

I-255 - QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE POÇOS TUBULARES URBANOS E PERIURBANOS DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ, BRASIL

Edvaldo Júnior de Souza Lemos⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Ynglea Georgina de Freitas Goch

Doutora em Ecologia. Professora Adjunta do Curso de Gestão Ambiental e Pesquisadora do Laboratório de Biologia Ambiental do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da UFOPA

Flávia Cristina Carvalho de Lima

Engenheira Química do Curso de Gestão Ambiental e Pesquisadora do Laboratório de Biologia Ambiental do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da UFOPA

José Reinaldo Pacheco Peleja

Doutor em Biologia de Água Doce. Professor Adjunto do Curso de Gestão Ambiental e Pesquisador do Laboratório de Biologia Ambiental do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da UFOPA

Claudia Keli Furukawa de Oliveira

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Mendonça Furtado, 3572 - Liberdade - Santarém - PA - CEP: 68040-148 - Brasil - Tel: (93) 2101-3604 - e-mail: edvaldo_lemos@yahoo.com.br

RESUMO

O monitoramento da qualidade da água de mananciais subterrâneos é fundamental para o controle e vigilância da água para consumo humano, visando o fornecimento de água que atenda os padrões de potabilidade, com isso, evitando riscos à saúde. O trabalho teve como objetivo avaliar o perfil dos parâmetros de qualidade da água subterrânea em poços tubulares com diferentes profundidades. Para isso, foram coletadas 27 (vinte e sete) amostras de águas de poços, distribuídos entre as áreas urbanas e periurbanas do município e após realizadas as análises, os resultados foram comparados com a legislação vigente. Dos dez (10) parâmetros físico-químicos investigados, seis deles: ferro (um poço, 3,7%), nitrito (dois poços, 7,4%), nitrato (dois poços, 7,4%), turbidez (quatro poços, 14,8%) e cor (dez poços, 37,0%) estiveram em desacordo com os padrões estabelecidos pela Resolução nº. 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Com relação aos aspectos microbiológicos, 16 poços (59,2%) apresentaram contaminação por coliformes totais, porém não foi evidenciada a presença de coliformes termotolerantes em nenhuma das amostras. Os poços urbanos de Santarém apresentaram-se com maiores cargas de Coliformes totais, Nitrato e Nitrito, enquanto os periurbanos apresentaram o parâmetro Cor como o mais frequente em desacordo com os padrões legais para água de consumo humano. A frequência de poços com parâmetros de qualidade da água em desacordo com os valores máximos permitidos pela legislação como seguros para água de consumo humano revela a condição de exposição humana a esta realidade no município de Santarém, estado do Pará, principalmente no meio urbano.

PALAVRAS-CHAVE: Água Subterrânea, Santarém, Qualidade da Água.

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas executam um papel fundamental no ciclo hidrológico da região Amazônica (Galvão *et al.* 2012). Apresenta normalmente em seu estado natural excelentes condições, podendo ser utilizadas para diversos fins, como para o consumo humano, domésticos, agrícolas e industriais.

As características físico-químicas das águas subterrâneas permitem que esse recurso seja cada vez mais requerido para abastecimento público e alternativo por apresentar menor custo de captação e melhor qualidade quando comparada com a captação de águas superficiais, que para torná-la potável é necessário que se faça um tratamento convencional ou avançado, ao contrário das águas subterrâneas que, na maioria das vezes, um tratamento simplificado, como a desinfecção, já assegura as condições necessárias para consumo humano, estabelecidas pela Resolução nº 2.914 do Ministério da Saúde de 2011. Segundo Azevedo (2006), na região

amazônica, é crescente a exploração de água subterrânea, devido apresentar praticidade e vantagens econômicas quanto a sua captação, além da grande disponibilidade hídrica da região.

