

**ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS DA ZONA LESTE DE PRESIDENTE
PRUDENTE/SP ENTRE OS ANOS 2018 E 2019**

**ANALYSIS OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF
UNDERGROUND WATER IN THE EAST ZONE OF PRESIDENTE
PRUDENTE/SP BETWEEN THE YEARS 2018 AND 2019**

**ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE AGUAS
SUBTERRÂNEAS EN LA ZONA ESTE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP
ENTRE LOS AÑOS 2018 Y 2019**

Fernando Martínez Hungaro

Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pela Universidade Oeste Paulista – UNOESTE. Docente nas áreas de Negócios no Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo”, de Presidente Prudente/SP.

fmhungaro@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-2247-5977>

Marcelo Rodrigo Alves

Doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade de São Paulo – USP. Professor na Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, de Presidente Prudente/SP.

marceloalves@unoeste.br / <http://orcid.org/0000-0001-6772-2831>

Patrícia Alexandra Antunes

Doutora e Mestre em Ciências (Química Analítica) pelo Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP. Docente na área de Química e Meio Ambiente na Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, de Presidente Prudente/SP.

antunes@unoeste.br / <http://orcid.org/0000-0003-2173-9712>

Recebido: 23/11/2019; Aceito: 04/02/2021; Publicado: 15/08/2021.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar o processo de urbanização da zona leste de Presidente Prudente/SP em sua relação com a indisponibilidade de pleno saneamento básico, levando a um quadro de contaminação das águas subterrâneas. Para tanto, utilizou-se como indicadores da qualidade da água, parâmetros químicos e microbiológicos como o pH, condutividade, concentração de nitrato e coliformes fecais e totais. A pesquisa teve como base metodológica uma análise bibliográfica acerca do problema ora delimitado, e posterior desenvolvimento da pesquisa experimental realizada nas regiões periféricas da zona leste de Presidente Prudente nos anos 2018 e 2019. Os resultados obtidos demonstram a presença de compostos químicos e microbiológicos indesejáveis, com enfoque na inadequação da presença de nitrogênio albuminoide e coliformes fecais e totais.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas; Urbanização; Uso da Água.

ABSTRACT

This work aimed to verify the urbanization process of Presidente Prudente regarding unavailability of full sanitation, which led to contamination of groundwater, using as indicators of water quality,

chemical and microbiological parameters, such as pH, conductivity, nitrate concentration as well as fecal and total coliforms. For that purpose, the research methodology was based on a bibliographical analysis of the problem outlined in this work, and later developed through experimental research carried out in the peripheral regions in the eastern zone of the city in 2018 and 2019. The results demonstrate the presence of undesirable chemical and microbiological compounds, focusing on the inadequacy due to the presence of albuminous nitrogen and fecal and total coliforms.

Keywords: Groundwaters; Urbanization; Water Use.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue verificar el proceso de urbanización de Presidente Prudente relacionado con la falta de saneamiento completo, que fue capaz de desarrollar una contaminación del agua subterránea, utilizando como indicadores de la calidad del agua, parámetros químicos y microbiológicos como el pH, la conductividad, la concentración de nitrato como así como coliformes fecales y totales. Para hacerlo, la investigación se basó en su metodología mediante un análisis bibliográfico sobre el problema descrito en este trabajo, y luego se desarrolló a través de la investigación experimental realizada en las regiones periféricas ubicadas en la zona este de la ciudad en 2018 y 2019. Por lo tanto, se obtuvieron resultados que demuestran la presencia de compuestos químicos y microbiológicos indeseables, centrándose en la insuficiencia del nitrógeno albuminoso y los coliformes fecales y totales.

Palabras clave: Aguas subterráneas; Urbanización; Uso del agua.

INTRODUÇÃO

O município de Presidente Prudente (SP) situa-se na porção ocidental do estado de São Paulo e dista cerca de 560 quilômetros da capital do Estado e atingiu a marca de 223.749 habitantes em 2016, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2016). Consolida-se, portanto, como o município mais populoso do Oeste Paulista e polo regional de mais de cinquenta municípios ao seu redor. Todavia, desde a sua fundação, em 14 de setembro de 1917, Presidente Prudente passou por uma colonização rápida e desenfreada, que comprometeu a criação de um planejamento urbano para o seu crescimento e expansão sustentáveis.

Consequentemente, vários problemas surgiram que não foram devidamente tratados ou resolvidos ao longo dos anos, tais como a sobrecarga de vias de tráfego, a maior densidade demográfica, entre outros. Não menos importante e sendo este o tema do presente artigo, tem-se a questão das más condições das águas subterrâneas do município. O presente trabalho buscou investigar a condição de tais águas subterrâneas, uma vez que a ocupação desordenada gerou áreas com substanciais níveis de contaminação e, por vezes, impróprias para uso e consumo (HONDA, 2015). A literatura aponta como um dos problemas relevantes às elevadas concentrações do nitrato nas águas subterrâneas do município (GODOY et al., 2004; VIEIRA, 2018).

Portanto, sendo parte integrante dos aquíferos do grupo Bauru, especificamente dos conjuntos representados na região pelos aquíferos Adamantina e Santo Anastácio, estudos reportam a clara necessidade de controle da contaminação das águas subterrâneas principalmente pelo nitrato, devido à notoriedade da situação atual. A negligência de ações para mitigar a contaminação por compostos de nitrogênio nessa região pode causar prejuízos significativos às populações futuras ao utilizarem ou ingerirem água contaminada.

Esta pesquisa se justifica devido à relevância do problema que pode afetar populações de bairros específicos do município de Presidente Prudente (SP), devido às formas de colonização ao longo de praticamente 100 anos de história do município.

Ademais, a literatura enfatiza a necessidade de soluções imediatas para a questão, sob pena de prejuízos futuros consideráveis. Para Biguelini e Gumy (2012), a contaminação por nitrato na água traz graves consequências à saúde. A ingestão de nitrato por meio de água potável está associada a dois efeitos adversos à saúde: indução à metahemoglobinemia, podendo causar cianose intensa e levar à morte, além de um aumento no risco de aparecimento de linfomas em pessoas que ingerem, em longo prazo, água com até 4 ppm (partes por milhão) de nitrato.

Diante disso, a pesquisa teve o objetivo de verificar o processo de urbanização na zona leste do município de Presidente Prudente em relação à inadequação do saneamento básico, levando a um quadro de contaminação das águas subterrâneas. Foram utilizados como indicadores da qualidade da água, parâmetros químicos e microbiológicos como o pH, condutividade, concentração de nitrato e coliformes fecais e totais, realizando-se a comparação dos valores obtidos com aqueles permitidos pelas legislações aplicáveis.

A URBANIZAÇÃO NÃO PLANEJADA DE PRESIDENTE PRUDENTE E A PRESENÇA DO SANEAMENTO *IN SITU*

O município de Presidente Prudente, fundado em 1917, apresentava uma população estimada em 227.072 pessoas em 2018 (IBGE, 2019). Já o censo realizado em 2010 mostrava uma população de 207.610 pessoas. Assim, comparando a população com a área territorial do município, que em 2017 totalizava 560,637 km², tem-se uma densidade demográfica de 368,89 habitantes por quilômetro quadrado.

Segundo Albano (2013), Presidente Prudente se localiza na região conhecida como Alta Sorocabana, a oeste do estado de São Paulo, próxima à divisa com o estado do Mato Grosso do Sul a oeste, e ao Paraná em direção ao sul. Seu território está inserido nas

Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Peixe (UGRHI-21) e do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22).

Essas características destacam o município como centro de um território que congrega mais de 50 municípios ao seu redor, os quais fazem uso dos seus recursos para cuidados com saúde, educação e mesmo lazer, principalmente aos finais de semana. Além disso, sendo um polo educacional regional, a cidade apresenta uma população estudantil relevante tanto para os ensinos fundamental e médio quanto para o ensino superior, que povoa determinados bairros da cidade com estudantes vindos de outros municípios e estados.

No que tange a aspectos fisiográficos, Guerra (2011) informa que o município está situado na unidade geomorfológica denominada Planalto Ocidental Paulista (POP), que ocupa cerca de 40% do território paulista e, no município, possui formato alongado no sentido norte-sul.

