação foram março e abril, com 29,7% do total da média mensal, já os meses menos chuvosos (junho a novembro) registraram a média mensal total de 27,3% do total da média mensal (INMET, 2020).

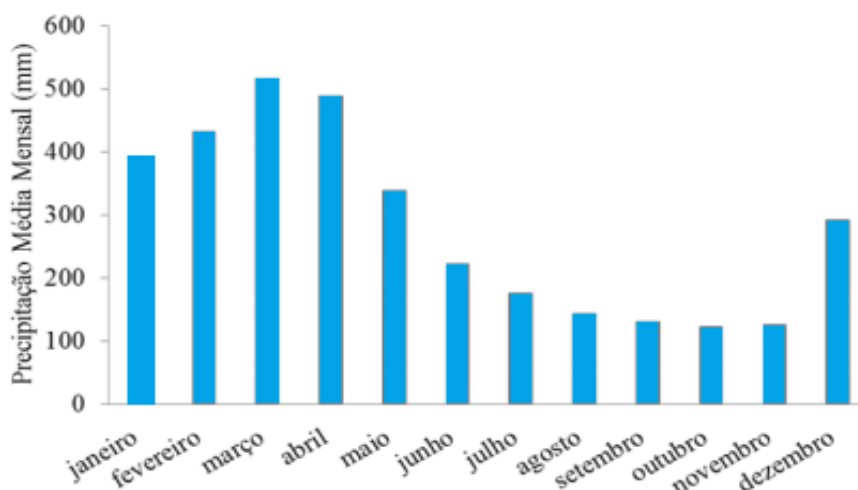


Figura 2. Média mensal total de 2016 a 2018 para Belém-PA (INMET, 2020)

A falta de uma drenagem eficiente no local é bem marcante e registrada pela Figura 3, apresentando bueiros obstruído que causam a inundação, fato que causa prejuízos econômicos aos cidadãos. Além disso, os serviços de coleta de esgoto e de abastecimento público de água são precários, levando a população residente a captar água de poços tubulares construídos sem nenhum critério técnico e descartar seu esgoto em fossas sépticas.



Figura 3. Inundação na área de estudo

Pode-se observar na Figura 4 a localidade do poço e das áreas adjacentes com ocorrência de inundação. Informações do site do INMET (2020) para esta área relatam que ocorreram em média 145 mm de precipitação nos meses analisados neste trabalho, porém a maior média mensal é de 500 mm durante todo o mês de março, segundo o mesmo site podem ocorrer precipitações com muita intensidade em um curto tempo, tal fato causam inundações podendo transferir para o poço inúmeros contaminantes nocivos de fonte antrópica.

