

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE ÁGUAS DE POÇOS ARTESIANOS DE USO INDEPENDENTE

DOI:10.19177/rgsa.v7e32018624-639

Michael Machado Oliveira¹

Alex de Sousa Lima²

Adenilde Nascimento Mouchrek³

Paulo Roberto Brasil de Oliveira Marques⁴

Clara Virgínia Vieira Carvalho Oliveira Marques⁵

RESUMO

O consumo de água subterrânea é uma prática que vem sendo difundida largamente entre a população humana. Para assegurar o uso sustentável e seguro destas águas para consumo é essencial a avaliação da qualidade de água, que está diretamente ligada a questões de saúde pública e ambiental. O objetivo do presente trabalho foi analisar a qualidade da água de poços artesianos utilizadas para o consumo humano no município de Timbiras-MA. Foram avaliados 10 poços a partir de parâmetros físico-químicos e microbiológicos que influenciam na qualidade da água. Para a análise microbiológica foram determinadas a presença ou ausência de coliformes totais e coliformes termotolerantes. E para as análises físico-química, foram determinados os valores para pH, cor, turbidez, ferro e condutividade. Os resultados mostraram que todos os 10 poços encontraram-se comprometidos por microrganismos patogênicos, com padrões máximos permitidos pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde.

Palavras-chave: Águas subterrâneas. Potabilidade. Consumo humano.

¹ Licenciatura em Ciências Naturais. Universidade Federal do Maranhão. E-mail: lenypradoo@hotmail.com

² Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Humanas – UFMA. Universidade Federal do Maranhão. E-mail: alex.lima@ufma.br

³ Departamento de Tecnologia Química/UFMA. Universidade Federal do Maranhão. E-mail: pcqa@yahoo.com.br

⁴ Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais – UFMA.. Universidade Federal do Maranhão. E-mail: paulobrasil10@gmail.com

⁵ Professora Doutora da Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais. Professora do quadro permanente do mestrado profissional do Programa de Pós-graduação em Gestão do Ensino da Educação Básica - PPGEEB/UFMA e do mestrado acadêmico do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática - PPECCEM/UFMA. Universidade Federal do Maranhão. <http://orcid.org/0000-0002-1550-2252> E-mail: clarabrasil10@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A água é o líquido mais abundante do planeta Terra sendo que, apesar de ser um recurso natural renovável, o seu uso indiscriminado está ultrapassando a sua capacidade de renovação, o que lhe caracteriza como um componente indispensável e determinante para sobrevivência e continuidade dos seres vivos (COSTA, 2014; RUTKOWSKI, LESSA e OLIVEIRA, 1999). Para Baird (2011) os lagos e os rios constituem as principais fontes de água potável como recurso direto, obtidas a partir de fontes superficiais, porém, representam apenas 0,1 % do total de suprimento de água doce do mundo.

A maior quantidade mundial de água, cerca de 97 %, está presente nos oceanos e, por isso, indisponível para o consumo humano direto (BRANCO, 1993). No contexto nacional, pode-se considerar o Brasil como um país privilegiado em termos de disponibilidade de água superficial, pois conta com 12 % das reservas de água do mundo, sendo 28 % da disponibilidade sul-americana. Em território brasileiro, 72 % da água estão localizados na bacia amazônica (VICTORINO, 2007).

Considerando Borghetti et al (2004), as três maiores Províncias Hidrogeológicas do Brasil, com reservas de águas subterrâneas, estão dispostas da seguinte ordem decrescente: Paraná, com 50.400 km³, ou seja, representa 44,88 % das águas subterrâneas; Amazonas, com 32.500 km³ (25,94 %) e Parnaíba, com 17.500 km³ (15,58 %). Esta última é formada pelos aquíferos Itapecuru, Corda-Grajaú, Motuca, Poti-Piauí, Cabeças e Serra Grande.

Segundo Araújo et al (2011), a água para o abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, e não apresentar microrganismos patogênicos e substâncias nocivas à saúde, com pretensões de prevenir danos e promover o bem-estar das pessoas. Sob este aspecto, a água para o consumo humano, entendida como potável, pode ser obtida de diferentes fontes, observando critérios de potabilidade (FREITAS, 2001).

A Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, define água potável como: “[...] água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde [...]”. Dessa forma, o monitoramento das condições da água para o consumo deve ser realizado e neste sentido existem ações destinadas à vistoria rotineira da qualidade da água, que é indispensável para determinar uma segurança para o consumo, buscando sempre a proteção à saúde pública (BRASIL, 2011; PORTO, 2011).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 3, p.624-639, jul/set. 2018.

No que diz respeito à contaminação de águas para consumo humano, a literatura considera que estas ocorrem quando alguma alteração coloca em risco a saúde ou o bem-estar de uma população, como, por exemplo, a presença de seres patogênicos (TEIXEIRA, 2000). Águas contaminadas são objetos de preocupação e de estudos, uma vez que o crescimento urbano desordenado, ao gerar concentração de poluentes mal gerenciados cria um ambiente propício à poluição das reservas hídricas subterrâneas (CAMPOS et al, 2011).

Araújo et al (2011) relatam que as doenças transmitidas através da água ocorrem principalmente em áreas rurais, devido as inadequadas condições de saneamento e a falta de informações por parte da população, acometendo principalmente crianças e jovens.

As águas de fonte subterrâneas foram tradicionalmente consideradas como sendo uma das principais fontes de abastecimento por apresentarem excelentes qualidades físicas e químicas, estando aptas para o consumo humano, muitas vezes sem tratamento prévio (BAIRD, 2011). Em um contexto de crise hídrica, que abrange além da escassez da água, falhas em ações sustentáveis, tanto por parte de políticas públicas, como por parte do cidadão comum, as águas subterrâneas assumem um papel de protagonismo (VILAR, 2016).

O uso destas fontes, além de ser economicamente viável é uma alternativa de abastecimento indispensável para as populações que não tem acesso a rede pública de abastecimento ou quando o abastecimento é irregular (FREITAS et al, 2001). Os métodos para captação de água subterrânea são geralmente os poços artesianos que se encontram entre duas camadas relativamente impermeáveis que auxiliam para que não ocorra contaminação com facilidade (SILVA & ARAUJO 2003).

Entretanto, o crescimento desordenado associado à má utilização deste recurso vem sendo acompanhado do aumento de poços construídos, sem levar em conta critérios técnicos adequados que permitam condições qualitativas básicas de potabilidade (MARANHÃO, 2004).

Deste modo, a perfuração de poços com locação inadequada coloca em risco a qualidade das águas subterrâneas (ANA, 2007, p.95). Neste contexto, a literatura relata a relevância de pesquisas que objetivem verificar a vulnerabilidade dessas ações para com a qualidade da água subterrânea (RIBEIRO, 2011).

O poço artesiano é uma obra de engenharia regida por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 12244 (ABNT, 1992) que é destinado à captação

de água em níveis subterrâneos (ESQUERRE, 2005). Existem dois tipos básicos de poços, sendo: i) os tubulares rasos e; ii) tubulares profundos. Os tubulares rasos apresentam pouca profundidade que juntamente com sua natureza da área de instalação podem ser alvo fácil para a poluição da fonte subterrânea. Os tubulares profundos são construídos com profundidades maiores, e bem estruturados com selos para proteção de contaminação superficial e revestimento (REBOUÇAS, 2003).

Conforme Tundisi (2003), um poço artesiano perfurado de acordo com as normas técnicas e dentro de uma tecnologia que possibilite a maior segurança possível poderá oferecer condições totais de aproveitamento da água.

Segundo a ANA (2010), o Estado do Maranhão apresenta abundância em relação à disponibilidade hídrica de águas subterrâneas, sobretudo por causa do sistema aquífero Itapecuru, que é o de maior potencial hídrico. Mais de 70 % das sedes municipais do estado são abastecidas por águas subterrâneas por meio de poços, demonstrando a boa oferta hídrica dos aquíferos.

