

# AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA UTILIZADA EM PROPRIEDADES RURAIS PRODUTORAS DE HORTALIÇAS E NA ÁREA URBANA DA REGIÃO DE MARINGÁ - PR

Driano Rezende<sup>1</sup>; Letícia Nishi<sup>1</sup>; Marcela Fernandes Silva<sup>1</sup>; Priscila F. Coldebella<sup>1</sup>; Wilson R. de Carvalho Junior<sup>1</sup>; Angélica Marquetotti Salcedo Vieira<sup>1</sup>, Rosângela Bergamasco<sup>1</sup>; Márcia Regina Fagundes Klen<sup>2</sup>.

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água subterrânea da região de Maringá – PR, utilizada em fontes localizadas em propriedades rurais produtoras de hortaliças e na área urbana. As amostras de água foram coletadas em 18 propriedades rurais produtoras de hortaliças, 12 edifícios e em um posto de combustível. Destas 31 amostragens, 20 foram de poços tubulares profundos (P.T.P.) e 11 de poços cacimbas (P.C.). As análises físico-químicas e microbiológicas: cor aparente, turbidez, pH, dureza, sólidos totais dissolvidos, amônia, nitrito, fósforo total, nitrato, coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental da Universidade Estadual de Maringá. Os resultados de cor, turbidez, nitrato e os microbiológicos de algumas amostras não atenderam aos limites estabelecidos pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde. Todos os poços cacimbas apresentaram resultados positivos para *E. coli* e/ou coliformes totais. Sendo assim, a água utilizada para irrigar hortaliças consumidas cruas pode ser um meio de transporte de contaminantes bacteriológicos, neste caso *E. coli* e coliformes totais. O íon nitrato está presente em níveis acima do limite permitido pela Portaria nestas fontes.

**Palavras chaves:** Água subterrânea; Contaminação; Nitrato; Bacteriológico.

**Abstract** – The aim of this study was to evaluate the groundwater quality in the region of Maringá - PR, used in sources of farms producing vegetables and in urban areas. The samples of water were collected in 18 rural properties, 12 buildings and one fuel station. Among these samples, 20 were collected from tubular wells and 11 from dug wells. The physico - chemical and microbiological analysis: apparent color , turbidity , pH , hardness , total dissolved solids , ammonia, nitrite , total phosphorus, nitrate , total coliform and *Escherichia coli* were performed at the Laboratory Management and Control of Environmental Conservation, Universidade Estadual de Maringá. The results of color, turbidity, nitrate and microbiological analysis of some samples did not attend the limits set by the Ordinance 2914 of the Health Ministry as the standards for water potability. All samples collected from dug wells were positive for *E. coli* and/or total coliforms. Thus, the water used to irrigate eaten raw vegetables can be a mean of transport of bacteriological contaminants, in this case *E. coli* and total coliforms. The nitrate ion was present at levels above the limit permitted by Law in these sources.

**Key words:** Groundwater; Contamination; Nitrate; Bacteriological.

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá, departamento de engenharia química Av Colombo, 5790, CEP: 87020-900, Maringá, Paraná, fone (44) 3011 4760 ,e-mail: [rezende.d@live.com](mailto:rezende.d@live.com);

<sup>2</sup> Universidade do Oeste do Paraná, departamento de engenharia química rua da Faculdade, 645, CEP: 85903, Toledo, Paraná, fone (45) 3379-7094, e-mail: [fagundes.klen@gmail.com](mailto:fagundes.klen@gmail.com).

## 1. INTRODUÇÃO

As características físicas, químicas e biológicas da água traduzem uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência da capacidade de dissolução de ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo. Entre as substâncias que constituem risco à saúde humana e ambiental incluem-se compostos de nitrogênio, encontrados no meio aquático na forma de nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito, nitrato e bactérias (LIBÂNIO, 2010).

O nitrogênio na forma de nitrato presente na água de consumo está associado a doenças como a metehemoglobinemia e a indução de nitrosaminas cancerígenas. O desenvolvimento da metehemoglobinemia depende da conversão de nitrato para nitrito durante a digestão em pH ácido, o que pode ocorrer na saliva e no trato intestinal. Crianças menores de três meses de idade são bastante susceptíveis ao desenvolvimento desta doença, devido às condições propícias de seu sistema gastrointestinal (DE ROOS *et al.*, 2003; DI BERNARDO, 2008; LIBÂNIO, 2010).