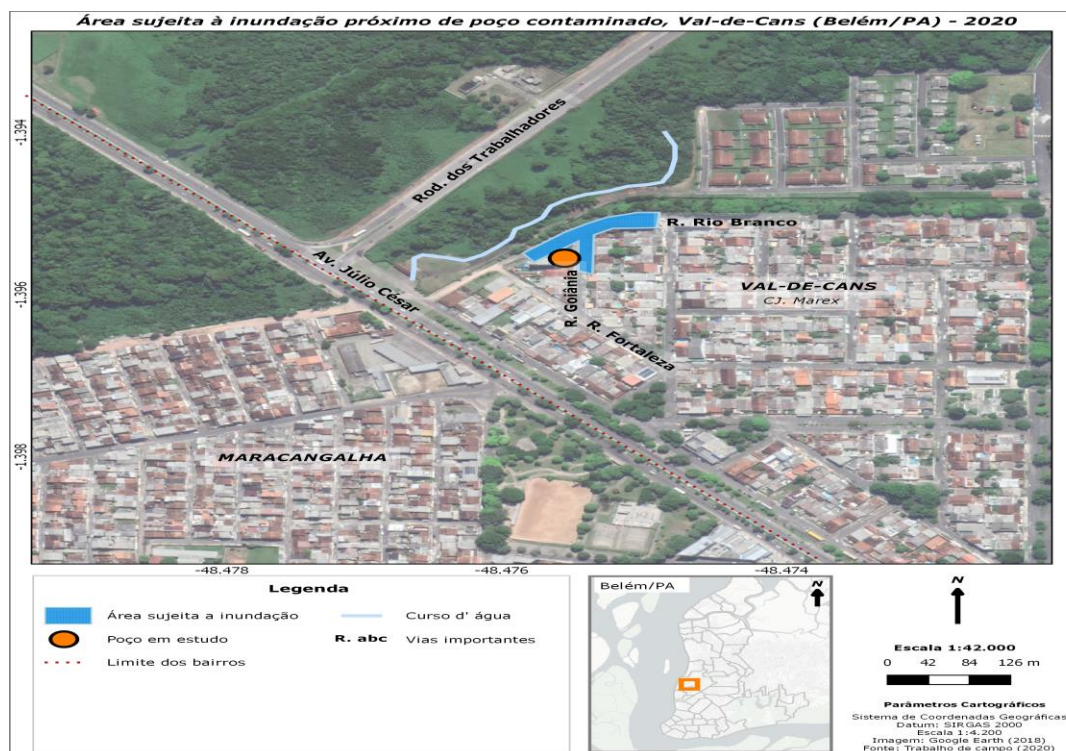


Figura 4. Áreas adjacentes sujeitas a inundação

O poço da área em questão é classificado como sendo um poço tubular raso, com uma profundidade de 40 metros, captação do aquífero Barreiras e possui os diâmetros de perfuração de 12^{1/4}” com revestimento de tubos e filtros de 6 polegadas. Porém, o poço não possui estudo hidrogeológico e projeto básico, assim como nenhum responsável técnico pela construção, sendo construído por uma firma sem registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA. De acordo com a Figura 5, pode-se observar que o poço apresenta algumas desconformidades perante as normas da ABNT NBR 12212 (2017) e NBR 12244 (2006), como localização em um nível inferior ao do terreno, falta de vedação sanitária adequada, falta da laje de proteção, altura da coluna de tubo com altura inferior de 30 cm, dentre outras.



Figura 5. Desconformidades encontradas no poço em estudo

De acordo com Cabral e Lima (2006), a Região Metropolitana de Belém - RMB e adjacências é formada por sedimentos terciário-quaternários que compõem o arcabouço geológico da região e guardam três sistemas de aquíferos: Pós-Barreiras, Barreiras e Pirabas, sendo associados as unidades geológicas homônimas.

O sistema aquífero Barreiras possui ampla distribuição na costa brasileira, aflorando de forma descontínua desde a região Norte até a Sudeste. É caracterizado como um aquífero predominantemente livre que ocupa uma área de 176.532 km² e tem grande participação no abastecimento de várias capitais brasileiras, particularmente das capitais litorâneas nordestinas de São Luís, Belém, Fortaleza, Natal e Maceió (ANA, 2005).

O Aquífero Barreiras possui como característica águas cloretadas magnesianas-sódicas, evoluindo para cloretadas sódicas-cálcicas junto às pequenas calhas de drenagem próximas ao litoral, seu pH médio é de 6,95 e sua dureza é classificado como muito moles a moles e suas águas podem conter elevadas concentrações de ferro (ANA, 2005).

Na Região Metropolitana de Belém, o sistema aquífero Barreiras apresenta águas com baixas concentrações de sais dissolvidos, resíduo seco variando entre 15,18 e 32,61 mg/L, e acidez, com pH de 4,3 a 4,6 (CORTEZ et al., 2000). As águas são cloretadas sódicas a mistas, sendo que algumas amostras constituíram exceções com valores de ferro e nitrato acima do padrão da legislação vigente (ALMEIDA et al., 2004). Uma das características do sistema aquífero Barreiras, na região, é o alto teor de ferro, exigindo frequentemente a instalação de estações para a sua remoção. Os altos teores de ferro acarretam diversos problemas: gosto metálico nas águas produzidas, manchas em roupas e em instalações hidráulicas, incrustações nas bombas, nos filtros dos poços e nos materiais de revestimento, provocando diminuição de vazões e redução da vida útil dos poços (MATTA, 2002). Os valores acima de 10 mg/L de nitrato (valor de potabilidade) estão relacionados à contaminação por efluentes líquidos (principalmente esgotos domésticos) das águas superficiais que interagem com as águas subterrâneas, à presença de fossas negras e inexistência de saneamento básico. Tudo

isso é somado a um nível estático muito raso nessas áreas, muitas vezes inferior a 5 metros e algumas vezes subaflorante (MATTA, 2002).

O Aquífero Barreiras corresponde aos sedimentos do grupo Barreiras onde é constituído por areia de granulometria variando de fina a grossa, às vezes ocorrendo cascalhos. Já os níveis arenosos estão geralmente são intercalados com argilas, levando a uma limitação de sua espessura útil. O contato superior desse aquífero é delimitado por sedimentos do Pós-Barreiras areno argiloso, com uma espessura variando de 0,2 a 10 m, enquanto que o canto inferior é marcado pelos sedimentos da formação Pirabas (CABRAL e LIMA, 2006).

De acordo com o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, as características litológicas da área de estudo são descritas na Figura 6 por um perfil esquemático de um poço de referência localizado no bairro de Val de Cans, onde a hidrogeologia mais rasa (Barreiras), quanto as mais profundas (Pirabas), estão presentes na ilustração.