Ainda segundo Guerra (2011), a descrição de aspectos fisiográficos mostra que Presidente Prudente está localizada sobre um divisor de águas das bacias do Rio do Peixe ao norte, e do Paranapanema, ao sul, tendo a bacia do Rio Santo Anastácio, que deságua no Rio Paraná, a sul-sudoeste.

Desde a sua fundação, o município passou por um processo de urbanização bastante específico, que constitui um tema já tratado pela literatura específica como segregação socioespacial. Segundo Caldeira (2003), trata-se de uma característica bastante relevante nas cidades, pois as normas e legislações para zoneamento do espaço urbano estão baseados em padrões de diferenciação e de separação.

Assim, a expansão urbana no município de Presidente Prudente se deu a partir da década de 1970 e derivou principalmente da aliança entre os interesses público e privado na exploração e oferta de imóveis.

As alterações legislativas decorrentes, incluindo a promulgação da Constituição Federal de 1988, também contribuíram para a regularização e incorporação dos novos loteamentos, com a conseqüente migração da população das zonas centrais para áreas periféricas. É importante observar que esse não foi um movimento exclusivo das classes de baixa renda, mas também das classes abastadas que seguiam em busca de loteamentos fechados de alto padrão, estes também dotados de certo grau de isolamento e que, até então, se denominava região central de Presidente Prudente.

O resultado do processo de ocupação não planejada atualmente se verifica em praticamente todas as áreas de políticas públicas. Em uma breve visualização, é possível verificar o trânsito que hoje se acumula em suas apertadas avenidas, além da centralização

da atividade econômica em determinadas áreas, em detrimento de outras que poderiam ser muito mais bem utilizadas, entre outros importantes aspectos.

Com relação à condição da água e seu consumo, conforme a abordagem de Foster e Hirata (1988), a contaminação dos aquíferos em áreas urbanas é atribuída a inúmeras fontes e razões. O saneamento *in situ* é uma delas, além da percolação de esgotos e resíduos sólidos (lixões e efluentes) e a alta densidade dessas fontes pode gerar relevante carga poluidora para as águas subterrâneas.

Neste contexto, no que diz respeito ao saneamento *in situ*, pode-se dizer, conforme Wakida e Lerner (2005), que tais sistemas são implantados em locais onde a rede de esgotamento sanitário é inexistente ou insuficiente para o escoamento de resíduos, o que comumente ocorre em zonas não planejadas e na periferia das cidades. Nesses locais, portanto, torna-se hábito o uso de tanques sépticos para eliminação de esgotos.

O uso de tanques sépticos (Figura 1) *per se* não constitui um problema, porém a manutenção precária desses tanques pode causar a contaminação das águas subterrâneas, de acordo com Foster e Hirata (1988), uma vez que os efluentes lançados pelos sistemas de saneamento *in situ* são compostos por microrganismos, nutrientes compostos orgânicos sintéticos e sais, além de nitrato e cloreto. Estes últimos, segundo Varnier (2007), são considerados parâmetros químicos adequados para indicar contaminação, devido à elevada mobilidade e presença persistente de nitrato e cloreto.

Figura 1 – Exemplo de tanque séptico.



Fonte: Higitec, 2017.

Portanto, a ligação entre tanques sépticos e poços artesianos torna-se elemento perigoso, devido ao risco de contaminação. Como exemplo, Godoy et al. (2004, p. 2) citam que:

Em pesquisa realizada através de uma estação piloto em Presidente Prudente, estudou-se a contaminação por nitrato do aquífero freático que foi derivada de vazamento de coletor de esgoto e de acúmulo de restos vegetais em torno e no interior de uma cacimba. No tocante à contaminação pelo vazamento de esgoto, o aumento progressivo no teor de íons NO₃⁻ é correlacionado à variação positiva dos teores de Cl⁻ e Na⁺. Caracteriza-se também a alta suscetibilidade à contaminação do aquífero livre da Formação Adamantina e o papel das condições físicas e químicas das zonas saturadas e insaturadas, que favorecem a introdução de nitratos no aquífero livre em Presidente Prudente.

Assim, verifica-se que os dejetos derivados de populações em zonas sem saneamento básico retornam para consumo, em decorrência da integração entre tanques sépticos e poços. Nos apontamentos de Guerra (2011, p. 18):

Embora os sistemas de saneamento *in situ* não representem um problema para as águas subterrâneas, é possível minimizar os impactos causados ao construir uma fossa alternativa melhorada com uso de barreiras reativas, que possibilitem a degradação mais eficiente de nitrato e de microrganismos patogênicos.

No caso específico de Presidente Prudente, considerando o que foi empiricamente evidenciado até o momento, espera-se que a disponibilização também tardia do saneamento básico na zona leste prudentina, com a conseqüente priorização no uso do saneamento *in situ*, vem a conduzir, portanto, à existência de tanques sépticos e poços em maior número.

A análise empírica evidencia a existência de pontos ainda não dotados de saneamento básico, nos termos estabelecidos pela Lei 11.445/2007. E mesmo que a lei para saneamento básico seja cumprida, ainda persiste a preferência pelo uso do saneamento *in situ*, o que pode levar à contaminação das águas subterrâneas por elementos das mais variadas espécies, entre eles os compostos químicos que contêm o nitrogênio em sua composição, os quais são o enfoque do presente trabalho.

Cabe ressaltar que a literatura especializada no tema reporta abordagens semelhantes. O trabalho de Cagnon (2003), que analisou o caso do município de Urânia/SP entre os anos de 1950 e 2000, objetivou estabelecer uma relação entre a contaminação das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru por nitrato e os padrões de urbanização daquele local.

Em âmbito internacional, é relevante mencionar o trabalho realizado por Drake e Bauder (2005), pesquisadores que estudaram o caso do município de Helena, no estado de Montana, nos Estados Unidos. Em sua pesquisa, os autores utilizaram o sistema de informação geográfica americano e métodos estatísticos para estudar a relação entre as variações na concentração de nitrato e os padrões de ocupação urbana e o conseqüente uso do solo no período entre 1971 e 2003.

MATERIAIS E MÉTODOS

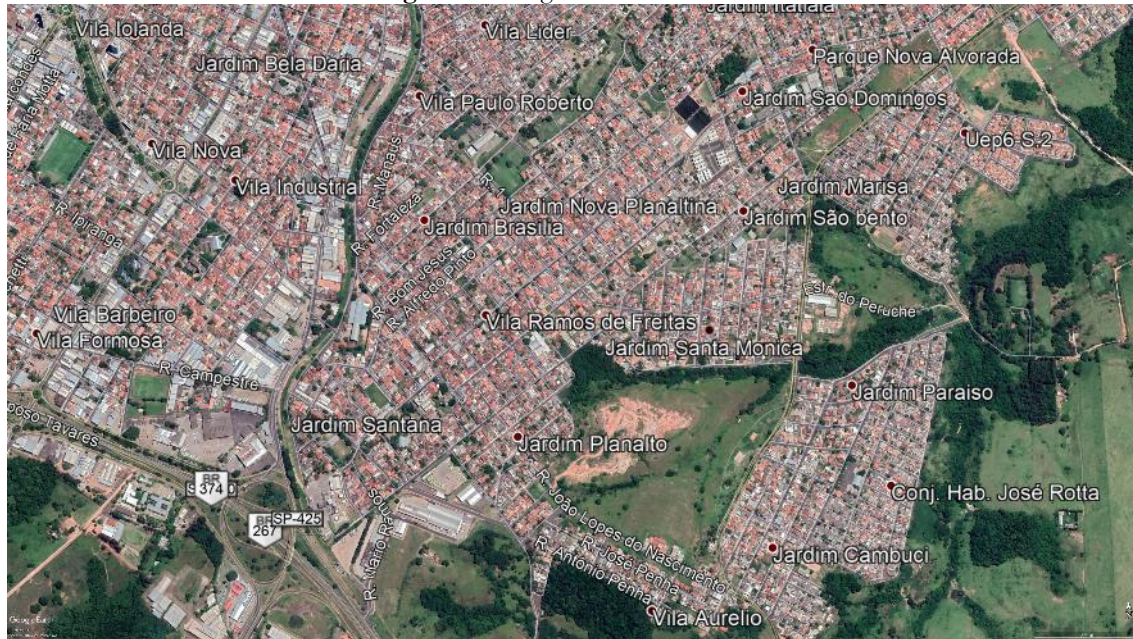
A revisão da literatura demonstrou a relevância do problema não apenas em âmbito acadêmico, mas também no cenário das políticas públicas de saneamento básico. Uma pesquisa de campo foi conduzida com o objetivo de verificar e revalidar questões apontadas em trabalhos anteriormente realizados especificamente no município de Presidente Prudente, entre os quais se destacam as já citadas pesquisas de Godoy et al. (2004) e Guerra (2011).