Diferentes estudos apontam que comunidades abastecidas por água com nitrato em concentração próxima ou acima do estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 2914 de 12/12/2011 ( $10 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$ ), estão associadas à maior prevalência de câncer. Este composto encontrado na água de abastecimento em concentrações acima do normal, em águas subterrâneas, está associado principalmente pela disposição de efluentes domésticos em fossas negras na área urbana e o uso demasiado de fertilizantes agrícolas na região (MATO, 1996 citado por ALABURDA e NISHIHARA, 1998; WEYER *et al.*, 2001; DE ROOS *et al.*, 2003).

Em adultos, estudos apontam que comunidades abastecidas por água com nitrato em concentração próxima ou acima de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$ , equivalente a  $44,4 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ , estão associadas à maior prevalência de câncer estomacal. A Organização Mundial da Saúde afirma, conforme experiências realizadas, que o nitrato pode aumentar os riscos de câncer nos seres humanos, devido à formação endógena e exógena de compostos N-nitrosos, entretanto, os estudos epidemiológicos são insuficientes (WEYER *et al.*, 2001; DE ROOS *et al.*, 2003; VAN GRINSVEN, *et al.*, 2006; DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008; WHO, 2011).

De acordo com o United States Environmental Protection Agency (EPA), em geral, a principal fonte de nitrato ingerida diariamente é proveniente da alimentação, quando a presença de nitrato na água de consumo está abaixo de  $45 - 50 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ . No entanto, quando os níveis de nitrato na água potável excedem  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ , o consumo de água contribui consideravelmente na ingestão total diariamente (WHO, 2011).

Por esta razão, a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde no Brasil e o padrão de Potabilidade Americano estabelecem idênticos limites para o nitrato,  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  na forma de  $\text{N-NO}_3^-$  equivalente a  $44,4 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ . A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda concentração de  $11,3 \text{ mg.L}^{-1}$  na forma de  $\text{N-NO}_3^-$  equivalente a  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ .

Concentrações abaixo de  $13,33 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  em águas subterrâneas e superficiais, fazem parte do ciclo natural do nitrogênio, concentrações acima são indicativos de poluição antrópica, proveniente, principalmente do uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura, disposição final de efluentes no solo de lava-jatos, fábricas, curtumes e esgoto domésticos (fossas negras) (VON SPERLING, 1996; ZHANG *et al.*, 1996; SHRIMALI e SINGH, 2001).

Concentrações deste íon acima do estabelecido pela OMS em água subterrânea são cada vez mais comuns em países desenvolvidos e em desenvolvimento, conseqüentemente maior é a preocupação com a qualidade destes mananciais em diferentes países (HUAN, *et al.*, 2012; MAYORGA, *et al.*, 2013; TEDD, *et al.*, 2014; PASTÉN-ZAPATA, *et al.*, 2014). No Brasil, esta realidade não é diferente, onde pesquisas demonstram a contaminação de mananciais subterrâneos e superficiais com valores de nitrato acima do permitido para fins potáveis (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008; ZUFFO *et al.*, 2009).

Outro importante fator de risco à saúde humana está relacionado à qualidade da água utilizada na irrigação de hortaliças consumidas cruas. Guilherme *et al.* (1999), ao investigarem as condições sanitárias de hortaliças consumidas cruas pela população de Maringá - PR, constataram contaminação destes vegetais, da água utilizada nestas propriedades e também dos produtores. Os autores concluíram que 16,6 % de 144 amostras em 5 diferentes hortaliças estavam contaminadas por enteroparasitas; 46 de 163 indivíduos examinados (26%) apresentaram um ou mais parasitas, e que a água utilizada nestas propriedades é imprópria para irrigação e para fins potáveis.