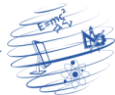


Figura 6. Descrição litológica do bairro de Val de Cans (CPRM, 2020).

Já as características físico-químicas das águas potáveis exploráveis do aquífero Barreiras na região de Belém são descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Características físico-químicas do aquífero Barreiras na RMB (Cortez et al., 2000).

Parâmetros	Mínimos	Máximos
pH	4,3	4,6
CE (mS/cm)	28,5	45,0
Na ⁺ (mg/L)	1,60	1,7
K ⁺ (mg/L)	0,28	3,16
Ca ⁺² (mg/L)	0,11	0,20
Mg ⁺² (mg/L)	Ab*	0,25
Cl	Ab	2,27
HCO	Ab	2,64
SO ₄ (mg/L)	Ab	9,3



Além dessas características físico-químicas do aquífero Barreiras, nos estudos de Piratoba (2002) os valores de Nitrato (NO_3^-) e amônia (NH_4^+), apresentaram respectivamente os valores $1,0 \text{ mg/L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ e $0,1 \text{ mg/L}^{-1} \text{ NH}_4^+$ para águas não contaminadas do aquífero Barreiras.

3.2. Coleta de Dados

No período de 2016 a 2019 foram coletadas 04 amostras de um poço tubular raso para avaliação da qualidade da água de um conjunto habitacional localizado no bairro de Val de Cans na cidade de Belém do Pará. As amostras foram coletadas, transportadas e armazenadas em frascos de vidro de 1000 mL, refrigeradas a 4°C em caixa de isopor com gelo, protegidas contra a luz e, encaminhadas ao laboratório físico-químico e bacteriológico da COSANPA, conforme data e hora da Tabela 5. A coleta, armazenamento e transporte foram realizadas de acordo com a NBR 9898 (1987), Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

As amostras dos anos de 2016 e 2018 foram coletadas no período de estiagem e as amostras de 2017 e 2019 coletas no final do período chuvoso, conforme Figura 2 e Tabela 5.

Tabela 5. Amostras coletadas

Matriz: Poço Tubular			
Ano	Data	hora	Média Mensal Precipitação (mm)
2016	11/10/2016	08:45	145
2017	18/07/2017	08:00	190
2018	14/11/2018	10:20	150
2019	23/08/2019	11:24	170

3.3. Métodos Analíticos

As amostras foram analisadas pelo laboratório Físico-químico e Bacteriológico da COSANPA, onde as metodologias analíticas adotadas em laboratório para as análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas de acordo com o Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, conforme Tabela 6 (APHA,2012).

Os resultados das análises foram comparados com os valores máximos permitidos (VMP) dos parâmetros de referência da Portaria da Consolidação 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017), Resolução CONAMA 396 de 03 de abril de 2008 (BRASIL,2008) e as referências hidroquímicas da literatura, assim como a análise dos parâmetros da nova Portaria GM_MS 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL,2021).

**Tabela 6. Parâmetros e Metodologia da COSANPA**

Variável	Referência
Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)	SMWW22° 2510 B
pH	SMWW 22° 4500-H+
Cor aparente	SMWW 22° 2120 D
Turbidez	SMWW 22° 2130 B
Cloreto	SMWW 22° 4500 – Cl B
Dureza	SMWW 22° 2340 C
Alcalinidade	SMWW 22° 2320 B
Sulfato	Método HACH 8051
Ferro dissolvido	Método Gallery N15670
Amônia NH ₃	Método HACH 8038
Nitrato	Método Gallery N15670
Nitrito	Método Gallery N15670
Coliforme Total	SMWW 22° 9221 B-G

4. Resultados e Discussão

A estatística descritiva (média, desvio padrão, máximo, mínimo, mediana, dispersão, coeficiente de variação e variância) dos valores das variáveis físico-químicas: Sólidos totais dissolvidos, turbidez, pH, gosto, odor, Cor aparente, dureza total, cloreto, nitrogênio amoniacal total, nitrito e nitrato, sulfato, ferro, alcalinidade e coliformes totais, assim como os valores de referência para a Portaria de Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017), Resolução CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008 (BRASIL,2008) e Portaria GM_MS nº 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL,2021) estão presentes na Tabela 8. Não houve a necessidade de realizar estudos estatísticos com os valores das variáveis bacteriológicas, pois todas apresentaram ausência de coliformes termotolerantes e coliformes totais de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7. Resultados das análises Microbiológicas

Parâmetros	Microbiológico				Portaria da Consolidação nº 05 (BRASIL, 2017)	Portaria GM_MS Consolidação nº 888 (BRASIL, 2021)
	2016	2017	2018	2019		
Coliformes Termotolerantes	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹
Coliformes Totais	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹	Ausência NMP.100 ml ⁻¹