O abastecimento público do município de Santarém é realizado pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) cuja a captação de água é realizada por manancial subterrâneo, e fornece água principalmente para as áreas urbanas e limítrofes. Os bairros que se encontram mais afastados são comuns possuírem sistemas alternativos de abastecimento de água, uma vez que dificilmente são atendidos pelo sistema de abastecimento público. Além disso, algumas deficiências no sistema público de abastecimento, como: fornecimento intermitente; diminuição da pressão na rede de distribuição, dificultando o armazenamento domiciliar em caixas d'água localizadas em cotas mais elevada; e a qualidade da água muitas vezes em desacordo com os padrões de potabilidade, devido principalmente o desgaste e/ou infiltrações na malha de distribuição, faz com que grande parte da população urbana opte pela escavação de poços tubulares.

Entretanto, cuidados com a construção dos poços e manutenção dos mesmos é fundamental para manter a qualidade da água subterrânea impedindo a contaminação do aquífero. Um desses cuidados é manter uma área de proteção de poços a qual corresponde à superfície e subsuperfície em torno do poço, com ausência de qualquer atividade antrópica. Sendo que um poço possui duas zonas, a de influência e a de contribuição. A primeira é a área do cone de depressão, enquanto que a de contribuição é a área de recarga do poço, esta zona corresponde à área principal que deve ser protegida. Estas duas zonas, de contribuição e de influência coincidem quando o nível do lençol freático é consideravelmente plano (Tancredi, 1996).

Durante seu percurso através dos aquíferos a água subterrânea vai assumindo suas qualidades físico-químicas e biológicas. Essas características dependem de fatores como tipo de rochas lavadas, sua permeabilidade, porosidade e capacidade de filtração da água. A proteção da água subterrânea proporcionada pelo meio ambiente varia em diferentes locais devido às variáveis hidrogeológicas. Os aquíferos de Santarém são constituídos por areias finas a média do Quaternário e areias e arenitos de granulação fina a grossa e cascalhos da Formação Alter do Chão do Cretáceo. A conservação da água deve ocorrer através da preservação de sua qualidade no aquífero, protegendo este de fontes poluentes (Tancredi, 1996).

Uma das principais fontes de contaminação dos lençóis subterrâneos é a utilização de fossas sépticas e drenos (Araújo & Peleja, 2009). No município de Santarém, ocorrem de forma difusa esses tipos de fossas, e devido a proximidade com o manancial subterrâneo permite que o mesmo sofra contaminação.

A água é um importante veículo de transmissão de doenças. Quando contaminada, pode causar uma variedade de doenças através da ingestão ou por contato físico, como gastroenterite, cólera, doenças de pele, febre tifoide, dentre outras (Amaral *et al.*, 2003). Desta maneira, é fundamental o monitoramento da qualidade da água, bem como a manutenção dos poços tubulares, tendo como principal fim o fornecimento de água potável para o consumo humano. Este trabalho visa avaliar o perfil de alguns parâmetros de qualidade da água subterrânea em poços tubulares com diferentes profundidades no município de Santarém.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Santarém é um município localizado na região Oeste do Pará, situada à margem direita do rio Tapajós, afluente do rio Amazonas, possui uma área de 24.315 Km², sendo considerado o maior município da região, situado entre as coordenadas geográficas 02° 25' 30'' S 54° 42' 50'' WO. A tabela 1 apresenta a localização geográfica dos bairros amostrados.

Tabela 1. Pontos de coletas, coordenadas geográficas e localização dos pontos amostrados.

Pontos de coleta	Coordenadas	Bairros urbanos
ST-01	2°26'10.7"S 54°42'49.1"W	Aeroporto Velho
ST-02	2°29'02.2"S 54°40'35.6"W	Maicá
ST-03	2°26'59.1"S 54°45'25.9"W	Alcione Barbalho
ST-04	2°26'57.3"S 54°45'25.7"W	Alcione Barbalho
ST-05	2°26'57.5"S 54°45'25.7"W	Alcione Barbalho
ST-06	2°26'55.9"S 54°45'24.6"W	Alcione Barbalho
ST-07	2°28'09.5"S 54°43'15.4"W	Nova república
ST-08	2°28'09.1"S 54°43'04.8"W	Nova república
ST-09	2°28'09.2"S 54°43'04.8"W	Nova república
ST-10	2°28'08.8"S 54°43'04.9"W	Nova república
ST-11	2°27'41.8"S 54°43'40.2"W	Matinha
ST-12	2°25'20.9"S 54°43'12.2"W	Centro
ST-13	2°25'07.0"S 54°42'53.3"W	Centro
ST-14	2°25'04.2"S 54°42'38.2"W	Centro
ST-15	2°24'54.8"S 54°44'15.5"W	Salé
ST-16	2°25'45.7"S 54°43'54.2"W	Caranazal
ST-17	2°28'20.4"S 54°41'13.9"W	Jaderlândia
ST-18	2°25'37.7"S 54°44'07.3"W	Liberdade
Pontos de coleta	Coordenadas	Comunidades Periurbanas
ST-19	2°27'58.7"S 54°40'04.8"W	Urumanduba
ST-20	2°28'01.1"S 54°40'02.8"W	Urumanduba
ST-21	2°28'05.8"S 54°39'58.0"W	Urumanduba
ST-22	2°43'57.5"S 54°29'55.6"W	São Francisco da Cavada (PA 370 - Km 24)
ST-23	2°44'15.5"S 54°29'42.2"W	João Pereira (PA 370 - Km 28)
ST-24	2°43'15.6"S 54°30'27.1"W	Boa Esperança (PA 370 - Km 42)
ST-25	2°46'06.6"S 54°28'04.9"W	Fé em Deus (PA 370 - Km 55)
ST-26	2°45'43.0"S 54°26'34.8"W	Guaraná (PA 370 - Km 59)
ST-27	2°29'12.8"S 54°43'53.5"W	Lavras (BR 163-Km 10)

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Resultado da prestação de serviços comunitários realizados pelo Laboratório de Biologia Ambiental da Universidade Federal do Oeste do Pará, no período de outubro de 2011 a junho de 2014, estudou-se 27 (vinte e sete) poços com profundidades variando de 12 a 180 metros, distribuídos em 10 bairros urbanos (18 poços) e 7 comunidades periurbanas (09 poços) no município de Santarém, estado do Pará. Alguns poços apresentam a mesma profundidade, porém localizados em bairros diferentes.

MÉTODOS DE CAMPO, COLETA E PROCEDIMENTO LABORATORIAL

No campo, uma vez identificado os poços, foram registradas as coordenadas geográficas de posicionamento dos mesmos, com um GPS da marca Garmin. As coletas foram realizadas segundo os procedimentos de coleta de amostras de água contidos no Procedimento Operacional Padrão (POP) do Laboratório de Biologia

Ambiental da Universidade Federal do Oeste Pará. Para a obtenção das amostras, as mesmas foram coletadas, na saída dos poços, antes da água alcançar os reservatórios de armazenamento.

Durante os procedimentos de coleta, frascos de polipropileno e frascos de vidro borosilicato âmbar com volume de 1L foram utilizados para os parâmetros físico-químicos e frascos de vidro com volume de 250 mL foram utilizados para as análises microbiológicas. Toda frascaria foi lavada em banho detergente marca Extran e esterilizada em autoclave à 121°C durante 30 minutos.

Após o procedimento de coleta as amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas com bolsas térmicas com gel e mantidas sob refrigeração até a chegada dessas ao Laboratório, onde foram realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas, consideradas neste estudo. Todas as amostras chegaram ao laboratório num período de tempo inferior a 24 horas. As análises da maioria dos parâmetros foram realizadas no mesmo dia do recebimento, sendo as restantes processadas sempre antes de completarem 24 horas após a coleta.

Os métodos analíticos para a determinação de todos os parâmetros seguiram o preconizado por APHA *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater* (APHA, 2005), e estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2. Demonstrativo dos Parâmetros Físico-Químicos e Bacteriológicos e Metodologia de análise utilizada.

Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos	Método / Código <i>Standard Methods</i> (2005).
Cor Verdadeira	Colorimétrico (Cód.: 2120 C)
Pontencial hidrogênio - pH	Medição <i>in situ</i> – Potenciometria (Cód.: 4500-H B)
Dureza Total	Titulação com EDTA (Cód.:3500- Ca B)
Alcalinidade Total	Titulação com H ₂ SO ₄ (Cód.: 2320- B)
Sólidos totais dissolvidos	Potenciometria (Cód.: 2510 A)
Condutividade Elétrica	Medição <i>in situ</i> – Condutivimetria (Cód.: 2510 A)
Ferro Total	Orto-Fenatrolina (Cód.: 3500- Fe A)
Nitrito	N-(1-naftyl)-etilenodiamina (Cód.: 4500 NO ₃ ⁻)
Nitrato	N-(1-naftyl)-etilenodiamina (Cód.: 4500 NO ₃ ⁻)
Turbidez	Nefelométrico (Cód.: 2510 A)
Coliformes Totais	Membrana filtrante – Meio Endo (Cód.: 9222 D)
Coliformes Termotolerantes	Membrana filtrante – Meio Endo (Cód.: 9222 D)

RESULTADOS

Os valores absolutos das concentrações dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos em todos os poços estudados estão apresentados na Tabela 3, nesta está evidenciado também a situação dos vinte e sete pontos de coleta, por parâmetro, quanto aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Resolução nº. 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Dos dez (10) parâmetros físico-químicos investigados, seis deles: ferro (um poço, 3,7%), nitrito (dois poços, 7,4%), nitrato (dois poços, 7,4%), turbidez (quatro poços, 14,8%) e cor (dez poços, 37,0%) estiveram em desacordo com os padrões estabelecidos pela Resolução nº. 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Tabela 3. Valores absolutos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos referentes aos vinte e sete poços de coleta na área urbana e periurbana no município de Santarém.

Código	Prof. ¹	Cor	pH	DT ²	AT ³	TDS	Cond ⁴	Ferro	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Turb ⁵	C.T. ⁶	C. Ter ⁷
ST-01	80	*	4,3	16	0,01	82,1	164,2	0,01	0,01	0,01	*	0	0
ST-02	40	0	6	7	17	31,3	61,8	0,02	0,01	0,01	3	8	0
ST-03	180	0	4,79	0,01	0,01	14	19,04	0,01	0,01	0,01	1,54	5	0
ST-04	120	0	6,06	16	20	18	35,27	0,01	0,01	1,04	12,6	10	0
ST-05	120	0	5,23	12	12	15,2	29,84	0,04	0,01	2,24	3,62	0	0
ST-06	120	0	6,53	16	20	18,8	37,25	0,01	0,01	1,06	10,6	9	0
ST-07	34	0	4,4	0,01	0,01	8,36	16,6	0,01	0,01	0,01	0	0	0
ST-08	36	10	5,07	0,01	4	6,01	12,27	0,01	0,29	0,062	0,58	206	0
ST-09	36	0	4,98	0,01	4	6,09	12,55	0,01	0,42	0,058	0,86	246	0
ST-10	22	0	4,85	0,01	4	6,14	13,65	0,01	0,25	0,06	0,45	291	0
ST-11	60	20	3,97	0,01	0,01	39,2	75,57	0,06	0,01	0,01	0	12	0
ST-12	36	*	3,43	38	0,01	339	678	0,03	0,01	0,01	0	8032	0
ST-13	30	0	4,21	16	0,01	93	189	0,01	0,064	12,29	0,21	36	0
ST-14	28	0	3,92	36	0,01	149	295	0,01	0,066	18,4	0,9	242	0
ST-15	100	*	5,44	20	6	38,9	78,1	0,01	0,01	0,01	3	0	0
ST-16	30	0	4,17	16	0,01	128	240,1	0,03	0,01	0,01	1,2	7	0
ST-17	24	30	4,33	0,01	4	9,4	19,25	0,01	1,0	0,037	0,3	5	0
ST-18	28	20	4,52	0,01	2	8,74	18,07	0,01	1,28	0,039	0,3	8	0
ST-19	12	20	4,15	0,01	0,01	14,8	28,82	0,02	0,01	0,01	217	828	0
ST-20	42	60	4,99	1	8	9,16	17,78	0,81	0,01	0,01	1	53	0
ST-21	14	30	7,63	2	52	650	809	0,02	0,01	0,01	21,1	0	0
ST-22	116	30	3,6	10	0,01	8,63	17,34	0,03	0,01	0,01	0	0	0
ST-23	120	0	3,9	5	0,01	8,44	16,87	0,03	0,01	0,01	0	0	0
ST-24	160	20	4,69	0,01	2	8,13	16,5	0,04	0,01	0,01	2,28	0	0
ST-25	120	20	3,8	0,01	0,01	8,4	19,64	0,03	0,01	0,01	0	0	0
ST-26	130	10	4,3	7	0,01	9,63	19,39	0,03	0,01	0,01	0	0	0
ST-27	120	20	4,7	0,01	0,01	8,58	17,28	0,03	0,01	0,01	0	0	0
VMP ⁹	N.F.R. ¹⁰	15	6-9,5	500	N.F.R.	1000	N.F.R.	0,3	1	10	5	Aus ¹¹	Aus

¹ Profundidade; ² Dureza Total; ³ Alcalinidade Total; ⁴ Condutividade Elétrica; ⁵ Turbidez; ⁶ Coliformes Totais; ⁷ Coliformes Termotolerantes; ⁸ Unidade Formadora de Colônia; ⁹ Valor Máximo Permitido; ¹⁰ Não Faz Referência; ¹¹ Ausência em 100mL; * não analisado.

Quanto ao aspecto microbiológico não foi registrada presença de Coliformes termotolerantes em nenhum dos poços investigados, todavia evidenciou-se a presença de Coliformes totais em 16 poços, representando 59,2% dos pontos. Assim, os parâmetros cor e Coliformes totais foram os parâmetros mais recorrentes em desacordo com o preconizado pela legislação. A presença de coliformes termotolerantes indica a possibilidade de contaminação da água por fezes, consequentemente, de microrganismos patogênicos presentes nas mesmas, que por serem mais frágeis às condições ambientais se tornam mais difíceis de serem quantificados. Por outro lado, a presença de coliformes totais está associada à contaminação pelo solo (Silva & Araújo, 2003).

O pH em 85% dos poços permaneceu abaixo de 6,0 (valor mínimo recomendado pela Resolução nº. 2.914/MS) variando de 3,43 a 7,63 nos pontos ST-12 e ST-21, respectivamente. Valores ácidos de pH, como os encontrados neste estudo, podem mobilizar metais, os quais ficarão disponíveis na forma dissolvida na água.

Segundo Tancredi (1996) tais valores, relativamente baixos, refletem condições naturais de elevada taxa de circulação da água subterrânea no sistema hidrogeológico da Formação Alter-do-Chão.

A profundidade dos poços foi identificada como uma variável significativa no comprometimento da qualidade da água de dois parâmetros – Condutividade elétrica ($r = 0,35$; $r^2 = 0,12$; $p = 0,073$) e Coliformes totais ($r = 0,43$; $r^2 = 0,18$; $p = 0,026$). Conforme a Figura 1, os valores mais elevados destes parâmetros ocorreram nos poços mais rasos, na faixa de profundidade entre 20 e 40 metros. Por outro lado, nos poços mais profundos (a partir dos 100 metros) os valores destes parâmetros decaem proporcionalmente.

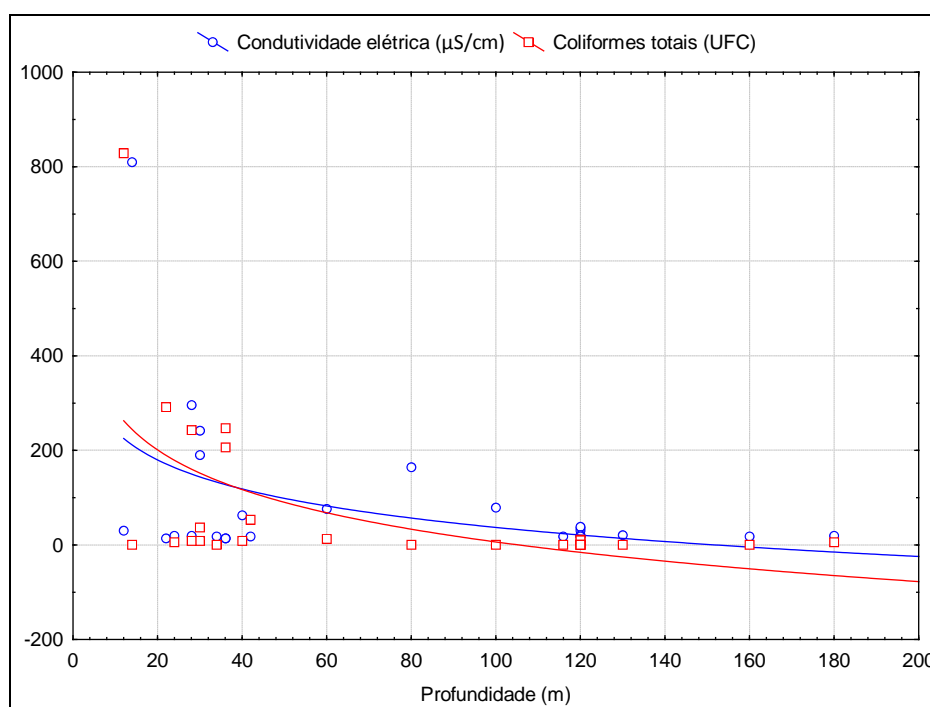


Figura 1: Relação entre profundidade dos poços com os valores de condutividade elétrica e Coliformes totais.

A Tabela 4 apresenta os resultados das correlações de Pearson entre a profundidade dos poços com todos os parâmetros indicadores de qualidade e também correlações entre estes. Assim, observaram-se relações significativas entre alguns parâmetros de qualidade da água, mormente entre: coliformes totais e turbidez, cor e ferro, alcalinidade e nitrato e entre alcalinidade e pH.

Tabela 4. Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros físico-químicos das amostras de água subterrânea dos poços analisados.

	Prof ¹	Cor	pH	DT ²	AT ³	TDS	Cond ⁴	Ferro	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Turb ⁵	CT ⁶
Prof ¹	1,00											
Cor	-0,12	1,00										
pH	-0,05	-0,03	1,00									
DT ²	-0,02	-0,40	-0,01	1,00								
AT ³	-0,14	0,12	0,92	0,05	1,00							
TDS	-0,32	0,15	0,55	0,14	0,77	1,00						
Cond ⁴	-0,36	0,09	0,49	0,26	0,71	0,99	1,00					
Ferro	-0,09	0,68	0,02	-0,13	0,02	-0,07	-0,09	1,00				
NO ₂ ⁻	-0,37	0,16	-0,10	-0,25	-0,12	-0,14	-0,15	-0,12	1,00			
NO ₃ ⁻	-0,22	-0,27	-0,19	0,78	-0,13	0,16	0,28	-0,09	-0,09	1,00		
Turb ⁵	-0,25	0,11	-0,04	-0,13	-0,00	0,02	0,01	-0,05	-0,11	-0,08	1,00	
CT ⁶	-0,43	-0,02	-0,15	-0,05	-0,17	-0,08	-0,07	-0,05	-0,01	0,11	0,85	1,00

¹ Profundidade; ² Dureza Total; ³ Alcalinidade Total; ⁴ Condutividade Elétrica; ⁵ Turbidez; ⁶ Coliformes Totais; ⁷

Araújo e Peleja (2009) ao investigarem poços de áreas urbanas da cidade de Santarém, também evidenciaram correlação positiva entre coliformes totais e turbidez, e atribuíram esta relação à capacidade dos microrganismos de se aderirem às partículas em suspensão na água.