Neste contexto, a presente pesquisa teve o objetivo de analisar alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos, com ênfase na detecção do íon nitrato, na água subterrânea proveniente de fontes localizadas em propriedades rurais produtoras de hortaliças e na área urbana da região de Maringá-PR.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foi realizada uma pesquisa quantitativa exploratória, com o intuito de avaliar parâmetros físico-químicos e microbiológicos na água proveniente de fontes subterrâneas da região sul do Brasil, ao norte do estado do Paraná, município de Maringá, com suas respectivas



Caiuá, ambos entre 40 a 800 m de profundidade. Abaixo, encontra-se o sistema de aquífero Guarani (ANDREOLI *et al.*, 2000; SOUZA e GASPARETO, 2010).

As amostras de água subterrânea foram coletadas no período de janeiro a julho de 2012, em 18 propriedades rurais produtoras de hortaliças, 12 edifícios e em um posto de combustível. Para realização das coletas foram necessárias autorizações dos proprietários rurais, síndicos dos edifícios e proprietário do posto de combustível, os quais concordaram em participar deste estudo. Nestes locais, a utilização da água era para consumo humano, irrigação, ou lavagem de carro e piso, provenientes de 20 poços tubulares profundos (P.T.P.) e 11 poços cacimbas (P.C.).

As amostragens foram realizadas conforme item 7.4.1 e 7.4.2 do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011). Assim, em cada local foi coletado 6 litros de água: 5 litros em recipiente de polipropileno previamente limpo e desinfetado com álcool 70%, e 1 litro em recipiente de vidro esterilizado em autoclave, para análises físico-químicas e microbiológicas respectivamente, acondicionados em caixas térmicas (8°C a 12°C) e encaminhados ao Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental da Universidade Estadual de Maringá, onde foram caracterizadas por meio de análises físico-químicas e microbiológicas.

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados foram: cor aparente, turbidez, pH, dureza, sólidos totais dissolvidos, amônia, nitrito, fósforo total, nitrato, coliformes totais e *Escherichia coli*, conforme descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros e metodologias utilizadas na pesquisa

<b>Parâmetros</b>	<b>Metodologia/Equipamentos</b>	<b>Fonte</b>
Turbidez (NTU)	Determinada em Turbidímetro portátil HACH – modelo 2100P	Standard Methods (APHA, 2005)
Cor aparente (mg PtCo L <sup>-1</sup> )	Espectrofotômetro HACH DR 2010, método 8025, programa 120, comprimento de onda de 455 nm, por comparação visual com padrão de cobalto-platina	Metodologia descrita no manual do aparelho
pH	pH-metro Digimed DM-2	Metodologia descrita no manual do aparelho
Nutrientes: amônia, nitrito, nitrato e fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	Espectrofotômetro HACH DR/2010, por meio de KIT's-HACH,	Metodologia descrita no manual do aparelho
Dureza total (mg/CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	Método titulométrico com EDTA	Standard Methods (APHA, 2005)
Sólidos dissolvidos totais (mg L <sup>-1</sup> )	Método gravimétrico	Standard Methods (APHA, 2005)
<i>E. coli</i> . e coliformes totais	Placas para contagem de <i>E. coli</i> e coliformes totais da 3M Petrifilm, segundo os métodos NMKL (147.1993) e AOAC (991.14), respectivamente.	Guia de interpretação, 3M BRASIL

Após análises, os resultados foram comparados com os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde 2914 de 2011.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas 31 amostragens em 20 poços tubulares profundos (P.T.P.) e 11 poços cacimbas (P.C.). Os resultados dos parâmetros de pH, dureza, sólidos totais dissolvidos, amônia, nitrito e fósforo total, estão coerentes aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde 2914 de 2011.

Pode-se observar que, em algumas amostras de água, os parâmetros cor, turbidez, nitrato e os microbiológicos apresentaram resultados que não atendiam os padrões de potabilidade da Portaria. Esses resultados estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Resultado das análises de cor, turbidez e Nitrato em fontes de água subterrânea de propriedades rurais produtoras de hortaliças e na área urbana da região de Maringá – PR.