Neste sentido, a presente pesquisa teve o objetivo de analisar a qualidade físico-química e microbiológica da água de poços artesianos de uso independente utilizada pela população de uma microrregião do município de Timbiras-MA. A água de origem subterrânea por uso independente é uma das fontes mais utilizadas por moradores do município e que, na maioria das vezes é captada de forma precária, não havendo qualquer forma de tratamento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Timbiras encontra-se situado na Mesorregião Leste Maranhense e na Microrregião Geográfica de Codó, localizado acerca de 280 km da capital São Luís, às margens do Rio Itapecuru. A sede municipal está representada pelas coordenadas 4°15'23" S e 43° 56'28" W, com altitude de 38 metros no prédio da prefeitura municipal. O município abrange uma área territorial de 1.486,584 km², com uma população de 28.635 habitantes, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Basicamente, o substrato rochoso subjacente é constituído por rochas sedimentares mesozoicas da Formação Itapecuru, que em linhas gerais é composto

por arenitos finos a médios, róseo-claros a avermelhados. Conforme Rodrigues et al (1994) esta formação não excede aos 25 m de espessura para os níveis de afloramentos.

O aquífero da área em questão é representado pelo Aquífero Itapecuru, que segundo Rodrigues et al (1994) apresenta uma espessura média em torno de 153 m, sendo que o maior valor encontrado para a profundidade foi de 380 m. Sua constituição se dá por “arenitos esbranquiçados, avermelhados e cremes, finos a médios, com níveis grosseiros na base, e argilitos e siltitos” (RODRIGUES et al 1994, p105).

Segundo Monteiro et al (2013, p. 83) trata-se de um “aquífero poroso, contínuo, livre a semiconfinado, de grande extensão regional, espessura média de 130 m”. Tanto Rodrigues et al (1994) quanto Monteiro et al (2013) concordam que o potencial desse aquífero é médio, sobretudo devido à sua composição litológica. Ressaltam que sua realimentação se dá por meio da infiltração das precipitações das águas das chuvas e dos rios.

Monteiro et al (2013, p 83) destacam que “suas águas são boas para consumo humano e adequadas para agricultura, apresentando média de $230 \mu\text{S cm}^{-1}$ para condutividade elétrica (CE) e de 147 mg L^{-1} para sólidos totais dissolvidos (STD)”. Considerando a vulnerabilidade dos aquíferos à poluição, tanto Rodrigues et al (1994) quanto Araújo et al (2013) classificam este aquífero como sendo de vulnerabilidade moderada.

As características climáticas destacam dois períodos bem definidos, o chuvoso, de dezembro a maio, e o seco, de junho a novembro. As médias pluviométricas estão entre 1500 mm a 1600 mm (WESCHENFELDER et al 2011 apud SOUSA et al 2013). A rede hidrográfica é constituída pelo Rio Itapecuru e seus afluentes diretos e indiretos. Este rio é a principal fonte de captação de água para distribuição por meio da Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão - CAEMA (ARAÚJO, 2006).

A cidade possui os seguintes bairros: Anjo da Guarda, Centro, Residencial Timbirano, Residencial B13, Olaria, São Raimundo, Horta, Multirão, Forquilha, Destino I, Destino II, São Sebastião, Alto Fogoso, Sete Casas, Caixa D'Água e Vila 70. Para este trabalho será considerado apenas o bairro Vila 70, onde foram realizadas as amostragens de água.

Tal bairro foi criado de forma desorganizada e por meio de invasões pacíficas e/ou como resultados de reivindicações de terrenos doados pela prefeitura municipal. A Figura 1 apresenta a localização do bairro, bem como os locais de coleta selecionados.

FIGURA 1. Localização no mapa dos poços onde foram realizadas as coletas das águas subterrâneas do bairro Vila 70, localizado no perímetro urbano da cidade de Timbiras, MA.



2.2 COLETA DAS AMOSTRAS

Foram coletadas amostras de água em dez poços artesanais de abastecimento (Figura 1), em uma única campanha, no mês de outubro de 2016. Os poços apresentaram profundidade média de 15 m, correspondente ao aquífero Itapecuru. Para cada ponto, foram realizadas duas coletas, uma em garrafas do tipo PET higienizada (500 ml) destinada às análises físico-químicas e outra em frascos plásticos de polietileno (180 ml) para as análises microbiológicas. Todos os frascos foram previamente esterilizados.

Para estas últimas, tratou-se em pontuar o protocolo de higiene e assepsia de coleta, utilizando álcool 70 % nas tubulações e deixando escorrer a água corrente por

cerca de 5 minutos. As amostras foram rotuladas de acordo com cada ponto e horário de coleta e acondicionadas em caixa térmica a 4 °C e levadas ao laboratório de Microbiologia do Programa de Controle de Qualidade de Água e Alimentos (PCQA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), para realização das análises, seguindo as normas da NBR 9898 e do “*Standard methods for the examination of water and wastewater*” (ABNT, 1987; APHA, 2005).