Tabela 8. Resultados das análises físico-químicas

Anos	Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)				pH	Cor Aparente	Dureza Total	Cloro	Nitrogênio Amomiacal Total			Sulfato	Ferro	Alcalinidade
	Turbidez								Nitrato	Nitrito	Sulfato			
2016	116,60	0,09	6,80	0,00	31,68	26,04	2,02	3,00	0,00	7,00	<0,02	14,42		
2017	200,00	0,54	4,93	2,50	34,00	37,00	5,46	22,00	0,00	6,00	<0,02	4,00		
2018	295,80	0,85	5,31	0,00	38,61	19,20	1,80	5,10	0,06	8,00	<0,02	13,10		
2019	120,80	1,78	4,50	3,00	40,80	24,52	1,90	5,90	0,07	6,00	<0,02	20,10		
Média	183,30	0,82	5,39	1,38	36,27	26,69	2,80	9,00	0,03	6,75	<0,02	12,91		
Valor máximo	295,80	1,78	6,80	3,00	40,80	37,00	5,46	22,00	0,07	8,00	0,00	20,10		
Valor menor	116,60	0,09	4,50	0,00	31,68	19,20	1,80	3,00	0,00	6,00	0,00	4,00		
Mediana	160,40	0,70	5,12	1,25	36,31	25,28	1,96	5,50	0,03	6,50	0,00	13,76		
Dispersão ou amplitude	179,20	1,69	2,30	3,00	9,12	17,80	3,66	19,00	0,07	2,00	0,00	16,10		
Desvio Padrão	84,24	0,72	1,00	1,60	4,17	7,47	1,78	8,75	0,04	0,96	0,00	6,67		
Coefficiente de Variação	45,96	87,73	18,56	116,42	11,50	28,00	63,65	97,25	111,00	14,18	0,00	51,67		
Variância	7096,76	0,51	1,00	2,56	17,41	55,84	3,16	76,61	0,00	0,92	0,00	44,47		
Portaria da Consolidação n° 05 (BRASIL, 2017)	Até 1000 mg.L ⁻¹	Até 5,0 uts	De 6,0 a 9,5	≤15mg.L ⁻¹ -Pt-C ₀	Até 500 mg.L ⁻¹	Até 250 mg.L ⁻¹	1,5 mg N-NH ₃ .L ⁻¹	10 mg.L ⁻¹	1,0 mg.L ⁻¹	250 mg.L ⁻¹	Até 0,3 mg.L ⁻¹	Até 250 mg.L ⁻¹		
Resolução CONAMA n° 396 (BRASIL, 2008)	Até 1000 mg.L ⁻¹					Até 250 mg.L ⁻¹		10 mg.L ⁻¹	1,0 mg.L ⁻¹	250 mg.L ⁻¹	Até 0,3 mg.L ⁻¹			
Portaria GM MS n° 888 (BRASIL, 2021)	Até 500 mg.L ⁻¹	Até 5,0 uts		≤15mg.L ⁻¹ -Pt-C ₀	Até 300 mg.L ⁻¹	Até 250 mg.L ⁻¹	1,2 mg N-NH ₃ .L ⁻¹	10 mg.L ⁻¹	1,0 mg.L ⁻¹	250 mg.L ⁻¹	Até 0,3 mg.L ⁻¹	Até 250 mg.L ⁻¹		

Os parâmetros foram analisados com o objetivo de se investigar possíveis contaminações relacionadas com a influência antropogênica, tais como a influência de esgotos domésticos, e fossas negras construídas inadequadamente.

De acordo com os resultados da análise, a maioria dos parâmetros estão dentro dos padrões permitidos pelas legislações vigentes, porém destoam disso alguns valores relacionados ao pH, nitrogênio amoniacal e Nitrato durante os anos analisados, sendo que esses dois últimos parâmetros estão associados a contaminação antrópica próxima ao poço em estudo. Os poços tubulares rasos realizam a captação de água do sistema aquífero mais superficial, onde acabam sendo mais vulneráveis à contaminação e podem acarretar problemas de saúde às pessoas que utilizam esse tipo de água. A contaminação dos poços desse tipo pode estar relacionada a má construção, como o caso do poço estudado, que na maioria das vezes ocorre de forma irregular não respeitando as normas de construção da ABNT, esse tipo de poço deve ser construído por profissional qualificado com conhecimentos hidrogeológicos. (OLIVEIRA et al.,2002, VON SPERLING, 2018, MATTA,2018, ANA, 2018, CABRAL e LIMA, 2006).