Local	Fonte	Cor Aparente (uH)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	
				NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
P.R. 1	P.T.P.	5	0,61	3,7	1,4
P.R. 2	P.C.	4,5	0,63	1,6	6,95
P.R. 3	P.T.P.	11	1,29	0	0
P.R. 4	P.T.P.	2	0,91	0	0
P.R. 5	P.T.P.	2	0,2	0	1,8
P.R.6	P.T.P.	10	0,94	1,6	7
P.R. 7	P.T.P.	0	0,87	1,7	7,5
P.R. 8	P.C.	<b>19*</b>	3,58	1,25	6,65
P.R. 9	P.T.P.	5	0,61	3,7	1,4
P.R.10	P.C.	3	0,75	0	0
P.R.11	P.C.	0	0,78	0	0
P.R.12	P.C.	10	1,71	2,2	11
P.R.13	P.C.	<b>18*</b>	0,4	5,3	25
P.R.14	P.C.	15	1,7	1,2	6,3
P.R.15	P.C.	<b>19*</b>	0,4	1,4	6,5
P.R.16	P.T.P.	0	0,6	2,5	11
P.R.17	P.C.	10	0	<b>10,2*</b>	<b>45*</b>
P.R.18	P.C.	12	0,8	<b>11,3*</b>	<b>50*</b>
C. 1	P.T.P.	4	0,61	2,6	10
C. 2	P.T.P.	4,5	0,41	3,5	15
C. 3	P.T.P.	3	0,39	1,5	6,4
C. 4	P.T.P.	3	0,26	0,5	2,1
C. 5	P.T.P.	10	1,1	4,3	18
C. 6	P.T.P.	24	3	2,7	12
C. 7	P.T.P.	8	0,55	0,9	3,9
C. 8	P.T.P.	0	0,4	1,2	5
C. 9	P.T.P.	5	0,4	3	13
C. 10	P.T.P.	10	0,5	0,7	2,6
C. 11	P.T.P.	5	0,4	3	13
C. 12	P.T.P.	9	0,52	1,2	10
P.	P.C.	<b>22*</b>	2	<b>13,6*</b>	<b>60*</b>

C.: Condomínio; P.: Posto combustível; P.C: Poço cacimba; P.T.P: Poço tubular profundo P.R: Propriedade rural; C: Condomínio; P.: Posto de combustível.

\*:Acima lim. Port. 2914/2011 do MS.

Conforme Tabela 2, os resultados acima do padrão de potabilidade são provenientes de poços cacimbas, localizados em propriedades rurais e no Posto de Combustível. Segundo Otenio *et al.*

(2007), águas provenientes destas fontes, por estarem expostas, aos ventos, chuvas, poeiras, folhas, raízes entre outros fatores, refletem em maiores unidades de turbidez e cor, como observado no presente estudo. Richter *et al.* (2003) cita que a presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão alteram a cor da água, devido a ácidos húmicos e tanino, originados pela decomposição de vegetais ou fontes antrópicas.

Em relação ao nitrato a oscilação na concentração chama a atenção, entre 0 a 60 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, constatado valores incoerentes para fins potáveis em três fontes, propriedade rural 17 (45 mg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), propriedade rural 18 (50 mg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e a fonte presente no posto de combustível (60 mg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), todas provenientes de poço cacimba.

Quanto ao parâmetro microbiológico, todos os poços cacimbas (100%) apresentaram resultados positivos para *E. coli* e/ou coliformes totais. As análises referentes aos poços tubulares profundos demonstraram contaminação por estas bactérias em sete fontes (35%), conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados das análises microbiológicas em fontes de água subterrânea de propriedades rurais produtoras de hortaliças e na área urbana da região de Maringá – PR.

Local	Fonte de abastecimento	Resultado microbiológico (UFC 100 <sup>-1</sup> mL <sup>-1</sup> )	
		<i>E. coli</i>	Coliformes totais
P.R. 1	Poço tubular profundo	200	400
P.R. 2	Poço Cacimba	520	1000
P.R. 3	Poço tubular profundo	300	100
P.R. 4	Poço tubular profundo	1200	500
P.R. 5	Poço tubular profundo	1300	1900
P.R. 6	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
P.R. 7	Poço tubular profundo	Ausência	200
P.R. 8	Poço Cacimba	15000	7800
P.R. 9	Poço tubular profundo	Ausência	2800
P.R. 10	Poço Cacimba	200	9600
P.R. 11	Poço Cacimba	Ausência	1000
P.R. 12	Poço Cacimba	100	500
P.R.13	Poço Cacimba	1800	2200
P.R.14	Poço Cacimba	100	Ausência
P.R. 15	Poço Cacimba	1600	1700
P.R. 16	Poço tubular profundo	Ausência	200
P. R. 17	Poço Cacimba	27	16
P.R. 18	Poço Cacimba	100	Ausência
C.1	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.2	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.3	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência

P.R: Propriedade rural; C: Condomínio; P.: Posto de combustível.