1

2.3 PARÂMETROS DE ANÁLISE

Substâncias denominadas de indicadores microbiológicos têm sido empregadas para verificar níveis de contaminação na água por resíduos (COSTA, 2014). A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que para aferição de potabilidade de água sejam determinadas a presença de coliformes totais e termotolerantes de preferência *Escherichia coli* e a contagem de bactérias heterotróficas (BRASIL, 2011).

Assim, na amostragem desta pesquisa foram realizadas análises seguindo parâmetros demonstrados na Tabela 1, utilizando as definições e classificações de potabilidade estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, que define os padrões físico-químicos e microbiológicos recomendados para o consumo humano (BRASIL, 2011).

Tabela 1: Indicadoras de qualidade de água subterrânea para consumo humano e seus limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

PARÂMETROS / Portaria 2.914/2011	
Físico-Químicos	
pH	6,0 – 9,0
Cor / uH	15
Turbidez / UNT	5
Condutividade Elétrica / $\mu\text{S cm}^{-1}$	100
Microbiológicos	
Coliformes Totais (Ausência em 100 ml)	NMP/100 ml
Coliformes Termotolerantes (Ausência em 100 ml)	NMP/100 ml

NMP = número mais provável

Pontualmente, os parâmetros de análise realizados nesta pesquisa foram: pH, cor, turbidez, ferro e condutividade, além de coliformes totais e termotolerantes. A

determinação do pH foi realizada em um aparelho pH-metro de bancada digital Microprocessado (PG 1800 - Marca: Gehaka), já para a verificação da intensidade da cor da água realizou-se procedimento analítico em um espectrofotômetro (DR900), comparando-se as amostras com um padrão de cobalto-platina, em comprimento de onda de 455 nm. A turbidez foi medida através do turbidímetro de Jackson (Ap2000), ajustando-se o aparelho para um comprimento de onda de 860 nm, com valores expressos em Unidade de Turbidez (UT).

Para a determinação da condutividade, a medida foi feita através de um condutímetro (PG 1800 - Marca: Gehaka). Já para as análises bacteriológicas, utilizou-se o método Colilert de Substrato Cromogênico definido como ONPG-MUG, com resultados confirmativos em 24 horas para presença de Coliformes Totais e *E. Coli*, por meio do desenvolvimento de coloração amarela e observação de fluorescência, sem necessidade da adição de outros reagentes para confirmação (APHA, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES



Os resultados obtidos para a determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, juntamente com os padrões de potabilidade. Observando os parâmetros físico-químicos avaliados, em relação aos resultados obtidos para o parâmetro pH, apenas o poço 6 obteve resultado que atende aos índices recomendados pela Portaria nº 2914, do Ministério da Saúde, apresentando valor ligeiramente ácido de 6,11. O poço 5 foi o segundo que mais se aproximou dos padrões, com valor de pH de 5,67 (Tabela 2).

Tabela 2: Valores para análise físico-química das coletas de água dos 10 poços.

RESULTADOS POR AMOSTRA											
PARÂMETROS	VMP	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
pH	6,00										
	a 9,50	4,91	5,20	5,31	5,22	5,67	6,11	5,61	4,42	5,65	5,49
Cor / uH	15	9	1	2	3	2	2	0	8	1	1
Turbidez / UT	5,00	3,96	1,05	1,83	2,56	1,46	1,88	0,76	3,29	1,06	1,30
Condutividade/ $\mu\text{S cm}^{-1}$	100	235	370	540	97	94	106	175	67	113	170

VMP: Valor Máximo Permitido.

P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 e P10: poços

A média para os valores de pH foi de 5,35 que é considerado um valor ácido, sendo coerente em comparação com a média de 5,0 relatado em estudo realizado por Menezes et al. (2013), no município de Alegre, localizado no sul do Estado do Espírito Santo, onde os autores estudaram a qualidade da água subterrânea para consumo humano e uso agrícola, em zona rural do município, avaliando amostras de água em 60 poços.