Verifica-se que os valores do parâmetro pH, conforme Figura 7 e Tabela 8, demonstrou variação de 4,50 a 6,80, valores máximo e mínimo respectivamente, com uma média aritmética de 5,38, mediana de 5,12, desvio padrão de 1,00 e variância de 0,99. Os valores máximos e mínimos coincidem com os dados analisados na literatura por Matta, Cabral e Tagliarini (2000), onde esses valores são considerados ácidos e fora dos padrões recomendados pela Portaria da Consolidação 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017), sendo uma das características das águas amazônicas. Esses valores de pH favorecem a formação da amônia na forma NH_4^+ , que é a forma ionizada da amônia NH_3 (BAHIA, et al., 2011, CORTEZ et al. 2000). A Resolução CONAMA 396 de 03 de abril de 2008 (BRASIL, 2008) e Portaria GM_MS 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021) não contém os valores máximos e mínimos para o pH, porém a nova Portaria exige que para fins de desinfecção de águas subterrâneas deve-se utilizar um pH variando na faixa de 6,0 a 9,5.

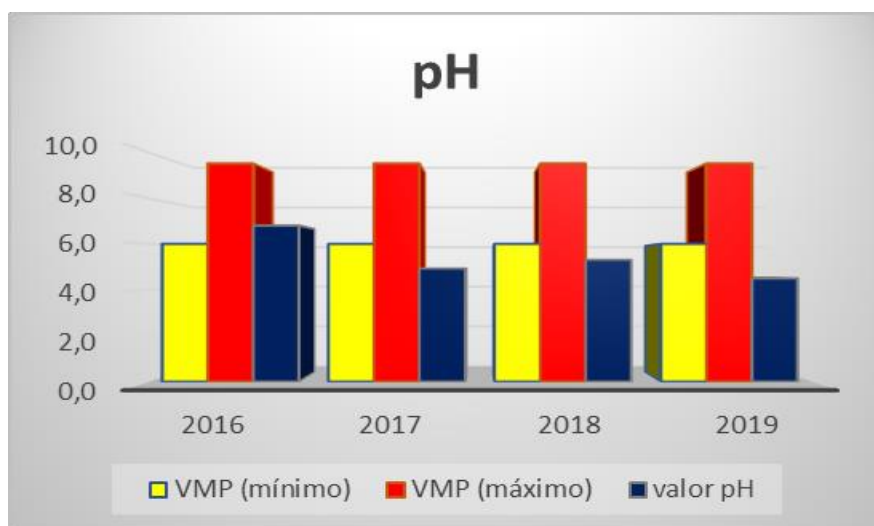
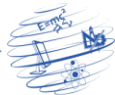


Figura 7. Diagrama dos valores de pH



A Figura 8 mostra os resultados das análises de nitrogênio amoniacal, onde todas as amostras apresentam teores acima dos 1,5 mg N-NH₃.L⁻¹, com uma média aritmética de 2,80 5 mg N-NH₃.L⁻¹, valores variando entre 1,90 a 2,02 5 mg N-NH₃.L⁻¹, mediana de 1,96 5 mg N-NH₃.L⁻¹, desvio padrão de 1,78 e variância de 3,16. Em relação aos valores de referência para a Portaria da Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017) e a Portaria GM_MS 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021) também apresentadas na Tabela 8, observa-se que para o parâmetro nitrogênio amoniacal total apresentou média aritmética acima VMP por ambas, sendo 1,5 e 1,2 mg N-NH₃.L⁻¹, respectivamente. Demonstrando contaminação do poço em estudo por ação antrópica, que pode estar relacionada a sua baixa profundidade, proteção sanitária deficiente, que acaba propiciando contaminação por infiltração de águas superficiais contaminadas.

Porém essa contaminação apresenta-se como remota (antiga), pois em todas as análises do parâmetro nitrato na Figura 9 apresentou-se em maiores concentrações que o nitrogênio amoniacal, onde apresentou média aritmética de 9,00 mg.L⁻¹ e mínimo e máximo de 3,00 a 22,00 mg.L⁻¹, mediana de 5,5 mg.L⁻¹, desvio padrão de 8,75 e variância de 76,60. Este fato fica mais evidenciado durante o ano de 2017, onde valor atingido de nitrogênio amoniacal foi de 5,46 mg N-NH₃.L⁻¹ e para nitrato foi de 22 mg.L⁻¹, essa amostra foi coletada durante o final do período chuvoso, demonstrando grande arraste de contaminantes para poço nesse período. De acordo com Piratoba (2002), a água do aquífero Barreiras sem contaminação apresenta o valor de 1,0 mg.L⁻¹ NO₃.

Enquanto que o parâmetro nitrito apresentou média aritmética dentro da faixa recomendada pela Portaria da Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017), Resolução CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008 (BRASIL, 2008) e Portaria GM_MS nº 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021). Esse parâmetro é uma fase intermediária entre a amônia e o nitrato e possui um significado sanitário inexpressivo.

Em todos os anos ocorreu a oxidação da matéria orgânica através da nitrificação, onde as bactérias Nitrossomonas e Nitrobacter convertem o nitrogênio amoniacal para nitrato, conforme Tabela 8. A Nitrificação é expressa pelas Equações (1) e (2):

Nitrossomonas



Nitrobacter



Para os anos de 2018 e 2019, observa-se que os valores encontrados de nitrogênio amoniacal ainda estão acima do VMP pela Portaria da Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017) e Portaria GM_MS nº 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), mas ocorreu uma diminuição da concentração de nitrogênio amoniacal e nitrato em comparação ao ano de 2017. Porém os valores encontrados ainda demonstram uma contaminação constante.

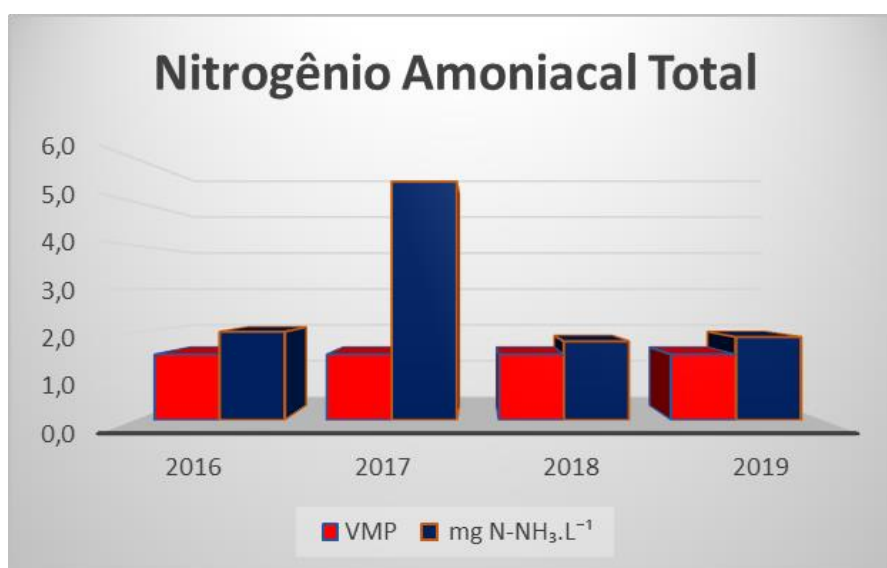


Figura 8. Diagrama dos valores de N-NH₃.L⁻¹

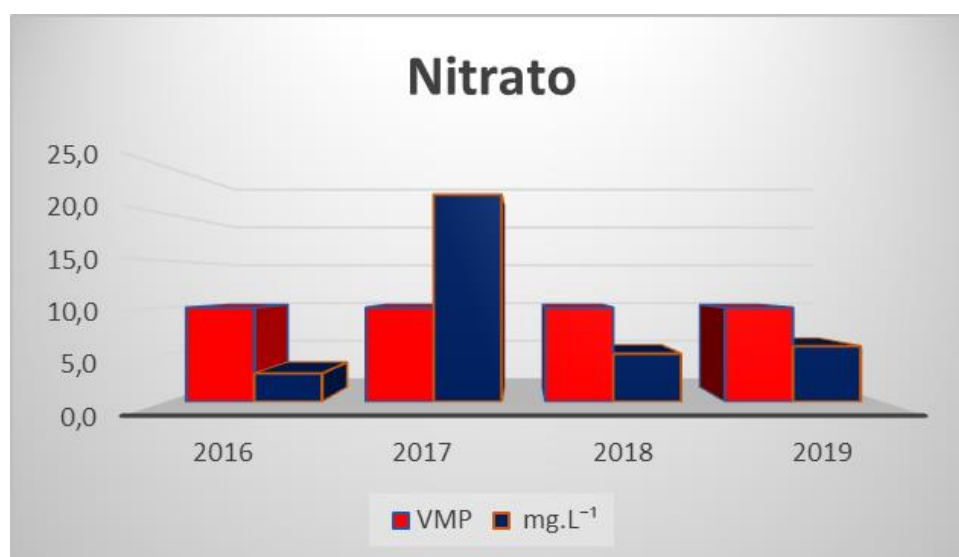
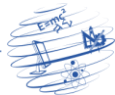


Figura 9. Diagrama dos valores de NO₃⁻

5. Conclusão

A falta de saneamento na Região Metropolitana de Belém é um fato preocupante, pois a população para manter-se abastecida procura meios in loco, como poços artesanais, que na sua grande maioria é construída fora dos padrões da ABNT, tem caráter raso e está localizado em regiões propícias a contaminação.