O ferro correlacionou-se diretamente com a cor, a maioria dos poços com maiores concentrações de ferro também apresentaram maiores coloração de suas águas. Em sistemas de abastecimento de água, o ferro é objetável, devido ao gosto que dar a água e sua propriedade de se depositar nos acessórios e tubulações, provocar manchas nas roupas, louças e acumular precipitados na rede de distribuição (Azevedo, 2006).

A ocorrência de nitrato em águas subterrâneas é a principal característica de que o manancial está afetado por algum tipo de contaminação. A má construção dos poços e a sua proximidade com esgotos depositados em fossas, permite a contaminação do aquífero. Sendo o nitrato o produto final da estabilização aeróbia do nitrogênio orgânico, indica uma contaminação antiga ou mais distante espacialmente (Resende, 2008).

CONCLUSÕES

A perfuração desordenada de poços na região de Santarém representa um grande problema quanto à qualidade da água subterrânea disponibilizada para o consumo humano, tanto no meio urbano quanto no periurbano;

Os poços rasos, na faixa de 20 a 40 metros, construídos em condições inadequadas são os mais vulneráveis às fontes de contaminações superficiais, comprometendo a qualidade da água subterrânea, tanto no aspecto químico como microbiológico;

Comparando-se os poços urbanos de Santarém com os periurbanos, os primeiros apresentaram-se com maiores cargas de Coliformes totais, Nitrato e Nitrito, enquanto os periurbanos apresentaram o parâmetro Cor como o mais frequente em desacordo com os padrões legais para água de consumo humano.

A frequência de poços com parâmetros de qualidade da água em desacordo com os valores máximos permitidos pela legislação como seguros para água de consumo humana, revela a condição de exposição humana a esta realidade no município de Santarém, estado do Pará, principalmente no meio urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, L. A.; FILHO, A. N.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de Consumo Humano como Fator de Risco a Saúde em Propriedades Rurais. *Revista de Saúde Pública*, v. 37, n.4, p. 510-514. 2003.
2. ARAÚJO, G. C.; PELEJA, J. R. P. Perfil da Qualidade da Água Subterrânea de Poços Tubulares na Zona Urbana do Município de Santarém, Pará, Brasil. 61ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC. Manaus, Amazonas. 2009.
3. AWWA – American Water Works Association. Standard Methods for Examination of Water and WasteWater. 18Th. Washington: American Public Health Association, p. 9-26. 2005.
4. AZEVEDO, R. P. Uso de Água Subterrânea em Sistema de Abastecimento Público de Comunidades na Várzea da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, v. 36, p. 313-320, 2006.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 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. 2011.
6. GALVÃO, P. H. F., DEMÉTRIO, J. G. A., SOUZA, E. L., PINHEIRO, C. S. S., BAESSA, M. P. M. Hidrogeologia e Geometria dos Aquíferos das Formações Cretáceas Içá e Solimões, Bacia Paleozoica do Solimões, na Região de Urucu, Amazonas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 42, p. 142-153, 2012.
7. RESENDE, A. V. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nutrientes. *Revista Saneas*. São Paulo: AESABESP, ed. 29, abr/maio/jun. 2008.
8. SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 8, n. 4, p. 1019-1028. 2003.
9. TANCREDI, A. C. F. N. S. Recursos Hídricos Subterrâneos de Santarém: Fundamentos para Uso e Proteção. Tese de Doutorado em Geociências. Universidade Federal do Pará, Belém, Pará. 1996.