Este valor na escala ácida de pH pode ser atribuído à presença de vários fatores, tais como concentração de CO_2 , oxidação de matéria orgânica e temperatura da água. Este resultado sugere influências na qualidade da água, uma vez que valores baixos de pH nas águas tornam-nas mais corrosivas e agressivas. Por outro lado, em pH elevado, há possibilidade de surgimento de incrustações em canalizações. Diante deste fato, sugere-se que parte da comunidade que faz uso destes poços em questão está consumindo água não recomendada em relação a este parâmetro, podendo representar risco à saúde humana.

Para os resultados do parâmetro cor, todas as amostras analisadas obtiveram valores dentro dos parâmetros estabelecidos. Os poços 1 e 8 foram os que apresentaram os maiores valores, respectivamente de 9 e 8 uH, porém dentro dos limítrofes dos padrões estabelecidos de VMP. Valores semelhantes foram encontrados por Moura et al (2009) em estudo realizado no município de Pelotas – RS com variação média de 3,1.

Em relação ao parâmetro turbidez, observou-se que todos os poços atendem a esse parâmetro seguindo os padrões estabelecidos (Tabela 2). Com os poços 1 e 8 apresentando os maiores valores, respectivamente de 3,96 e 3,29 UT. Em estudo

conduzido por Sousa et al (2004) em Socorro de Santa Maria – RS também obtiveram valores semelhantes, com valor médio de 2,9 em um total de 23 poços analisados.

Os parâmetros cor e turbidez podem ser relacionados, pois estes indicam presença de material sólido em suspensão, o que afeta a transparência da mesma (ZERWES, 2015). Assim, os poços que apresentam maiores valores de turbidez também apresentam maiores valores no parâmetro colorimetria. Segundo Casali (2008), estes parâmetros podem ser corrigidos por meio de tratamentos convencionais de água, como por exemplo, por filtro de areia ou pela limpeza e manutenção das fontes.

Para o parâmetro condutividade, os poços 4, 5 e 8 foram os únicos que apresentaram os valores permitidos, respectivamente de 96,6, 94,0 e 65,7 mg L⁻¹. Os demais poços apresentaram valores acima do permitido, sendo o poço 3 o maior deles, com valor - 540,0 mg L⁻¹ e, o ponto P6 o mais próximo dos valores permitidos, com 106,0 mg L⁻¹.

As análises microbiológicas foram realizadas cerca de 14 h após a coleta, no laboratório de Microbiologia do Programa de Controle de Qualidade de Água e Alimentos (PCQA), da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Seguindo-se pela ótica dos padrões bacteriológicos da potabilidade da água para o consumo humano, já mencionados anteriormente, os dados da Tabela 3 evidenciam que, dos 10 poços, 7 mostram resultados positivos quanto à presença de coliformes totais e, 3 apresentaram resultados negativos.

Tabela 3: Valores para análise microbiológica das coletas de água dos 10 poços.

PARÂMETROS	RESULTADO POR AMOSTRA									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
C. Totais (Ausentes em 100 mL)	AUS	AUS	PRE	PRE	PRE	PRE	PRE	AUS	PRE	PRE
C. Termotolerantes (Ausentes em 100 mL)	AUS	AUS	PRE	PRE	AUS	AUS	PRE	AUS	PRE	PRE
Potabilidade	sim	sim	não							

Portaria 518/2004- MS. **FONTE:** Laboratório da Unicruz (2011). AUS = ausente, PRE=presente. P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 e P10: poços

Quanto à presença de coliformes *termotolerantes*, cinco poços obtiveram resultados positivos e outros cinco com resultados negativos. Dessa forma, 70 % das amostras coletadas se encontraram em desacordo com o preconizado pela Portaria

do Ministério da Saúde em relação ao padrão microbiológico de coliformes totais e *termotolerantes* (BRASIL, 2001).

O Ministério da Saúde tolera a presença de coliformes totais somente na ausência de *Escherichia coli* e/ou coliformes *termotolerantes*. A presença de coliformes nas águas analisadas pode estar atrelada às más condições de construção dos poços e pelas proximidades de fossas sépticas que podem proliferar poluição por material fecal de origem humana (GONÇALVES, et al., 2005). Em estudos realizados por Silva et al (2003), em Feira de Santana- BA, em poços rasos, perfurados manualmente, os autores encontraram elevados valores percentuais para amostras com presença de coliformes.