Uma vez determinado o objetivo de elucidar o problema de pesquisa com o enfoque específico no município de Presidente Prudente, optou-se por restringir a pesquisa de campo à zona leste do município. Essa região, conforme especificado anteriormente, configura-se como um polo de urbanização posterior, em consequência de suas características geográficas desfavoráveis à instalação residencial e comercial, principalmente devido ao relevo com inclinações acentuadas quando comparado com as demais zonas urbanas de Presidente Prudente (MARISCO, 2003; HONDA, 2011).

Segue uma lista de alguns bairros que compõem a região estudada (PRESIDENTE PRUDENTE, 2019), representados na Figura 2:

- Jardim Itapura I e II;
- Residencial Itapoã;
- Jardim Sumaré;
- Residencial Colina do Sol;
- Jardim Vista Bonita;
- Terras de Imoplan;
- Chácaras Filadélfia;
- Chácaras Aguiar;
- Distrito Industrial;
- Jardim Paraíso;
- Vila Aurélio;
- Vila Nova Prudente.

Figura 2 – Imagem da área de estudo



Fonte: GOOGLE, 2018. Adaptado pelo autor.

A escolha dos pontos de coleta na área de estudo acima delimitada foi realizada a partir de consulta ao arquivo do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIDAS) do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE-SP), além de consulta à base de dados da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (Sabesp).

Tais consultas revelaram a existência de 353 poços artesianos. Com base nas coordenadas geográficas dos poços disponibilizadas pelo DAEE-SP (2018), suas localizações foram inseridas no software Google Earth Pro com o auxílio do software QGIS, que possibilitou o mapeamento dos poços dentro da área de estudo.

As visitas de campo para coleta de amostras de água dos poços artesianos identificados acima foram realizadas entre os dias 03 e 13 de setembro de 2018. Como resultado, 17 poços artesianos foram diagnosticados e selecionados para a coleta das amostras.

Subsequentemente, iniciou-se o cumprimento das etapas preparatórias para a realização das coletas, que ocorreram durante o mês de outubro de 2018.

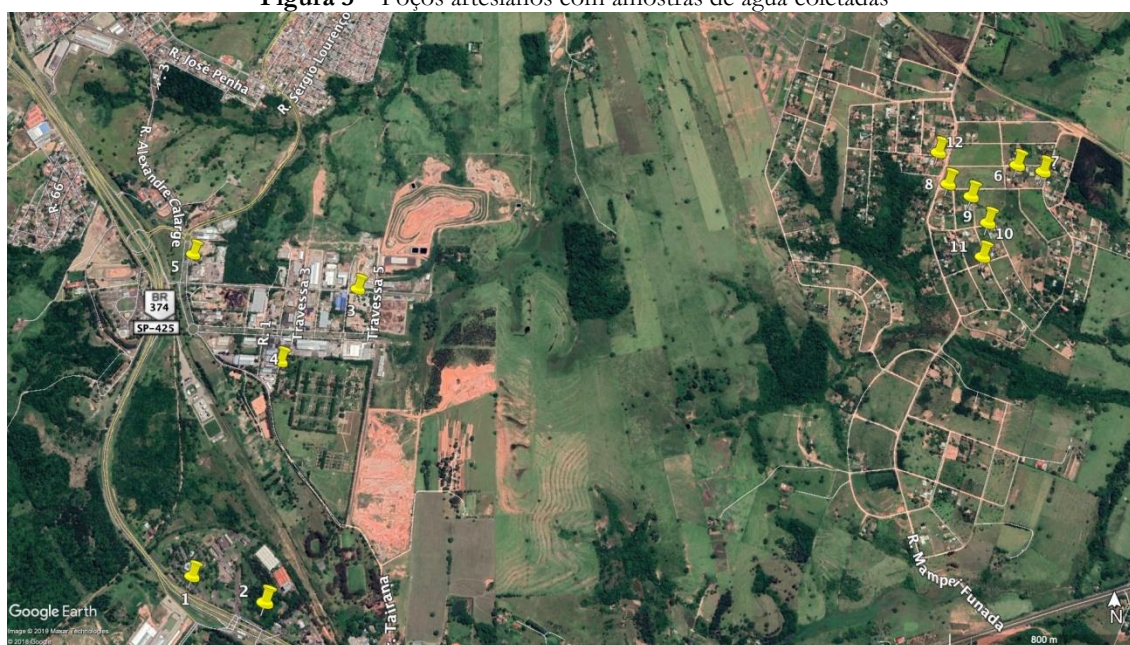
Para tanto, definiu-se os seguintes parâmetros químicos e microbiológicos a serem analisados nas amostras de água coletadas:

1. pH apresentado pela água;
2. Condutividade elétrica;
3. Nitrato;
4. Nitrito;
5. Nitrogênio Amoniacal;

6. Nitrogênio Albuminoide;
7. Presença de coliformes totais;
8. Presença da *Escherichia coli* como indicador de coliformes fecais termotolerantes;
9. Presença de bactérias heterotróficas como determinantes da qualidade bacteriológica das águas de maneira ampla.

Cumpridas as fases preparatórias de cada amostra, o trabalho de campo foi conduzido em 04 e 06 de dezembro de 2018, coletando-se amostras em 12 dos poços artesanais (Figura 3).

Figura 3 – Poços artesanais com amostras de água coletadas



Fonte: GOOGLE, 2018. Adaptado pelo autor.

Para fins de coleta, denominou-se os poços coletados com números crescentes de 1 a 12, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Detalhes dos pontos de coleta

Poço	Latitude	Longitude	Altitude	Cadastrado no DAEE	Código	Nível (m)	Atividade
1	22°10'16.78"S	51°22'45.54" O	472 m	Sim	300	44,60	Unidade de órgão público
2	22°10'20.69"S	51°22'33.50" O	468 m	Sim	108	46,00	Unidade de órgão público
3	22°09'37.53"S	51°22'21.98" O	464 m	Sim	295	27,14	Indústria - areia, pedra e concreto
4	22°09'47.86"S	51°22'34.25" O	481 m	Sim	339	36,50	Pecuária - criação de equinos
5	22°09'32.26"S	51°22'48.85" O	456 m	Sim	365	Indisponível	Indústria - areia, pedra e concreto
6	22°09'17.61"S	51°20'37.79" O	447 m	Não	N/A	Indisponível	Chácara residencial
7	22°09'17.59"S	51°20'33.12" O	445 m	Não	N/A	Indisponível	Chácara residencial
8	22°09'19.92"S	51°20'48.13" O	448 m	Não	N/A	Indisponível	Chácara residencial
9	22°09'22.00"S	51°20'44.94" O	441 m	Não	N/A	Indisponível	Chácara residencial
10	22°09'26.34"S	51°20'42.95" O	437 m	Não	N/A	Indisponível	Chácara residencial
11	22°09'30.51"S	51°20'42.88" O	433 m	Não	N/A	Indisponível	Chácara residencial
12	22°09'15.39"S	51°20'49.97" O	450 m	Não	N/A	Indisponível	Chácara residencial

Fonte: DAEE-SP, 2018; GOOGLE, 2018.

A segunda etapa de coleta ocorreu entre 16 de abril e 07 de maio de 2019, repetindo-se os locais de coletas anteriores durante a primeira fase (Quadro 1 e Figura 3). Esse procedimento objetivou a comparação de resultados entre os mesmos locais. As coletas foram efetuadas no período da manhã, entre 07h00 e 12h00.