O manancial subterrâneo estudado apresenta comportamentos que indicam uma forte vulnerabilidade da fonte utilizada para o abastecimento do conjunto habitacional, pois além de ser considerado um poço raso apresenta várias desconformidades perante as normas da ABNT NBR 12212 (2017) e NBR 12244 (2006).



A análise conjunta da média, valor máximo e mínimo, dispersão, desvio padrão e variância dos diversos parâmetros para o estudo da qualidade da água mostram que o comportamento dessa água está diferenciado quando comparado a Portaria da Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017), Resolução CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008 (BRASIL, 2008) e Portaria GM_MS nº 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021) e as referências hidroquímicas da literatura estudada, dando indícios que essa água em estudo está recebendo influências do sistema de saneamento in situ ou da inundação situada na área devido as desconformidades de construção encontradas no poço do condomínio.

Os parâmetros sólidos totais dissolvidos, turbidez, gosto, odor, Cor aparente, dureza total, cloreto, nitrito, sulfato, ferro, alcalinidade e coliformes totais apresentam valores para suas médias aritméticas abaixo do VMP para os padrões de potabilidade da água. As principais mudanças da Portaria da Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017) para a Portaria GM_MS nº 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021) nos parâmetros estudados foram em relação aos valores de referência dos parâmetros sólidos totais, pH, dureza e nitrogênio amoniacal, conforme a Tabela 8.

Já nas análises físico-químicas dos parâmetros pH e nitrogênio amoniacal durante os anos de 2016 a 2019 demonstram valores fora dos padrões permitidos pela Portaria da Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017), porém em 2017 observou-se também que o valor do parâmetro nitrato estava acima do permitido, caracterizando o ambiente onde o poço está localizado como de fonte de poluição difusa. Não mudando nada em relação a nova Portaria GM_MS nº 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021).

Perante esses resultados a água do poço, sem receber qualquer tratamento, é classificada como imprópria para o consumo humano, pois os parâmetros pH e nitrogênio amoniacal encontram-se fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria da Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017), porém de acordo com Matta, Cabral e Tagliarini (2000), os valores encontrados no estudo para o parâmetro pH são considerados ácidos, sendo uma das características das águas amazônicas. O parâmetro de nitrogênio amoniacal, apresenta valores acima dos 1,5 mg N-NH₃.L⁻¹ em todas as amostras, ultrapassando o valor máximo permitido pela Portaria da Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL,2017) e Portaria GM_MS nº 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021) deste modo fica evidente que na área em estudo ocorre algum tipo de contaminação antrópica, que podem estar relacionadas com algumas discrepâncias em relação as normas da ABNT NBR 12212 (2017) e NBR 12244 (2006) como baixa profundidade e proteção sanitária deficiente do poço, que acaba propiciando contaminação por infiltração de águas superficiais contaminadas.

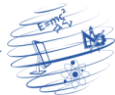
Portanto, há a necessidade de identificar, através de estudos posteriores, como o consumo dessas águas pode influenciar a saúde da população do condomínio residencial exposta por esse manancial subterrâneo de qualidade incerta, já que os parâmetros avaliados por esse estudo, quando em concentrações maiores que o permitido, podem estar associados a uma série de problemas de saúde. Além disso, o estudo evidencia a necessidade da instalação de um novo poço, construído por um responsável técnico registrado pelo CREA seguindo as recomendações das normas em vigor, assim como a elaboração de um estudo hidrogeológico, deste modo evitando que a população atendida



consoma água de baixa qualidade perante os dados inexpressivos do sistema de abastecimento de água e coleta de esgotamento sanitário da região.

6. Referências

- Almeida, F. M., Matta, M. A. S., Dias, E. R. F., Silva, D. P. B. e Figueiredo, A. B. (2004). Qualidade das águas subterrâneas do sistema aquífero Barreiras na bacia hidrográfica do Tucunduba – Belém/PA. In: Congresso brasileiro de águas subterrâneas, 13., Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, CDROM.
- ANA. Agência Nacional das Águas (2018). Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Belém/PA: Resumo Executivo/Agência Nacional de Águas; Elaboração e Execução: Profil Engenharia e Ambiente S.A, Brasília, <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=4e560d0e-9534-44e2-8e19-31ba5fb3596a>, Janeiro.
- ANA. Agência Nacional das Água (2005). Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. ANA, Brasília, 123 p.
- APHA (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd edition edited by E. W. Rice, R. B. Baird, A. D. Eaton and L. S. Clesceri. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF), Washington, D.C., USA.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12244 (2006). Construção do poço tubular para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12212 (2017). Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898 (1987). Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, Rio de Janeiro.
- Bahia, V. E., Fenzl, N., Leal, L. R. B., Morales, G. P. e Luiz, J. G. (2011). Caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área de abrangência do reservatório de abastecimento público do Utinga – Belém (PA). Águas Subterrâneas, v.25, n.1, p.43-56.
- BRASIL (2008). Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008. Ministério do Meio Ambiente.
- BRASIL (2011). Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente.
- BRASIL (2017). Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017. Ministério da Saúde.
- BRASIL (2021). Portaria GM_MS nº 888 de 04 de maio de 2021. Ministério da Saúde.
- Cabral, N. M. T. (2007). Teores de nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺) nas águas do aquífero Barreiras nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal – Belém/PA. Quím. Nova vol.30 no.8 São Paulo.



- Cabral, N. M. T.; Lima, L. M. (2006). Comportamento hidrogeoquímico das águas do aquífero Barreiras nos bairros centrais de Belém – PA. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais. Belém vol. 01, nº 1, p. 149-166, Belém.
- Cabral, N. M. T. (2004). Impacto da urbanização na qualidade das águas subterrâneas nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal-Belém/PA. 278 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém.
- Cortez, C. M. B., Tagliarini, E.M. e Tancredi, A. C. F. N. S. (2000). Utilização de águas minerais dos aquíferos do Grupo Barreiras na região de Belém (PA). In: Congresso mundial integrado de águas subterrâneas, 1., e Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 11., Fortaleza. Fortaleza, ABAS/AHLSUD/IAH, CD-ROM.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil (2020). Sistema de Informação de Águas Subterrâneas, SIAGAS, <http://siagas.cprm.gov.br>, Dezembro.
- Hirata, R. (1994). Fundamentos e estratégias de proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas. Estudo de caso no estado de São Paulo. São Paulo, Tese de doutorado, Instituto Geociências.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios, PNDA.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). Cidades: Dados de Belém – PA, <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150140&search=para|bel%em>, Maio.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia (2020). Médias climatológicas da precipitação mensal de Belém-PA, <https://clima.inmet.gov.br/>, Junho.
- INSTITUTO TRATA BRASIL (2019). Ranking do saneamento 2019. As 100 maiores cidades brasileiras, <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2019>, Maio.
- INSTITUTO TRATA BRASIL (2020). Ranking do saneamento 2020. As 100 maiores cidades brasileiras, <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2020>, Maio.
- INSTITUTO TRATA BRASIL (2020). Belém continua sem saneamento básico, <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2020/12/21/belem-continua-sem-saneamento-basico/>, Dezembro.
- INSTITUTO TRATA BRASIL (2021). Painel saneamento Brasil, <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=150140/>, Junho.
- Libânio, Marcelo (2016). Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 4ª ed., Editora Átomo, Campinas, SP.
- Matta, M. A. S. (2018). Poços em Belém e no Marajó estão contaminados [Entrevista concedida a] Amanda Nogueira. Jornal beira do rio, <https://www.beiradorio.ufpa.br/index.php/exclusivo/267-pocos-em-belem-e-no-marajo-estao-contaminados>, Junho.



- Matta, M. A. S. (2002). Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil. (Tese de Doutorado), Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, Belém, 292p.
- Oliveira, J. R. de, Leal, A. S., Tancredi, A. C. F. N. S. e Demétrio, J. G. A. (2002). Projeto estudos hidrogeológicos da região metropolitana de Belém – PA e adjacências. CPRM.
- OMS. Organização Mundial de Saúde (2016). Water Sanitation Health - Guidelines for drinking-water quality, fourth edition, https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/, Junho.
- Paranhos, P. F. (2010). Caracterização hidroquímica do sistema aquífero Pirabas em Icoaraci, Região Metropolitana de Belém – Estado do Pará, Brasil. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, Belém.
- Piratoba, M. G. (2002). Avaliação ambiental dos recursos hídricos, solos e sedimentos de abrangência do depósito de resíduos do Aurá – Estado do Pará, Brasil. (Tese de Doutorado), Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, Belém.
- PORTAL SANEAMENTO BÁSICO. (2014). Belém tem 80% dos poços contaminados, <https://www.saneamentobasico.com.br/belem-tem-80-dos-pocos-contaminados/>, Maio.
- UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2012). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: O Manejo dos Recursos Hídricos em Condições de Incerteza e Risco, <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002154/215491por.pdf>, Maio.
- Von Sperling, M. (2018). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 4ª edição, Editora UFMG, Belo Horizonte, MG.