O consumo de água que atenda os padrões de potabilidade constitui uma ação de política pública de prevenção de doenças e mortalidades e as águas que não atendam este padrão recomendável precisam ser evitadas, através de informações e promoções de políticas públicas que garantam o acesso a água adequada ao consumo humano.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS



A partir dos resultados obtidos, as análises dos parâmetros físico-químicos indicaram que a maioria das amostras se encontraram com valores dentro dos padrões satisfatórios de potabilidade, apresentando valores que se enquadraram dentro dos estabelecidos pela portaria, exceto para os parâmetros pH e condutividade elétrica, que obtiveram na maioria dos poços, valores fora dos padrões de potabilidade em pontos específicos de coleta.

De acordo com os resultados bacteriológicos, observou-se um alto índice de contaminação das águas dos poços, verificando-se que a maioria apresentou a presença de contaminantes não permitidos pelos padrões de potabilidade. Acredita-se que estes resultados, estejam diretamente relacionados com a presença de fossas nas proximidades, a ausência de limpeza periódica dos reservatórios e, conseqüentemente à falta de tratamento prévio.

Considerando que se trata de um mesmo aquífero, é possível que haja uma contaminação pontual e isso tenha provocado a contaminação das águas dos poços,

já que a média de profundidade é de apenas 15 m. Isso reforça a necessidade de implementação de medidas de gestão do uso das águas subterrâneas, pois tais águas poderão se tornar fontes de contaminação e disseminação de enfermidades.

Dessa forma, ganha relevância a adoção de um trabalho intensivo no sentido de efetuar a vigilância e tratamento da qualidade da água deste bairro. Aliado a isso, é necessário realizar ações de educação ambiental com o fim de mudar erradicar comportamentos nocivos à saúde e ao meio ambiente.

ANALYSIS PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL OF WATERS OF ARTESIAN WELLS OF INDEPENDENT USE

ABSTRACT

The consumption of groundwater is a practice that has been widely diffused among the human population. To ensure the sustainable and safe use of these waters for consumption it is essential to assess the quality of water, which is directly linked to public and environmental health issues. The objective of the present work was to analyze the water quality of artesian wells used for human consumption in the municipality of Timbiras-MA. Ten wells were evaluated from physical-chemical and microbiological parameters that influence water quality. For the microbiological analysis the presence or absence of total coliforms and thermotolerant coliforms were determined. For the physicochemical analyzes, the values for pH, color, turbidity, iron and conductivity were determined. The results showed that all 10 wells were found to be compromised by pathogenic microorganisms, with maximum standards permitted.

Keywords: Subterranean water. Potability. Human consumption.

REFERÊNCIAS

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 3, p.624-639, jul/set. 2018.

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil) Atlas Brasil: **abastecimento urbano de água** : resultados por estado / Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. — Brasília: ANA : Engecorps/ Cobrape, 2010.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2007.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Estudo de Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos nas Regiões Hidrográficas Brasileiras**. SPR/ANA, 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard method for examination of water and wastewater**, 21st edn Washington: APHA, AWWA, WPCF, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Poço Tubular: Construção de Poço tubular para captação de água subterrânea, NBR 12244. Atualizada em 2006. Rio de Janeiro, 1992. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, NBR 9898. Rio de Janeiro, 1987. 22p.

ARAÚJO, G. F. R. et al. Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no Estado de São Paulo. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 98-104, 2011.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

ARAÚJO, J. C. **Timbiras**: uma pérola da Ribeira do Itapecuru. História de Timbiras Maranhão. São Luis: UEMA, 2006. 190p.

ARAÚJO, P. P.; CHAVES, C. L.; SILVA, H. R. **Cartografia da Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas**. Geodiversidade do Estado do Maranhão. Teresina: CPRM, 2013.

BAIRD, Colin. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BORGHETTI, N. R. B; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. O. **Aquífero Guarani**: a verdadeira Integração dos países do Mercosul. 1. ed. Curitiba: GIA, 2004

BRANCO, S. M. **Água**: origem, uso e preservação. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.2914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, p. 39,12 dez. 2011.

CAMPOS, L. H. F. et al. Suscetibilidade de Ipomoea quamoclit, I. triloba e Merremia cissoides aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, 2011.