Continuação Tabela 3 - Resultados das análises microbiológicas em fontes de água subterrânea de propriedades rurais produtoras de hortaliças e na área urbana da região de Maringá - PR

Local	Fonte de abastecimento	Resultado microbiológico (UFC 100 <sup>-1</sup> mL <sup>-1</sup> )	
		<i>E. coli</i>	Coliformes totais
C. 4	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.5	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.6	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.7	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.8	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.9	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.10	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.11	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
C.12	Poço tubular profundo	Ausência	Ausência
P.	Poço Cacimba	Ausência	200

P.R: Propriedade rural; C: Condomínio; P.: Posto de combustível.

As análises microbiológicas de poços tubulares profundos (PTP) indicam a presença de coliformes totais entre 0 - 2800 UFC/ 100 mL de água, enquanto que, em poços cacimbas (PC) foi aproximadamente 3,4 vezes maior, entre 0 – 9600 UFC/ 100 mL de água.

Os resultados do parâmetro *E. coli* em PTP estão entre 0 – 1300 UFC/ 100 mL de água e entre 0 – 1800 UFC/ 100 mL de água em poços cacimbas. Estes resultados demonstram a facilidade de contaminação de poços cacimbas.

Esta diferença é explicada pelo fato dos poços tubulares profundos possuírem maior proteção do que os poços cacimbas, em algumas propriedades estas fontes estão próximas a pastagens, fossas negras e, também, a criação de animais, facilitando assim, a contaminação constatada.

Nota-se que as fontes dos condomínios, onde há acompanhamento por profissionais habilitados, não apresentaram contaminação microbiológica por possuírem instalações em condições adequadas e, principalmente, por serem tratadas previamente com cloro.

É importante ressaltar que as fontes localizadas nas propriedades rurais, atualmente, são utilizadas para irrigação de hortaliças consumidas cruas pela população, comercializadas em feiras livres na região. Assim, estes resultados nos mostram a importância da manutenção, higiene dos equipamentos hidráulicos, cloração, proteção das fontes contra animais, bem como a ausência de fossas domiciliares nas proximidades, com o objetivo de manter a qualidade da água no que diz respeito aos parâmetros microbiológicos.

Os resultados do parâmetro nitrato ressaltam uma preocupação maior, pelo fato do mesmo possuir tratamentos onerosos e, principalmente, por ser um composto muito discutido atualmente. Presente em maiores concentrações nas águas superficiais e subterrâneas no decorrer do desenvolvimento.

#### 4. CONCLUSÃO

Foram detectadas concentrações de cor, turbidez, nitrato, coliformes totais, e *E. coli* acima dos limites estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 2914 de 12/12/2011 em fontes de água subterrânea da região.

O presente estudo demonstra que a água utilizada para irrigar hortaliças consumidas cruas e consumo humano pode se constituir em um risco a saúde humana e ambiental. Assim, são necessários novos estudos correlacionados com o acompanhamento da qualidade sanitária da água na região de Maringá/PR.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. V., Pegorin, E. S. e Castro, L. A. R. Diagnóstico do Potencial dos Solos da Região de Maringá para a Disposição Final do Lodo Gerado pelos Sistemas de Tratamento de Esgoto do Município. *Sanare – Revista Técnica da Sanepar*, Curitiba. v. 13, nº 13, p. 40, jan/jun, 2000.

APHA, *STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION FOR WATER AND WASTEWATER*. 20 ed. Amer. Public Health Association/American Water Works Association, *Water Environment Federation*. Washington, D. C. USA, 2005.