O mesmo procedimento foi adotado em ambas as etapas de coleta, ou seja, foram preparados no laboratório os frascos de um litro esterilizados por meio do aparelho autoclave de marca Baumer, juntamente com um saco de gelo de cinco quilos adquirido antes do início das coletas. Foi levada uma caixa térmica de isopor para armazenar os frascos com as amostras coletadas.

A amostragem foi realizada através das próprias bombas instaladas em cada um dos poços. Inicialmente, foi feita a purga para remoção de água estagnada e a esterilização das torneiras com o uso de gaze e álcool 70%.

As amostras foram levadas ao laboratório e submetidas para análise dos parâmetros químicos e microbiológicos previamente definidos para o estudo.

Todas as análises foram efetuadas em duplicatas, e as médias foram usadas para inserção nos resultados e construção das análises e dos comparativos.

Foram usados os padrões metodológicos internacionalmente reconhecidos para análise de águas, derivados do manual produzido pela American Public Health Association, denominado Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater (EATON et al., 2005).

Tais padrões foram utilizados na determinação dos teores de nitrito e nitrogênio amoniacal. Especificamente para as análises de nitrato (leitura direta), foi utilizado um espectrofotômetro da marca Hach modelo Pocket Colorimeter Nitrate e kit de teste com sachês. O nitrogênio albuminoide, por sua vez, foi determinado a partir de metodologia própria do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985), nas características determinadas a seguir.

É importante salientar que os parâmetros acima mencionados foram determinados com característica comum, a saber, o estabelecimento da curva de calibração e da posterior dosagem através de métodos colorimétricos. Para a construção de tais curvas, cinco concentrações foram adotadas e as respectivas absorbâncias foram medidas por meio de um espectrofotômetro visível de marca Quimis, modelo Q898DPT, devido à existência de correlação entre absorbância e concentração, de acordo com a Lei de Lambert-Beer.

Para a análise do nitrogênio albuminoide, utilizou-se, conforme a metodologia estabelecida pelo Instituto Adolfo Lutz (1985), a curva padrão preestabelecida com soluções padrão de cloreto de amônio, multiplicando-se o resultado pelo fator 0,2,

correspondente à alíquota de 50 ml tomada de um balão volumétrico de 100 ml contendo o destilado de 500 ml da amostra.

Os coliformes totais, *Escherichia coli*, e contagem de bactérias heterotróficas foram realizados com a técnica da membrana filtrante e cultura em meio ágar seletivo. Após o período de incubação de 24 horas após a colocação na estufa, realizou-se a contagem das colônias com a adoção dos seguintes moldes:

- Colônias vermelhas e salmão: identificação dos coliformes totais;
- Colônias azuis e pretas: identificação de coliformes fecais, especificamente a *Escherichia coli*;
- Colônias amarelas: contagem de bactérias heterotróficas.

O pH, por sua vez, foi determinado potenciométricamente com a utilização de equipamento pHmetro de marca Quimis, modelo Q400MT, ao passo que a condutividade foi determinada por análise direta utilizando um condutivímetro da marca Hanna Instruments modelo HI9033, considerando-se a escala de 0 - 1999,0 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Para cada um dos parâmetros identificados, foi necessário adotar um valor de referência para comparar o valor identificado na pesquisa e assim se inferir se as águas dos poços apresentavam ou não níveis superiores com relação àquele determinado parâmetro (Quadro 2).

Quadro 2 – Valores Máximos Permitidos para cada parâmetro estudado

Parâmetro Estudado	Valor Máximo Permitido	Fonte
pH	Recomendação entre 6,00 e 9,50	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).
Condutividade Elétrica	10 a 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$	FONSECA, 2017, p. 22
Nitrato	10,00 mg NO ₃ -/L N	Resolução 396/2008 do CONAMA (BRASIL, 2008); Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).
Nitrito	1,00 mg NO ₂ -/L N	Resolução 396/2008 do CONAMA (BRASIL, 2008); Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).
Nitrogênio Amoniacal	1,50 mg/L N	Resolução 396/2008 do CONAMA (BRASIL, 2008); Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).
Nitrogênio Albuminoide	0,08 mg/L N	INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985, p. 315
Coliformes Totais	Ausência em 100 ml	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 ml	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).
Bactérias Heterotróficas	500 UFC/ml	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Fonte: Dados do próprio autor, 2019.

Após a aplicação da metodologia descrita, procedeu-se com o tratamento estatístico mediante análises descritivas convencionais, com o objetivo de avaliar o comportamento relativo entre os diferentes compostos presentes na água e as possíveis causas de suas presenças.

A análise estatística convencional teve como base a determinação da média aritmética simples, da variância e do desvio padrão. Essas variáveis definiram os valores

médios de cada parâmetro para as duas campanhas de amostragem, juntamente com as medidas clássicas de dispersão.

Adicionalmente, com o objetivo de dimensionar a dispersão ou variabilidade dos dados em termos relativos ao seu valor médio, foi calculado o coeficiente de variação de Pearson (CVP). Tal coeficiente deriva da razão entre o desvio padrão e a média referente a cada um dos parâmetros analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente pesquisa objetivou investigar a contaminação de poços de captação de águas pelos elementos de referência e consequências para as populações locais. Esse é um problema que persiste atualmente, como observado nas regiões com saneamento básico recentemente instalado ou inexistente (notadamente pontos da zona leste de Presidente Prudente) ainda se utilizam de tanques sépticos e poços artesianos, aumentando o risco da presença de compostos químicos e microbiológicos nas águas subterrâneas.

Os resultados obtidos nas duas etapas de coleta foram comparados com os Valores Máximos Permitidos para os parâmetros químicos e microbiológicos analisados, como apresentado no Quadro 2, com o objetivo de avaliar se os níveis medidos estão de acordo com os valores estabelecidos nas normas regulamentadoras e recomendações bibliográficas para a água de uso e consumo humanos.

A Tabela 1 apresenta a análise estatística convencional de cada parâmetro para os doze poços identificados e selecionados.

Tabela 1 – Análise estatística convencional dos parâmetros analisados – valores individuais comparados

	pH		Condutividade		Nitrato		Nitrito		Nitrogênio Amoniacal	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Etapa	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Média	6,66	6,41	162,75	169,46	4,60	3,94	0,01	0,01	0,19	0,08
Variância	0,06	0,16	2388,75	3760,25	5,49	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00
Desvio Padrão	0,03	0,08	1194,38	1880,12	2,75	1,79	0,00	0,00	0,00	0,00
Coef. Variação	0,00	0,01	7,34	11,09	0,60	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
	Nitrogênio Albuminoide		Coliformes totais		E-coli		Bactérias heterotróficas			
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Etapa	1	2	1	2	1	2	1	2		
Média	0,08	0,07	8,08	12,42	0,25	1,67	9,83	8592,50		
Variância	0,00	0,00	433,17	259,77	0,20	19,70	299,42	883911995,23		
Desvio Padrão	0,00	0,00	216,59	129,88	0,10	9,85	149,71	441955997,61		
Coef. Variação	0,00	0,00	26,79	10,46	0,41	5,91	15,22	51435,09		

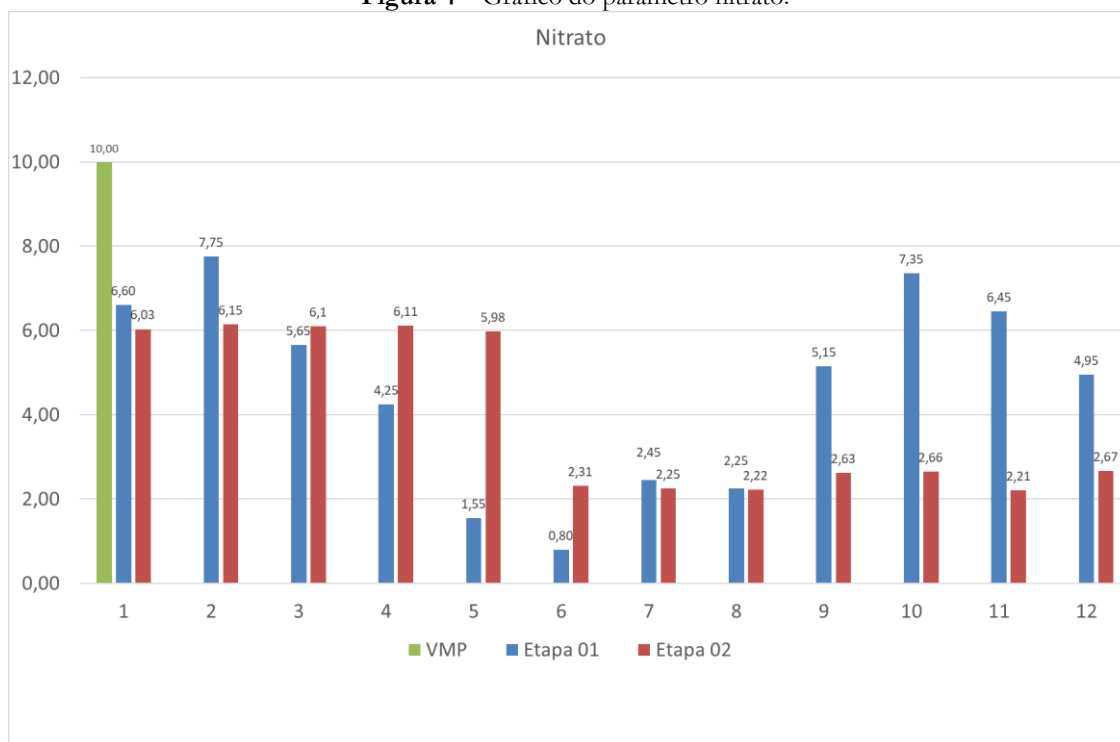
Fonte: Dados do próprio autor, 2019.

Os resultados mostram que o pH se apresentou dentro dos níveis recomendados pela Portaria 2914, de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), que, em seu artigo 39, recomenda que as águas apropriadas para consumo humano apresentem o pH entre 6,0 e 9,5. Três valores da segunda etapa de coleta apresentaram pH ligeiramente abaixo do mínimo aceitável.

A condutividade, por sua vez, supera razoavelmente os Valores Máximos Permitidos, com um aumento da primeira para a segunda etapa de coleta, fato a ser levado em consideração na presente pesquisa.

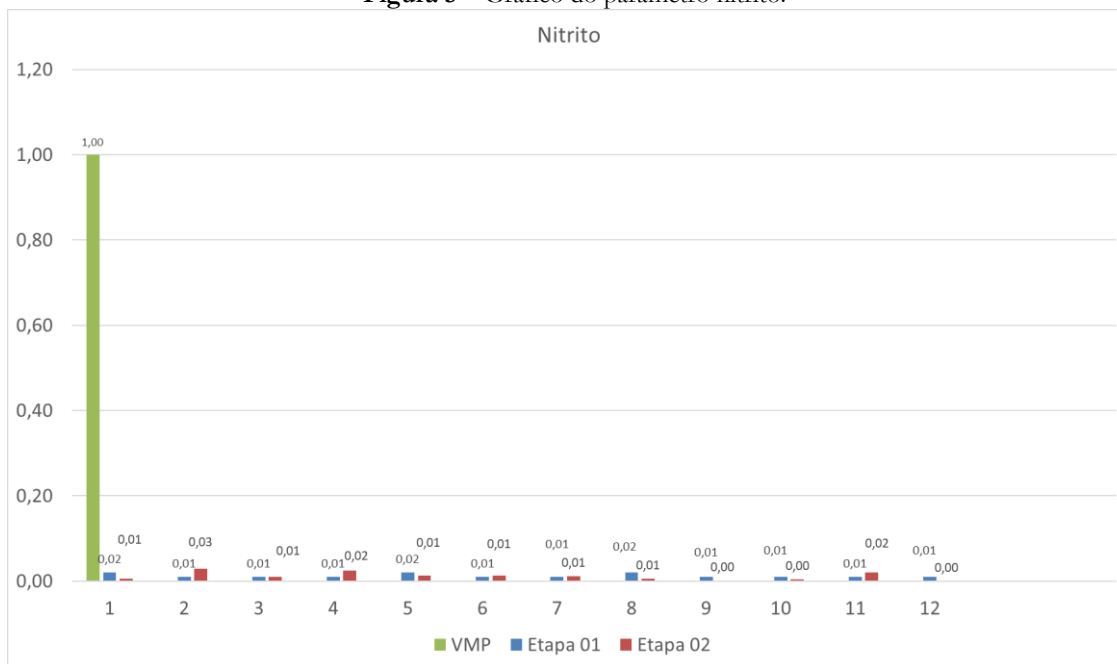
Os parâmetros relacionados ao nitrogênio (nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio albuminoide) ficaram dentro dos níveis permitidos, à exceção do nitrogênio albuminoide que apresentou três poços estão com quantidades acima do permitido, apenas na primeira etapa de coleta. As Figuras 4 a 7 apresentam os resultados obtidos para os parâmetros relacionados ao nitrogênio em comparação aos Valores Máximos Permitidos expostos no Quadro 2 acima.

Figura 4 – Gráfico do parâmetro nitrato.



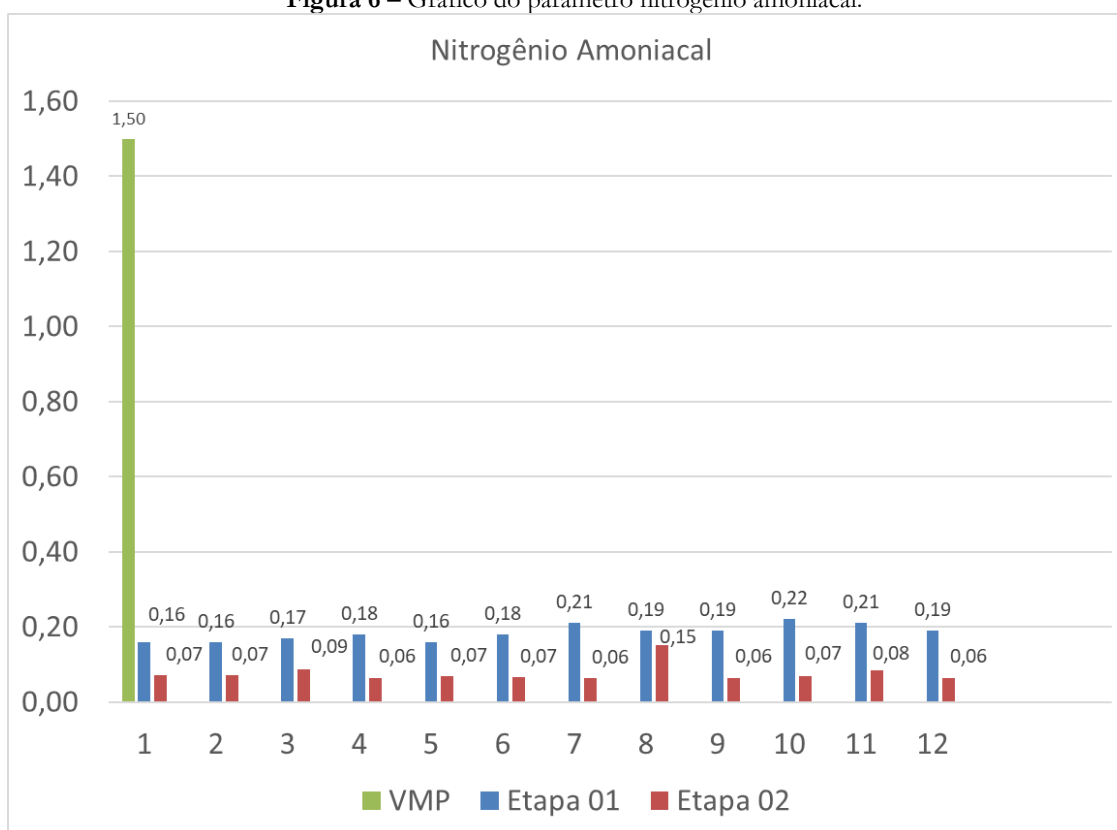
Fonte: Dados do próprio autor, 2019.

Figura 5 – Gráfico do parâmetro nitrito.



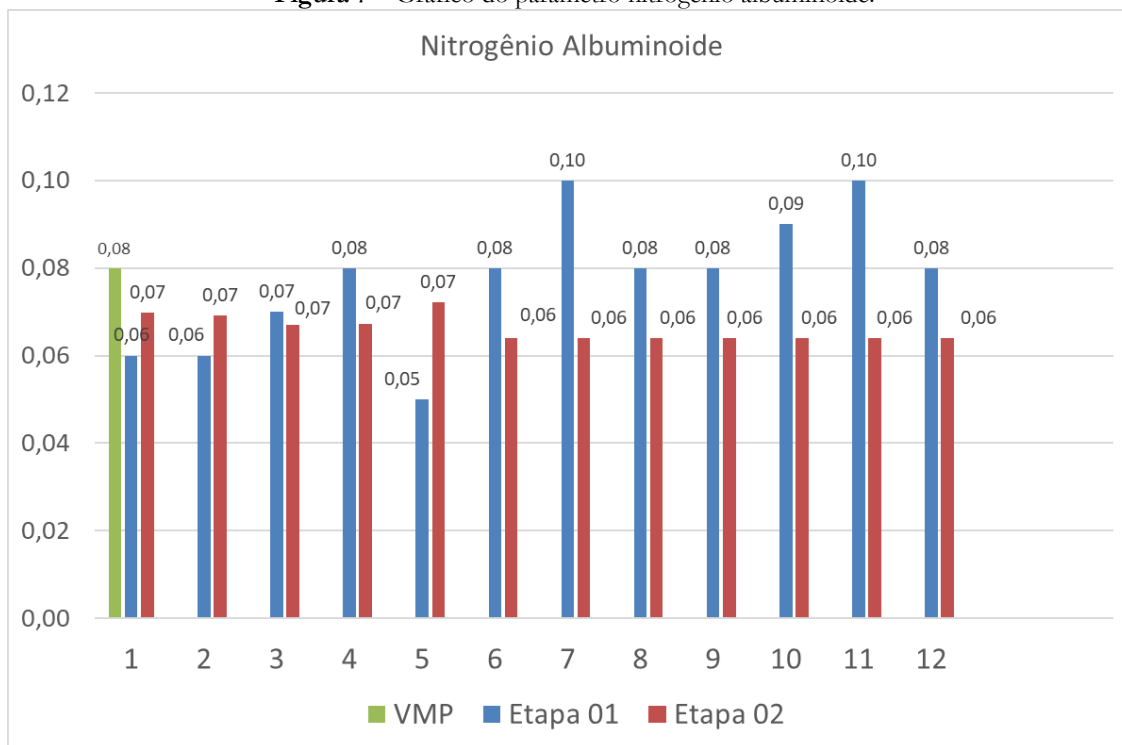
Fonte: Dados do próprio autor, 2019.

Figura 6 – Gráfico do parâmetro nitrogênio amoniacal.



Fonte: Dados do próprio autor, 2019.

Figura 7 – Gráfico do parâmetro nitrogênio albuminoide.



Fonte: Dados do próprio autor, 2019.

Com relação aos resultados dos parâmetros relacionados ao nitrogênio, a revisão bibliográfica efetuada neste trabalho demonstrou que a sua presença nas águas destinadas ao consumo humano, em diferentes estados de oxidação, é indicativa de contaminação dos poços de captação de águas e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias. O nitrito e o nitrato estão associados a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metahemoglobinemia e a potencial formação de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (GODOY, et al., 2004).

Especificamente para ao nitrato, Alaburda e Nishihara (1998) reportam que concentrações superiores a 3 mg de nitrato por litro são indicativas de contaminação devido às atividades antropogênicas. Portanto, concentrações para os parâmetros relativos às séries nitrogenadas mais próximas possível de zero seriam ideais.

Para os parâmetros encontrados com as atividades existentes nos locais de coleta, de acordo com Fonseca (2017), o nitrogênio albuminoide se refere ao início do processo de oxidação do nitrogênio, que produz o nitrito e o nitrato. Portanto, a ocorrência do nitrogênio albuminoide está relacionada com o contato recente da água com excretas e que ainda não houve o início do processo de degradação da matéria orgânica.

Observa-se que os parâmetros microbiológicos também apresentaram níveis passíveis de consideração, uma vez que eles ultrapassaram os Valores Máximos Permitidos em algumas ocasiões (Figuras 8 a 10).

Figura 8 – Gráfico do parâmetro *Escherichia coli*.

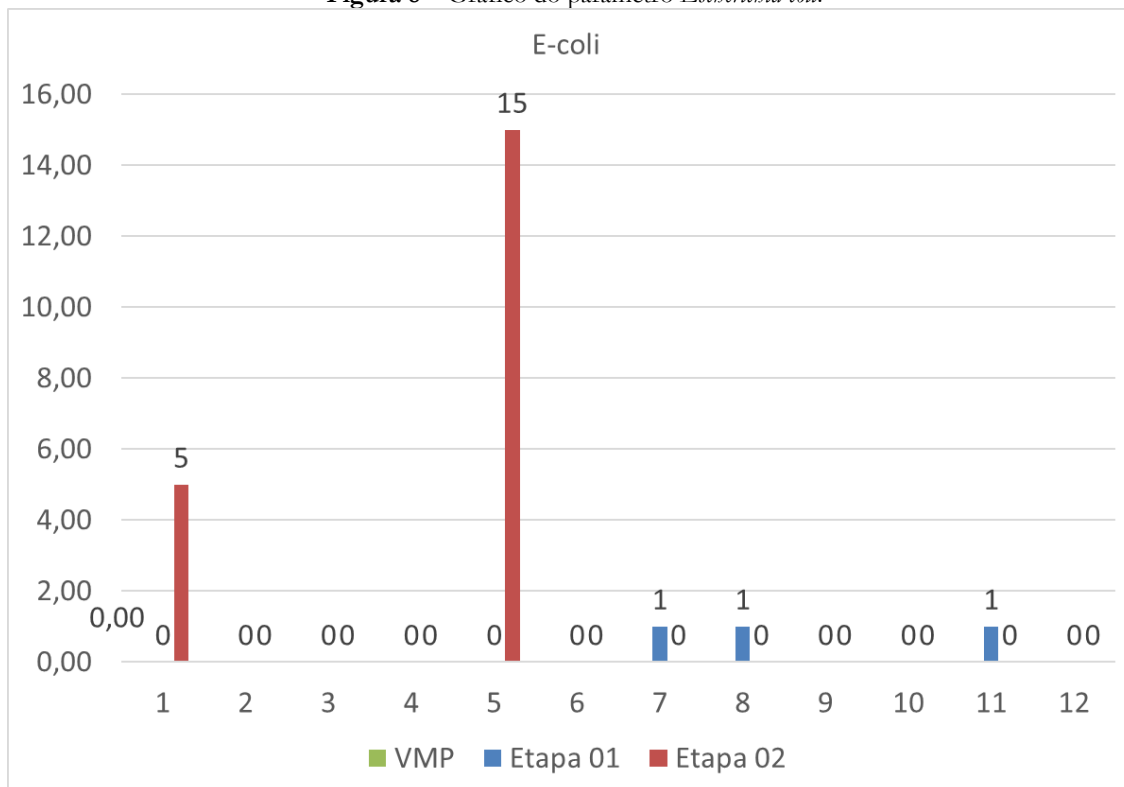


Figura 9 – Gráfico do parâmetro coliformes totais.

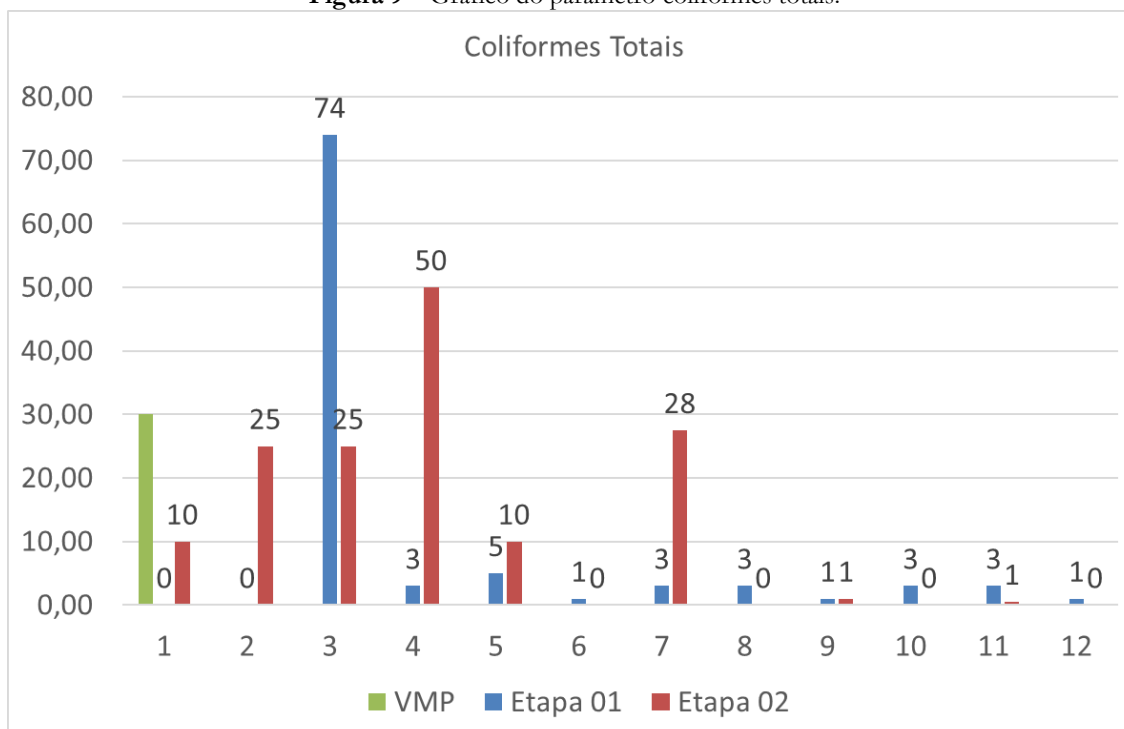
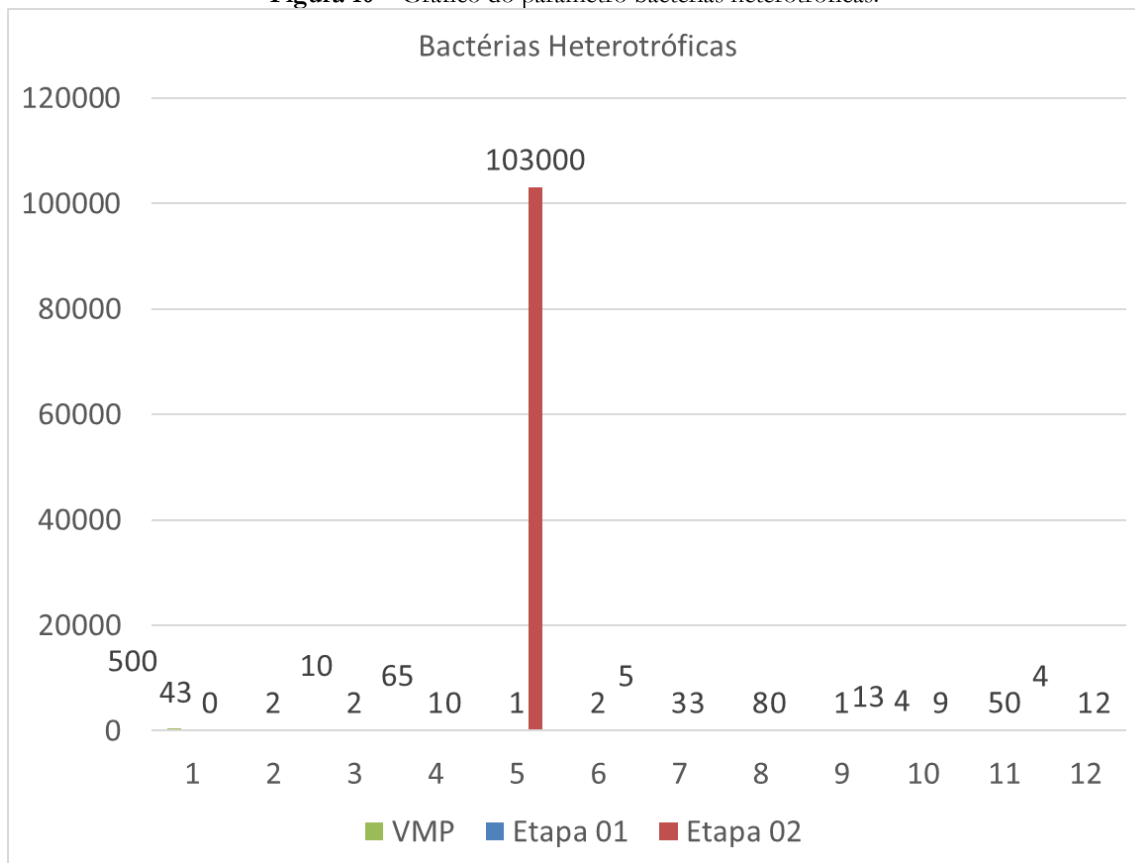


Figura 10 – Gráfico do parâmetro bactérias heterotróficas.



Fonte: Dados do próprio autor, 2019.

Portanto, a análise dos parâmetros mostra que não apenas a presença de bactérias heterotróficas, mas também o aumento das quantidades de uma etapa de coleta para a outra, logo após a estação chuvosa. Configura-se, assim, a impropriedade de parte das águas para consumo humano, uma vez que os valores máximos adotados para cada um dos referidos parâmetros foram superados, nos termos da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Dessa forma, recomenda-se que as águas com parâmetros acima dos valores máximos permitidos não sejam consumidas, mesmo porque, no que diz respeito aos coliformes totais e à *E. coli*, a mera presença em quantidade já configura a impropriedade do ambiente.

A comparação das etapas de coletas permite destacar alguns tópicos. Inicialmente, referente às condições do tempo, o intervalo aproximado de cinco meses entre as coletas das amostras das águas dos mesmos poços mostra que alguns parâmetros, no geral (utilizando-se a média dos resultados como critério de análise), reduziram, ao passo que outros aumentaram.

Os parâmetros que reduziram de uma etapa para outra foram:

- pH;
- Nitrato;

- Nitrogênio amoniacal;
- Nitrogênio albuminoide.

Já os que tiveram valores superiores na segunda etapa, em comparação à primeira, foram:

- Condutividade;
- Coliformes totais;
- *Escherichia coli*;
- Bactérias heterotróficas.

O nitrito, por sua vez, manteve a mesma média entre as duas etapas. Portanto, é possível identificar que as alterações ambientais produzem efeitos nos parâmetros analisados, mesmo que alguns fatores não tenham apresentado alterações, tais como contaminações dos lençóis freáticos no período entre as análises.

Em síntese, os resultados apresentados e os seus respectivos detalhamentos, bem como as visitas de campo realizadas, permitem concluir que as regiões pesquisadas de fato ainda apresentam saneamento básico precário. No Distrito Industrial, onde se encontram os poços de 1 a 5, já existe o saneamento básico, contudo, boa parte das empresas lá sediadas ainda mantêm os poços artesanais em plena utilização.

Por outro lado, nos bairros rurais visitados, onde foram extraídas as amostras dos poços de 6 a 12, não existe saneamento básico, o que foi constatado pelas condições locais e pelos poços em pleno funcionamento no ato da coleta das amostras das águas.

Comparando-se o caso das águas de regiões periféricas da zona leste de Presidente Prudente com outros municípios de porte semelhante, é interessante estudar inicialmente o caso de Lavras (MG), em que Barcellos et al. (2008) apresentam que 93% das amostras das águas analisadas apresentaram número de coliformes fecais acima do padrão de potabilidade.

No caso de Marília (SP), Varnier (2001) relata que o estudo da hidroquímica das águas subterrâneas mostra que muitos poços distribuídos na área urbana da cidade apresentam concentração de nitrato acima do Valor de Alerta (5 mg/L N-NO₃-) estabelecido pela CETESB e alguns acima do padrão de potabilidade (até 16,9 mg/L N-NO₃-). As maiores concentrações de nitrato foram observadas principalmente nos bairros mais antigos da cidade (zona central), com maior adensamento urbano.

Varnier (2001, s.p) também reporta que “é necessário um controle e fiscalização para evitar poços mal construídos e/ou mal conservados, que possam carrear a contaminação para unidades hidrogeológicas mais profundas”.

Na comparação com outros resultados reportados na literatura, pode-se enfatizar os casos de Barreiras, no estado da Bahia. Almeida, Leite e Guarda (2016) informam que o perfil observado para a maioria dos poços rasos indica a falta de boas condições sanitárias, possivelmente atribuído à localização e contaminação do poço em relação ao sistema de saneamento *in situ* (fossa) ou por infiltrações de águas oriundas de lava-jatos ou de limpeza de estabelecimentos comerciais, situações que independem das chuvas, além de demonstrar maior vulnerabilidade, quando comparados aos poços profundos.

Em suma, a comparação dos resultados obtidos com outros estudos reportados na literatura específica, em outros municípios de portes e modelos de urbanização semelhantes ao de Presidente Prudente, demonstram que o saneamento *in situ* de fato ocorre e gera consequências relevantes em termos de contaminação das águas subterrâneas por parâmetros químicos e microbiológicos semelhantes ou idênticos aos aqui analisados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Presidente Prudente, um município de porte médio caracterizado por um processo de urbanização com planejamento falho, abre um leque interessante para pesquisas que investiguem as minúcias da expansão geográfica em território urbano, objeto de estudo desta pesquisa direcionada para melhor compreensão da região leste do estado de São Paulo com relação ao saneamento básico.

Nesse contexto, a revisão bibliográfica e os trabalhos de campo apresentaram a dimensão da amplitude dos problemas que ainda afetam o município de Presidente Prudente. O contato com zonas rurais, onde populações vivem em condições precárias, foi importante para transformar as visões do pesquisador diante da realidade vivida por populações do local.

Os resultados mostram que a qualidade das águas, no geral, ainda é imprópria para o consumo humano. Mesmo que nove dos parâmetros anotados para cada um dos 12 poços artesianos nas duas etapas de coleta não apontem níveis destoantes dos Valores Máximos Permitidos, o fato é que não existem condições sanitárias adequadas para uma população, enquanto cidadãos.

Afinal, a utilização de tanques sépticos e poços é hábito que já não deveria mais fazer parte do cotidiano de pessoas e empresas em pleno século XXI, considerando as desvantagens advindas de seu uso, principalmente aquelas que trazem como consequência alterações nos parâmetros químicos e microbiológicos que foram objeto de estudo deste

trabalho. Contudo, infelizmente ainda é preciso pensar em ações conjuntas entre entes públicos e privados para que se possa superar o saneamento *in situ*.

Considera-se, portanto, que subsiste o saneamento *in situ* em regiões periféricas do município de Presidente Prudente, como demonstram as evidências retratadas no escopo deste trabalho, ainda que o estudo apresente como limitação uma área previamente recortada.

REFERÊNCIAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 160-165, abr. 1998.

ALBANO, M. P. **A importância do planejamento urbano ambiental: a habitação social e a expansão urbana em Presidente Prudente-SP**. 2013. 166 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2013.

ALMEIDA, L. F. S.; LEITE, O. D.; GUARDA, L. C. Avaliação da qualidade bacteriológica e espécies nitrogenadas das águas subterrâneas de poços da área urbana de Barreiras-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sonopress-Rimo, 2016. p. 1-11.

BARCELLOS, C. M. [et al.]. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, p. 1967-1978, set. 2006.

BIGUELINI, C. P.; GUMY, M. P. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná. **Revista Faz Ciência**, Francisco Beltrão, v. 14, n. 20, jul/dez. 2012. Disponível em: <<http://erevista.uni-oeste.br/index.php/fazciencia/article/download/8724/6724>>. Acesso em: 16 mai. 2017.

CAGNON, F. A. **Origem e hidroquímica do nitrato nas águas subterrâneas do Aquífero Adamantina em Urânia, SP**. 2003. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DRAKE, V. M.; BAUDER, J. W. Ground water nitrate-nitrogen trends in relation to urban development. **Ground Water Monitoring and Remediation**, Helena Montana, v. 25, n. 2, p. 118-130, mar. 2005.

EATON, A. D. [et al.]. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 2005.

FONSECA, A. L. **Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da Lagoa de Extremoz/RN**. 2017. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data.** World/Pan American Health Organization - CEPIS Technical Report: Lima, Peru, 1988.

GODOY, M. C. T. F. [et al.]. Contaminação das águas subterrâneas por nitrato em Presidente Prudente – SP, Brasil. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 63, n. 2, p. 208-214, abr. 2004.

GOOGLE Earth Pro (Mac). Versão 7.3: Google Corporation, 2018.

GUERRA, S. H. P. **Contaminação por nitrato e sua relação com o crescimento urbano no sistema aquífero Bauru em Presidente Prudente (SP).** 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

HIGITEC. **O que é uma fossa negra?** 2017. Disponível em: <<https://www.higitec.com.br/blog/o-que-e-uma-fossa-negra>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

HONDA, S. C. A. L. **Habitação de baixa renda como produto do capital: o Programa de Arrendamento Residencial (PAR) em Presidente Prudente.** 2011. 189 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2011.

HONDA, S. C. A. L. [et al.]. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 62-73, fev. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações sobre os Municípios Brasileiros.** 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=354140>>. Acesso em: 14 abr. 2017.

_____. **Informações sobre os Municípios Brasileiros – Presidente Prudente.** 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidente-prudente/panorama>>. Acesso em: 26 jan. 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** v.1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985.

MARISCO, L. M. O. **A Norma e o Fato: abordagem analítica da segregação socioespacial e exclusão social a partir dos instrumentos urbanísticos.** 2003. 212 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE PRUDENTE. **Sabesp universaliza saneamento básico em Presidente Prudente.** 2018. Disponível em: <<http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/noticias.xhtml?cod=40382>>. Acesso em: 26 jan. 2019.

_____. **Mapas e informações geográficas,** 2019. Disponível em: <http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/central_mapas.xhtml>. Acesso em: 02 fev. 2019.

SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Portarias 1630 a 1636 de 30 de maio de 2017**. Disponível em: <http://www.daece.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1636%3Anovo-portaloutorgas&catid=72%3Anovo-portal-de-outorgas&Itemid=79>. Acesso em: 22 abr. 2018.

_____. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Pesquisa de Poços**. 2018. Disponível em: <<http://www.aplicacoes.daece.sp.gov.br/usuarios/Daecewebpoco.html>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

VARNIER, C. **O efeito do nitrogênio proveniente de sistemas de saneamento *in situ* na qualidade das águas subterrâneas em aquíferos livres e rasos**. 2001. 150 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

WAKIDA, F. T.; LERNER, D. N. Non-agricultural sources of groundwater nitrate: a review and case study. **Rev. Water Research**, Londres, v. 39, n. 1, p. 3-16, jul. 2005.

Como citar:

ABNT

HUNGARO, F. M.; ALVES, M. R.; ANTUNES, P. A. Análise de parâmetros físico-químicos de águas subterrâneas da Zona Leste de Presidente Prudente/SP entre os anos 2018 e 2019. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 7, e202115, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202115>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

APA

Hungaro, F. M., Alves, M. R., & Antunes, P. A. Análise de parâmetros físico-químicos de águas subterrâneas da Zona Leste de Presidente Prudente/SP entre os anos 2018 e 2019. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 7, e202115. Recuperado em 15 agosto, 2021, de <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202115>



This is an open access article under the CC BY Creative Commons 4.0 license.

Copyright © 2021, Universidade Federal do Maranhão.