COSTA, J. C. S. et al. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Vitória da Conquista, BA. **Revista Eletrônica da Fainor**, Vitória da Conquista, v.7, n.2, p.108-115, 2014.

ESQUERRE, P. S. O. R. **Poço Artesiano: conservação e recuperação dos solos.** Pontifícia Universidade Católica de Campinas. **Engenharia Ambiental**. 2005.

FREITAS, M. B; BRILHANTE, O. M; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de Saúde Pública**, v.17, n.3, p.651-660, 2001.

GONÇALVES, C. S. RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 9, n. 3, p.391-399, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2017. Censo demográfico 2010. Disponível em <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/default_indicadores_sociais_municipais.shtm> Acesso em 20 de novembro de 2016.

MARANHÃO, **Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Maranhão. São Luís-MA. 2004.

MENEZES, J. P. C.; BERTOSSI, A. P. A.; SANTOS, A. R.; NEVES, M. A. Qualidade da água subterrânea para consumo humano e uso agrícola no sul do estado do Espírito Santo. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v.17, n. 17, p.3318-3326, 2013.

MONTEIRO, A. B.; CORREIA FILHO, F. L.; DINIZ, J. A. O.; SOUZA, R. R. Recursos Hídricos Subterrâneos. In: BANDEIRA, I. C. N (Org.). Geodiversidade do Estado do Maranhão. Teresina: CPRM, 2013.

MOURA, M. H. G.; BUENO, R. M.; MILANI, I. C. B.; COLLARES, G. L. Análise das águas dos poços artesianos do campus CAVG – UFPEL. **2ª Mostra de Trabalhos de Tecnologia Ambiental**. Rio Grande do Sul: Pelotas, 2009.

PORTO, M. A. L.; OLIVEIRA, A. M.; FAI, A. E. C.; STAMFORD, T. L. M. Coliformes em água de abastecimento de lojas fast-food da Região Metropolitana de Recife (PE, Brasil). **Ciências e Saúde Coletiva**, v.16, n. 5, p.2653-2658, 2011.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4 ed. Escrituras, São Paulo, 2003;

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do rio Siriri, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, v. 25, n. 1, p. 91-102, 2011.

RODRIGUES, T. L. N.; FAVILLA, C. A. C.; CAMOZZATO, E.; VERÍSSIMO, L. S. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Bacabal. Folha SB.23-X-A. Estado do Maranhão. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM, **1994**.

RUTKOWSKI, E. W.; LESSA, S. N., OLIVEIRA, E. G. Desenvolvimento Brasileiro x Meio Ambiente: trajetória da problematização da água. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 7, n. 14, p.23-30. 1999.

SILVA, R. C. A; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciências e Saúde coletiva**, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SOUSA, C. D.; MELO, D. M.; NASCIMENTO, J. R. Recursos hídricos superficiais. In: BANDEIRA, I. C. N (Org.). Geodiversidade do Estado do Maranhão. Teresina: CPRM, **2013**.

SOUZA, Valéria C. de A. B. Qualidade da água subterrânea no Bairro Perpétuo Socorro de Santa Maria – RS. **Revista Ciências Naturais e Tecnologia**, v. 5, n. 1, p.31-49, 2004.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos. **Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleo da Unicamp**. São Paulo, out. **2003**. Disponível em: <http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF>. Acesso em: 13 jan. 2016.

VILAR, P. C., As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente & Sociedade**, v. 29, n. 41, p.83-102, 2016.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. 1 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

WESCHENFELDER, A. B.; SANTOS, A. L. M. R. dos; MARCUZZO, F. F. N.; COSTA, M. R.; NASCIMENTO, J. R. S.; FURTUNATO, O. M.; MEDEIROS, V. S. Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil: isoietas anuais médias, período de 1977 a 2006. Rio de Janeiro: CPRM, 2011. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Anuais_1977_2006_2011.pdf>. Acesso em: 20 de ago. 2012.

ZERWES, M. S.; SECCHI, M. I.; CALDERAN, T. B.; BORTOLI, J.; TONETTO, J. F.; TOLDI, M.; OLIVEIRA, E. C.; SANTANA, E. R. R. Análise da qualidade de poços artesianos do município Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Ciência e Natura**, v. 37, n.4, p.651-663, 2015.