ALABURDA, J., Nishihara, L. Presença de compostos de nitrogênio em poços. *Rev. Saúde Pública* v. 32, n. 2, São Paulo, 1998.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, efluentes, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: *CETESB*; Brasília: *ANA*, 2 ed. 326 p. 2011.

AVERY A. A. Infantile methemoglobinemia: Reexamining the role of drinking water nitrates. *Environ Health Perspect, Hudson Institute, Center for Global Food Issues*. Virginia – Churchville – USA, vol. 109 p. 583-586,. 1999.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Portaria 2914: Qualidade da água*. Brasília: editora do Ministério da Saúde, 2011.

DE ROOS, A. J., Ward, M. H., Lynch, C. F., Cantor, K. P. Nitrate in public water systems and the risk of colon and rectum cancers. *Epidemiology*, vol. 14, p. 640–649, 2003.

DI BERNARDO, L. e Sabogal Paz, L. P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. São Carlos: *LDIBETE LTDA*, v. 1, p. 878, 2008.

- GUILHERME, A. L. F. et al. Prevalência de Enteroparasitas em Horticultores e Hortaliças da Feira do Produtor de Maringá, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, UEM, Maringá –PR, vol. 32, p. 405 - 411, 1999.
- HUAN, H., Wang, J., Teng, Y. Assessment and validation of groundwater vulnerability to nitrate based on a modified DRASTIC model: A case study in Jilin City of northeast China. *Science of The Total Environment*, v. 440, p. 14–23, 2012.
- LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP: ed. Átomo, 2010.
- MAYORGA, P., Moyano, A., Anawar, H. M. Temporal variation of arsenic and nitrate content in groundwater of the Duero River Basin (Spain). *Physics and Chemistry of the Earth*, v.58 – 60, p. 22 – 27, 2013.
- OTENIO, M. H. et al. Qualidade da Água Utilizada para consumo Humano de Comunidades Rurais do Município de Bandeirantes – Pr. *Revista Salusvita*, Bauru-SP, V. 26, nº 26, p. 83-91, 2007.
- PASTÉN-ZAPATA, E., Ledesma-Ruiz, R., Harter, T., Ramirez, A., Mahlknecht, J. Assessment of sources and fate of nitrate in shallow groundwater of an agricultural area by using a multi-tracer approach. *Science of The Total Environment*, v. 470–471, P. 855–864, 2014.
- SHRIMALI, M., Singh, K. P. New methods of nitrate removal from water. *Environmental Pollution*, v. 112, p. 351–359, 2001.
- SOUZA, V., Gasparetto, N. V. L. Avaliação da erodibilidade de algumas classes de solos do município de Maringá – Pr por meio de análises físicas e geotécnicas. *Boletim de Geografia*, Maringá, v. 28, n. 2, p. 5-16, 2010.
- TEDD, K. M., Coxon, C. E., Misstear, B. D. R., Daly, D. Craig, M., Mannix, A., Williams Hunter, N. H. An integrated pressure and pathway approach to the spatial analysis of groundwater nitrate: A case study from the southeast of Ireland. *Science of The Total Environment*, v. 476–477, p. 460 – 476, 2014.
- VAN GRINSVEN, H. J. M., Ward, M. H., Benjamin, N., Kok, T. M. Does the evidence about health risks associated with nitrate ingestion warrant an increase of the nitrate standard for drinking water? *Environmental Health*, v. 5, 2006.
- VON SPERLING, M. Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 2. ed. V. 2. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1996.
- ZHANG, W. L. et al. Nitrate pollution of groundwater in northern China, Agric., *Ecosyst. Environ*, v. 59, n. 3, p. 223–231, 1996.

ZUFFO, C. E., Abreu F. A. M., Cavalcante I. N., Nascimento G. F. Águas subterrâneas em Rondônia: análise estatística de dados hidroquímicos, organolépticos e bacteriológicos. *Revista do Instituto Geológico*, v.30 n. 1 - 2, p. 45 – 49, 2009.

WEYER, P. J. *et al.* Municipal drinking water nitrate level and cancer risk in older women: the Iowa Women's Health Study. *Epidemiology*. Vol.12, N. 3, p. 327-338, 2001.

WHO - World Health Organization. Nitrate and nitrite in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, Genebra, 2011.

[www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf)