

IMPACTO FÍSICO-QUÍMICO DA DEPOSIÇÃO DE ESGOTOS EM FOSSAS SOBRE AS ÁGUAS DE AQUÍFERO FREÁTICO EM JI-PARANÁ- RO.

Ariveltom Cosme Silva¹, João Carlos Dourado², Alex Vladimir Krusche³ e Beatriz Machado Gomes⁴

Resumo: A Cidade de Ji-Paraná, no Estado de Rondônia, tal como ocorre em muitas cidades brasileiras, não possui sistema público de coleta e tratamento de esgotos. Assim, águas residuárias produzidas pela população são lançadas em sistemas rústicos, fossas. Por outro lado, muitos habitantes utilizam água subterrânea extraída de poços amazonas ou tubulares rasos. Em razão da possibilidade de contaminação das águas subterrâneas por elementos oriundos do sistema de esgotos, foi realizado um estudo objetivando avaliar a qualidade de potabilidade das águas do aquífero do Bairro Nova Brasília no tocante aos íons Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ , Ca^{2+} , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-} . Foram, então, coletadas e analisadas pelo método de cromatografia líquida amostras provenientes de vinte e um poços amazonas e sete poços tubulares localizados no bairro, cujos resultados foram confrontados com as normas estabelecidas pelo Ministério da Saúde (Portaria 518 de 25/03/2004) e pelo CONAMA (Resolução 396 de 03/04/2008) evidenciando o nitrato (NO_3^-) como parâmetro acima dos padrões. Aproximadamente 77,1% das amostras de poços amazonas e 54% dos poços tubulares analisadas apresentaram concentrações de nitrato acima de 45 mg/L (valor máximo permitido) indicando que estas águas são impróprias ao consumo humano.

Palavras-chaves: Água subterrânea. Fossas. Contaminação. Aquífero. Nitrato.

1 Introdução

Estudos realizados em diversas partes do mundo revelam que a disponibilidade e o uso de água para o consumo das populações é problemático, principalmente em razão dos processos de crescimento dos núcleos urbanos, desenvolvimento industrial e da agropecuária, com a intensificação do lançamento de dejetos domésticos e resíduos de naturezas diversas no meio ambiente.

Muitas cidades brasileiras não possuem um sistema de coleta de esgotos que permita um destino ecologicamente correto para as excretas produzidas por essas populações. De acordo com a Secretaria Nacional de Saneamento (BRASIL, 2005), apenas 50,3 % dos municípios brasileiros possuem saneamento básico. Dessa forma, os produtos orgânicos e inorgânicos eliminados pela população são lançados em sistemas rudimentares, fossas negras ou em fossas sépticas, chegando, em

muitos casos, com relativa facilidade aos aquíferos, introduzindo substâncias tóxicas e aumentando as concentrações de alguns íons na água subterrânea, além da introdução de microorganismos patogênicos.

Dentre os contaminantes nitrogenados, o nitrato (NO_3^-) é o mais freqüentemente encontrado em águas subterrâneas de zonas urbanas, oriundo da deposição de excretas em fossas negras ou sépticas, constituindo-se em importante fator de comprometimento do estado de saúde das populações (VARNIER, HIRATA; 2002).

Inicialmente, no esgoto fresco, o nitrogênio está quase que totalmente combinado sob a forma de proteína e uréia (CORRÊA, MELO FILHO, BERNARDES; 2000), quando bactérias executam um trabalho de oxidação biológica, transformando o nitrogênio presente em um primeiro momento em amônio (NH_4^+), depois em nitrito (NO_2^-) e finalmente em nitrato (NO_3^-), conforme as equações 1 e 2. Este processo é conhecido como nitrificação e ocorre na presença de oxigênio pela ação

¹ E-mail: ariveltom@unir.br

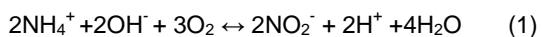
Departamento de Matemática e Estatística da Universidade Federal de Rondônia- UNIR, Campus de Ji-Paraná. Rua Rio Amazonas, 351, Bairro Jardim dos Migrantes, CEP 76.900-726. Ji-Paraná, RO. Fone (69)3421-2296. Fax: (69)3421-3595

² E-mail: jdourado@rc.unesp.br

³ E-mail: alex@cena.usp.

⁴ E-mail: beatriz@unir.br

das bactérias do gênero *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, que convertem o azoto amoniacal, independentemente da fonte inicial, em temperatura acima de 10 °C, na seqüência descrita acima (LAMOND, POWELL, DEVLIN, 1999; FERREIRA, 2000).



Alta concentração de NO_3^- em água potável pode acarretar sérios danos à saúde humana, como metahemoglobinemia em crianças e câncer, especialmente o gástrico, em adultos. Em crianças abaixo de 3 meses de idade, o consumo de águas com excesso de nitrato pode provocar um quadro de metahemoglobinemia, caracterizada por uma anemia profunda, conhecido como cianose ou “síndrome do bebê azul”, podendo inclusive levar a criança a óbito por asfixia. O nome cianose ou síndrome do bebê azul se dá por causa da coloração azul ao redor dos olhos e da boca do lactente.

O processo de metahemoglobinemia provoca redução dos níveis de oxigenação das células, inclusive as cerebrais, produzindo um quadro de anoxia (LEIFERT et al., 1999, OBAJA et al., 2003) e, conseqüentemente, transtornos de ordem motora e mental nas crianças. Alguns autores ampliam a faixa etária de perigo de cianose infantil provocado por ingestão de nitratos, considerando a possibilidade destes transtornos em crianças abaixo de 6 meses de idade (ZEMAN, KROSS, VLAD; 2002). Em razão disso, as agências reguladoras de cada país estabeleceram limites de concentrações de nitrato na água de consumo humano. No Brasil, o Ministério da Saúde (MS), através da Portaria 518 de 25 de março de 2004 (MS, 2005) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da resolução nº 396, de 3 de abril de 2008 (CONAMA, 2008), estabeleceram o valor máximo permitido (VMP) em 45 mg/L de NO_3^- ou, equivalentemente, 10 mg/L de NO_3^- em nitrogênio.

De acordo com o exposto, o nitrato em águas subterrâneas vem merecendo atenção dos pesquisadores, por ser um bom indicativo de contaminação antropogênica (FREITAS, BRILHANTE, ALMEIDA, 2001; ANDRADE et al., 2003; FRANCA, 2006). Em águas subterrâneas inalteradas por atividades humanas, sua concentração normalmente não ultrapassa 2 mg/L de NO_3^- (MUELLER, HEELSEL; 1996). Água com

concentrações de nitrato acima de 3-4 mg/L é considerada impactada (LAMOND, POWELL, DEVLIN; 1999). Entretanto Aiguo, Jinghua e Ramble (2005) consideram que concentração de nitrato acima de 1 mg/L na água subterrânea já seja resultante da ação antrópica.

Segundo Nolan, Hitt e Ruddyb (2002), 9 % dos poços domésticos amostrados nos Estados Unidos entre 1993 e 2000 pelo Geological Survey's National Quality Assessment (NAWQA), tinham nitrato acima de 10 mg/L em nitrogênio, VMP estabelecido pela U.S. Environmental Protection Agency (USEPA).

Geralmente os aquíferos livres (ou freáticos) são os mais explorados para consumo doméstico, devido a sua pouca profundidade e facilidade de acesso, que se dá através de escavação do solo utilizando-se enxadões, pás e picaretas, resultando nos poços cacimba, também conhecidos como cisternas, amazonas ou simplesmente poços escavados. Esses poços, geralmente com diâmetro variando de 0,80 a 1,00 m são, na maioria das vezes, revestidos com tijolos ou com anéis de concretos pré-moldados.

Por outro lado, estes poços são também mais vulneráveis à contaminação, principalmente quando localizados em área urbana, onde não existe rede coletora de esgotos e as fossas residenciais formam uma malha uniformemente distribuída sobre o aquífero. De acordo com as condições hidrogeológicas locais, especialmente em terrenos arenosos, as substâncias depositadas nas fossas podem chegar facilmente por percolação através da zona não-saturada ao aquífero e serem extraídas através dos poços (AUGE, 2004).

Face aos sérios problemas citados, o presente trabalho analisou as concentrações temporais de nitrato nas águas subterrâneas do Bairro Nova Brasília em Ji-Paraná, Rondônia, tendo como relevância o fato de que grande parcela da população local utiliza-se de água subterrânea para consumo. Este estudo revelou uma expressiva quantidade de nitrato em amostras coletadas nos poços domésticos tubulares e nos poços amazonas na área, estando os demais parâmetros analisados abaixo do VMP.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o impacto físico-químico no aquífero freático do Bairro Nova Brasília, gerado pela deposição de esgotos nas fossas domésticas, tendo como referência os padrões de potabilidade

estabelecidos pelo Ministério da Saúde e CONAMA.

2 Materiais e métodos

O Município de Ji-Paraná ocupa posição geográfica central no Estado de Rondônia, sendo passagem obrigatória para quem transita na BR-364, única via de acesso terrestre em direção à capital Porto Velho, e aos estados do Acre e Amazonas, quando a procedência é da região centro oeste do Brasil.

O núcleo urbano do município encontra-se na foz do Rio Urupá no Rio Machado, com coordenadas $10^{\circ}52'$ latitude S e $61^{\circ}56'$ de longitude W.

A cidade se desenvolveu nas duas margens do Rio Machado e, devido a essa particularidade, para efeito de orientação geográfica, está dividida em 1^o e 2^o Distritos, respectivamente à margem esquerda e à margem direita do Rio. O bairro Nova Brasília, objeto desse estudo (Figura 1), com área de 4,59 Km² está situado no 2^o Distrito.

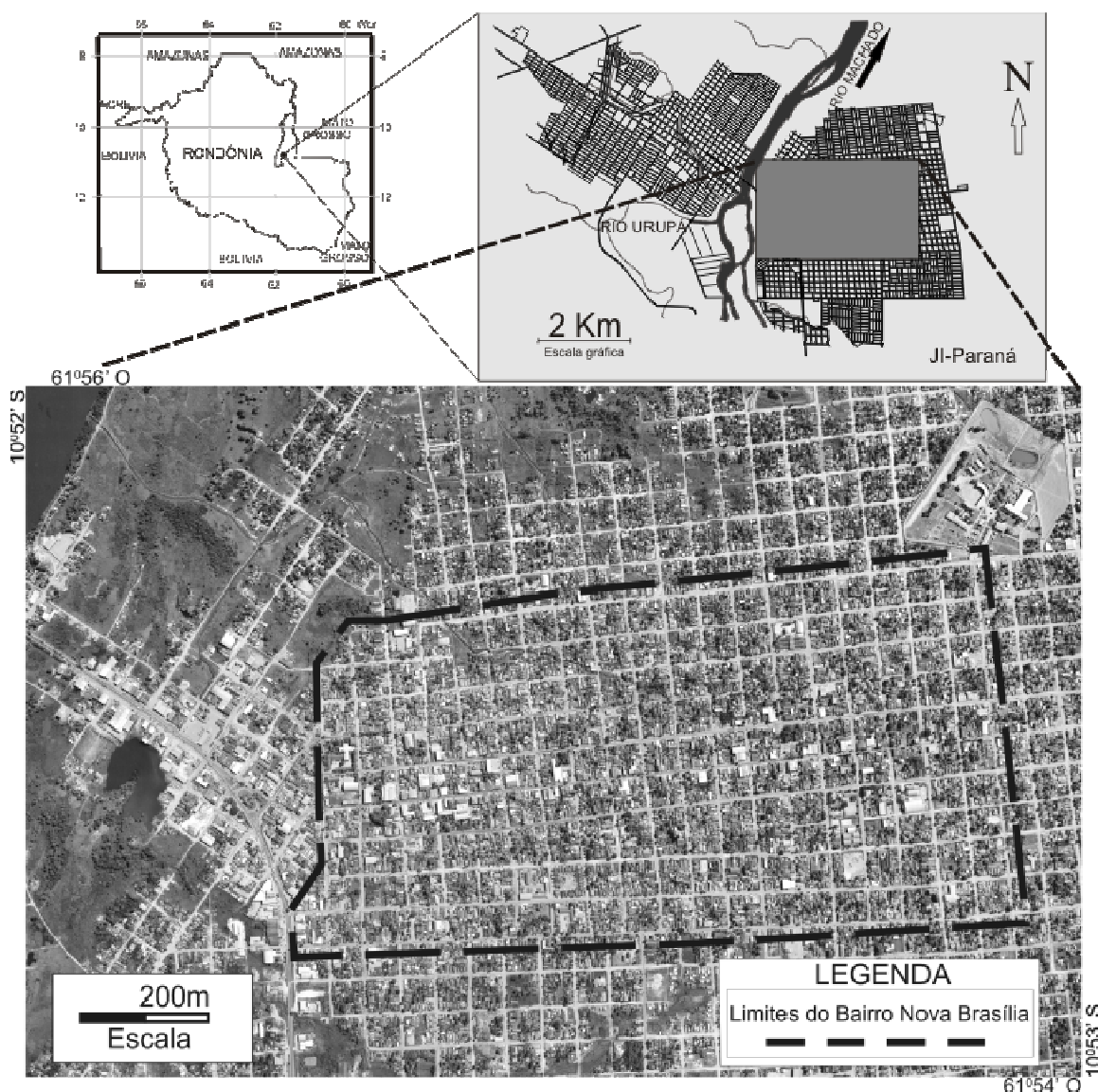


Figura 1 - Mapa de localização da área estudada.
Fonte: Modificado de Asinelli Filho (2001)

A região de Ji-Paraná é representada estratigraficamente pelo embasamento cristalino Pré-Cambriano, denominado de Complexo Jamari que

compreende unidades litológicas e sistemas estruturais envolvidos em longa geodinâmica, com registros nos primórdios do Paleoproterozóico (1,8 a 1,6 bilhões de

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.11, n. 2, p. 101-112, jul./dez. 2009

anos), culminando, segundo Bacci (2005) com a deposição das chamadas coberturas Cenozóicas num período mais recente (2 milhões de anos até o recente).

O Complexo Jamari é representado por ortognaisses de composição predominantemente granítica a granodiorítica, gnaisses paraderivados, metagabros e metaultramáficas, metamorfisadas em grau médio a alto (SCANDOLARA, 1999).

Segundo Fernandes e Guimarães (2002), a média de temperatura anual no Município de Ji-Paraná é de 26°C, a umidade relativa média do ar em torno de 85 % e

precipitação de chuvas na sede do município em torno de 1700 a 1800 mm/ano. O regime pluviométrico regional é caracterizado por um período de seca, com baixa incidência de chuvas, do final de maio a setembro e uma estação chuvosa que se estende de outubro a abril, quando ocorrem as recargas dos aquíferos.

Os pontos escolhidos para amostragem de água para as análises físico-químicas seguiram o método estatístico de “amostragem sistemática” (LANDIM, 1998), procurando formar uma malha que melhor representasse o aquífero (Figura 2).

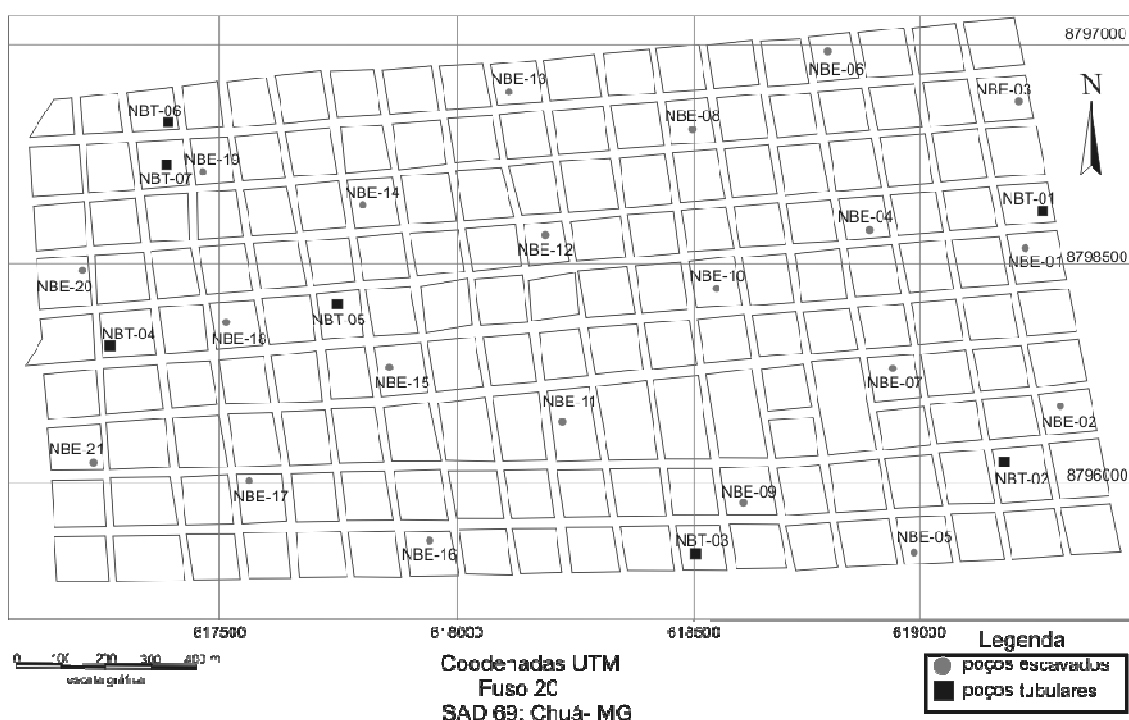


Figura 2 - Mapa de localização dos pontos amostrados para análises físico-químicas.

Foram cadastrados vinte e um poços amazonas (designados pelo código NBE) e sete poços tubulares (NBT). Após o cadastramento dos mesmos, procedeu-se às amostragens para a realização das análises físico-químicas e a determinação de parâmetros “in situ”, como pH e condutividade.

No total foram coletadas e analisadas 93 amostras de água, tomadas em épocas distintas, correspondendo ao período de menor nível freático, nos meses de outubro e novembro, e ao de maior nível, março e maio, distribuídas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1- Período de coleta e número de amostras para análise físico-químicas realizadas.

POÇOS	Mês/ano da coleta e nº de amostras				Total de amostras
	03/2000	10/2000	11/2005	05/2006	
NBE	21	21	15	13	70
NBT	06	06	04	05	21

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.11, n. 2, p. 101-112, jul./dez. 2009

A Tabela 2 mostra, para efeito de análise dos resultados físico-químicos e sanitários, a profundidade (Prof.), a distância

(Dist) da fossa mais próxima de cada ponto amostrado e a presença (P) ou ausência (A) de laje de proteção sanitária (LP).

Tabela 2 - Poços amostrados e características.

Poços NBE	Prof. (m)	Dist. fossa (m)	LP*	Poços NBE	Prof. (m)	Dist. fossa (m)	LP*
01	18,35	6	P	16	10,50	20	P
02	22,50	20	A	17	4,80	20	A
03	13,63	21	A	18	4,80	4	A
04	11,50	11	P	19	4,50	16	P
05	16,80	19	A	20	9,50	30	A
06	9,40	30	A	21	4,30	12	P
07	13,50	20	P	NBT			
08	7,00	15	A	01	35,00	19	A
09	13,50	15	A	02	39,00	3	A
10	7,00	5	A	03	30,00	30	A
11	9,00	25	A	04	36,00	5	P
12	9,00	15	P	05	18,00	10	A
13	5,00	10	A	06	73,00	20	P
14	5,00	35	P	07	17,00	ND	A
15	8,00	15	A				

* P = Presente, A = Ausente

A coleta das amostras de água obedeceu à metodologia descrita no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1988), realizada na saída da bomba do poço. Como os poços estão em constante uso, as coletas foram efetuadas após quinze minutos de bombeamento, dispensando um tempo maior (purga).

Para conservação da amostra, adicionou-se 20 mg de Thymol (fenol, 2-isopropil-5-metil) para cada 100 mL de volume do frasco, para suprimir a atividade microbiana, face a existência de coliformes fecais e totais encontrados em pesquisa realizada por Silva (2001). Posteriormente estas amostras foram refrigeradas a 4 °C até serem analisadas.

As amostras coletadas em 2000 foram analisadas pelo Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), em Piracicaba, SP. As amostras coletadas em novembro de 2005 e em maio de 2006 foram analisadas pelo Laboratório de Hidrogeoquímica (LAPH), do Campus da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) em Ji-Paraná.

Na análise das concentrações iônicas em laboratório foi utilizada a técnica de cromatografia líquida, com supressão de íons, onde a detecção é feita por condutividade elétrica. Em ambos os

laboratórios o equipamento utilizado é um DIONEX DX 500 acoplado a um computador.

Antes de serem analisadas, todas as amostras foram filtradas através de filtros de membrana 0,45 mm (Millipore HAWP) e os íons analisados foram, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ e SO₄²⁻.

Para determinação em campo da condutividade foi utilizado o condutivímetro COLE-PARMER modelo 01481-61 e para a medida de pH, o medidor portátil THERMO ORION modelo 290, todos com compensação automática de temperatura.

Finalmente, para a caracterização do aquífero, a concentração de cada íon foi confrontada com os VMP estabelecidos pela Portaria 518 do Ministério da Saúde (MS, 2005) e pela Resolução 396 do CONAMA (CONAMA, 2008).

3 Resultados e discussões

Todos os íons analisados nas amostras coletadas em 2000 apresentaram concentrações abaixo do VMP (45 mg/L) estabelecido pela portaria do MS e Resolução do CONAMA, exceto o nitrato, que em alguns poços foi superior.

Havia uma expectativa da elevação das concentrações de NO₃⁻ nas amostras coletadas em 2005 e 2006 em relação aos resultados obtidos em 2000, uma vez que o processo de deposição de dejetos

domésticos, através do sistema de fossas implantados na região, ainda persiste. Entretanto, essa hipótese não foi confirmada após a comparação entre os resultados analíticos obtidos nessas diferentes épocas. Houve inclusive, em alguns poços, a redução das concentrações de nitratos (Figura 3 e Figura 4). Isto se deve a diversos fenômenos bio-físico-químicos, desnitrificação, de

transporte e velocidade de fluxo, entre outros que ocorrem no solo e na água infiltrada (variação sazonal do nível d'água, por exemplo), podendo tanto aumentar quanto diminuir a concentração de um determinado íon no aquífero, conforme observaram também Scanlon, Reedy e Kier (2003), Kellman e Hillaire-Marcel (2003) e Anning, et al. (2009).

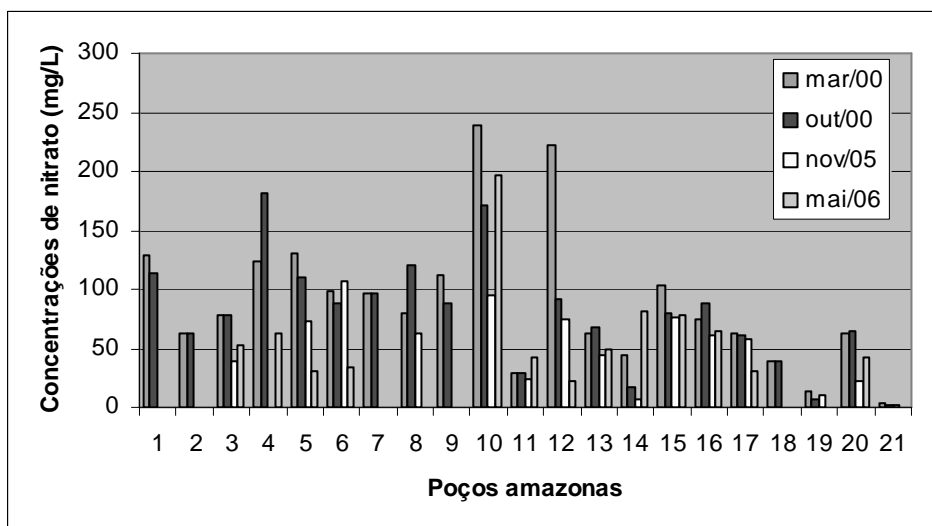


Figura 3 - Concentrações de nitrato nos poços amazonas do Bairro Nova Brasília.

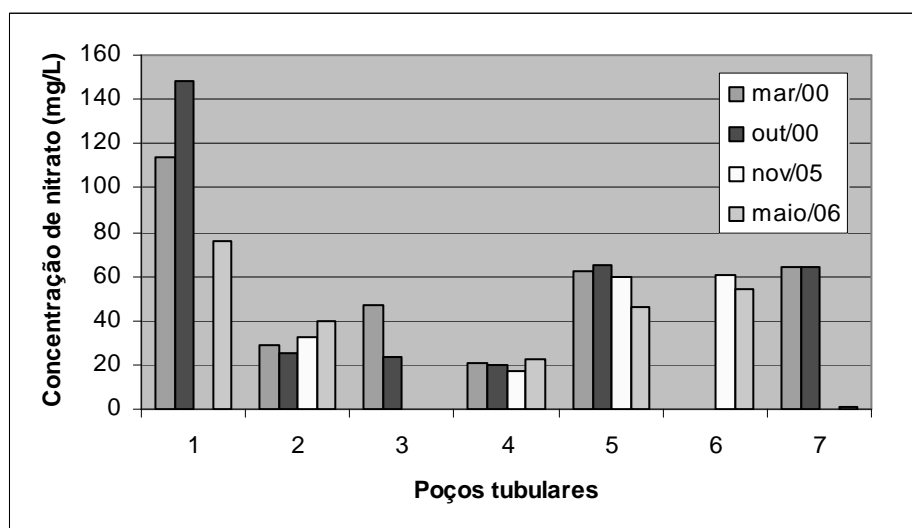


Figura 4 - Concentrações de nitrato nos poços tubulares do Bairro Nova Brasília.

Observa-se que das 69 amostras de água dos poços amazonas analisados, 54 (aproximadamente 78,2%) apresentaram concentração de nitrato acima do VMP estabelecido pela portaria do MS e da resolução CONAMA. Dos sete poços tubulares estudados, cinco apresentaram

pelo menos uma amostra acima do VMP e do total de 21 amostras analisadas 57,1% apresentaram concentrações superiores a 45 mg/L de nitratos.

Elevadas concentrações de amônio (NH_4^+) foram observadas nos poços NBE-10, NBE-14 e NBE-17. As causas destes altos

valores são a pouca distância entre os poços e os sistemas sépticos, problemas higiênicos-sanitários, como a inexistência de laje de proteção sanitária e a presença de galinheiros ou canil nas proximidades de alguns poços. O ambiente redutor, gerado pela decomposição da matéria orgânica, manteve nestes pontos, a alta concentração de amônio, como também indicou estudo de Varnier e Hirata (2002).

O poço NBE-10 apresentou 5,25 mg/L de NH_4^+ em novembro de 2005 e Eh 114 mV (medido em 2000) com nítida influência de uma fossa instalada a aproximadamente 5 m de distância. Uma

fossa mais distante (8 m), considerada um foco secundário, possivelmente contribuiu para a alta concentração de nitrato do poço NBE-10, que variou entre 94 e 239 mg/L nos período de amostragens.

A Figura 5 e a Figura 6 apresentam medidas do pH efetuadas em novembro de 2005 e maio de 2006, respectivamente, início e final da época chuvosa na região, onde se observa que existem variações significativas nestes valores. Isso se deve a influência das reações bio-físico-químicas que ocorrem no aquífero, principalmente a nitrificação, entre outros fatores.

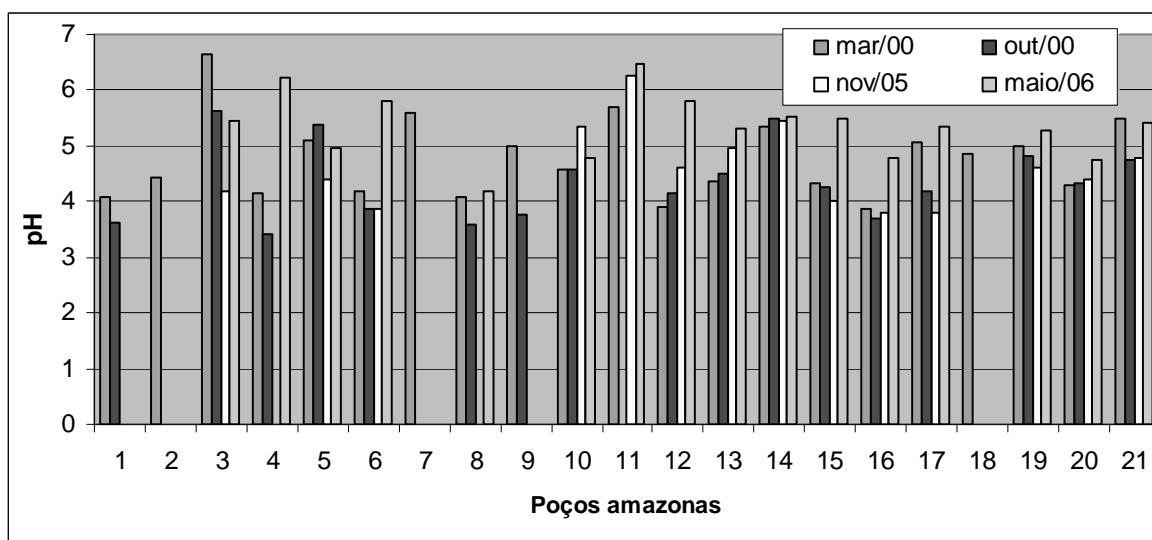


Figura 5 - Variações de pH em poços amazonas amostradas no Bairro Nova Brasília.

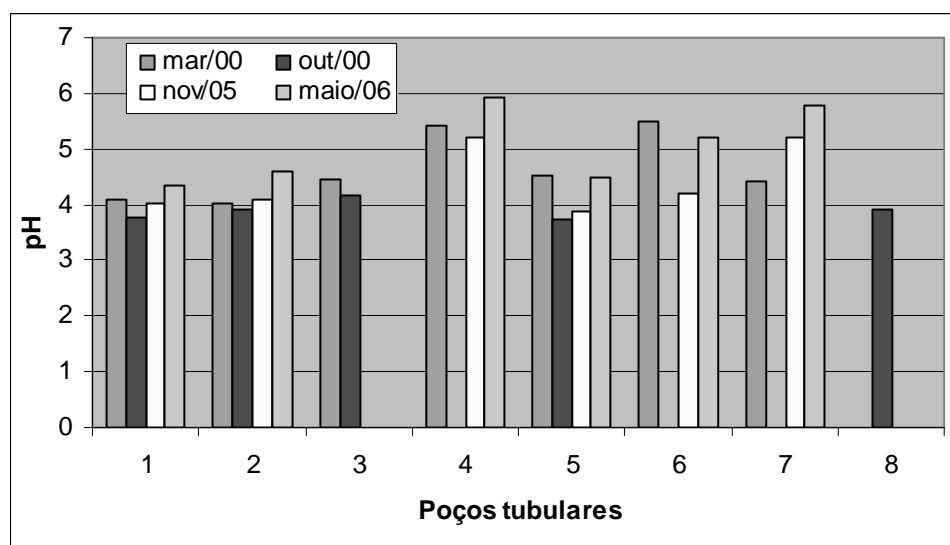


Figura 6 - Variações de pH em poços tubulares amostrados no Bairro Nova Brasília.

O pH medido nos poços em 2005 e 2006 (média de 4,30) não apresentou grandes variações em relação às medições verificadas no mesmo período do ano de 2000 (média de 4,74). As amostras revelam águas ácidas, sendo que as medidas de pH superiores a 6,0 podem ser devido às condições higiênicas dos poços, que permitem a entrada direta de água contendo sabão, que eleva a alcalinidade da água.

As variações do pH a cada medida realizada se deve, sobretudo ao caráter dinâmico do aquífero livre localizado numa região de alta precipitação pluviométrica e a sua pouca profundidade.

Os valores de pH das águas analisadas estão muito abaixo do recomendado pela legislação vigente, que estabelece para águas potáveis, pH entre 6,0 e 9,5.

Poços pesquisados por Campos e Drews (1999) em Nova Califórnia, distrito de

Porto velho (RO), tiveram pH entre 3,02 e 6,24 com média de 4,7. No Distrito de Extrema, também Município de Porto Velho-RO, os mesmos autores encontraram pH médio de 4,7. Águas minerais em Rondônia também são ácidas: Lind'água pH 4,61 e Cristal da Amazônia 3,78 (informações dos rótulos). Segundo Farias et al. (2003) e Marques et al. (2006), em regiões de clima tropical, onde a degradação biológica é mais acentuada que nos climas temperados, a evolução da degradação da matéria orgânica na fase anaeróbica, favorece a produção de ácidos orgânicos e conseqüentemente pHs mais ácidos.

Os valores médios do Eh medidos em 2000 foram utilizados no Diagrama de Krauskopf (1972), para juntamente com o pH médio obtido no mesmo ano, fazer a caracterização do ambiente, que se revelou, no geral, como ambiente medianamente redutor-ácido, conforme se vê na Figura 7.

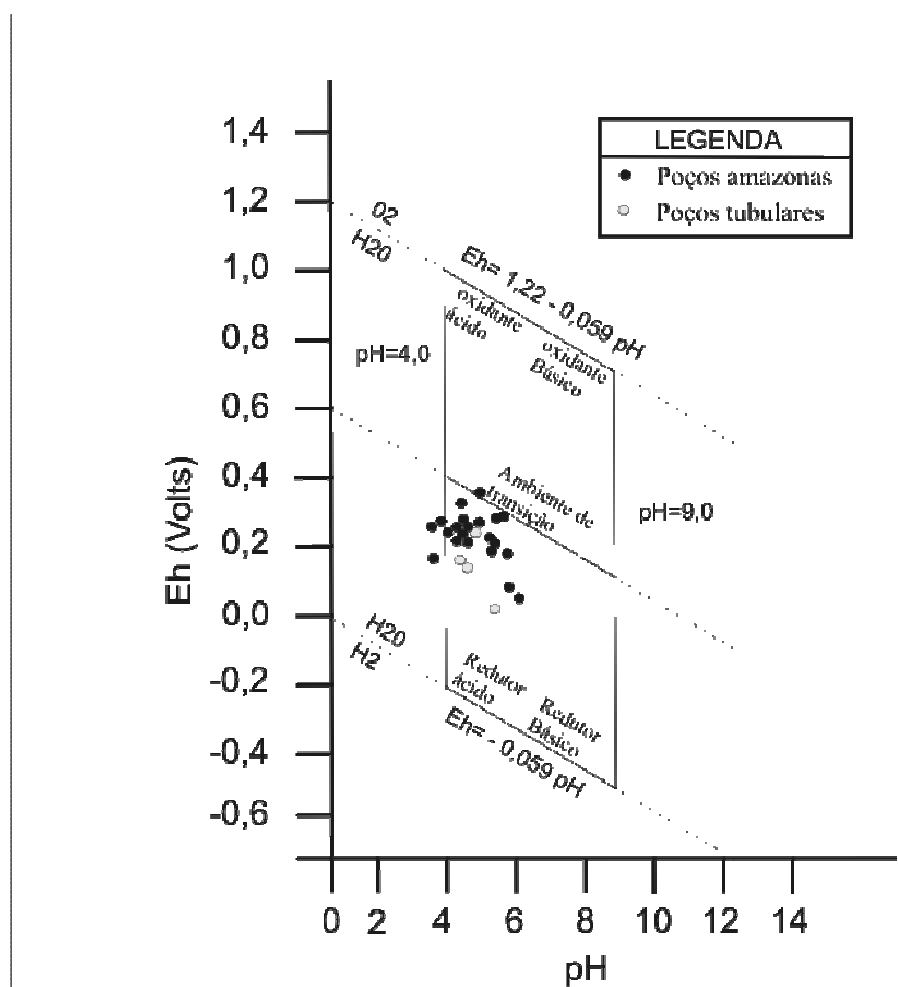


Figura 7- Diagrama Eh-pH de Krauskopf para o aquífero estudado.

Uma boa correlação foi obtida entre condutividade e concentrações de nitrato e,

principalmente, com o cloreto nos poços analisados (Figura 8 e Figura 9).

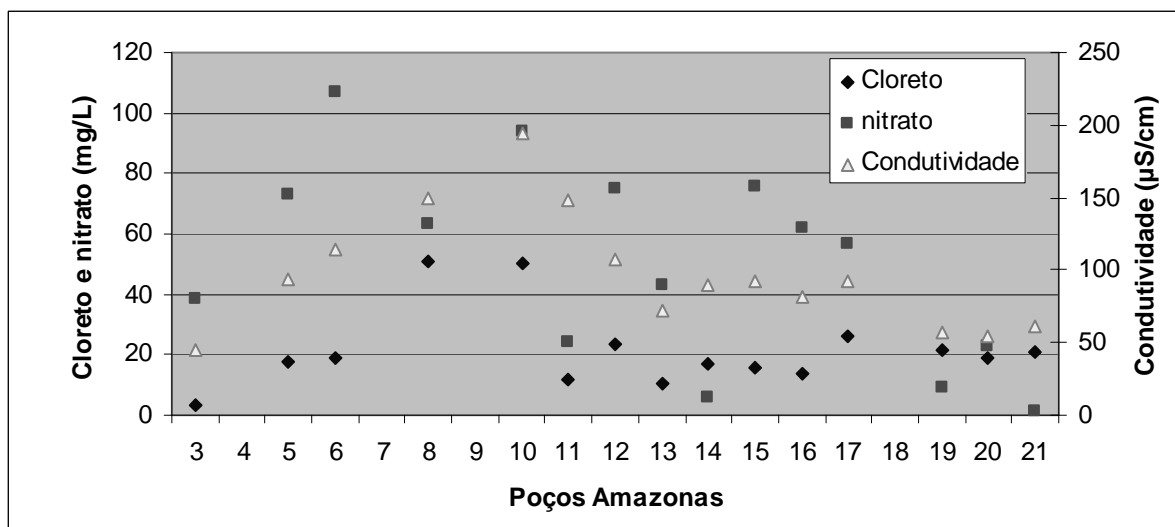


Figura 8 – Gráfico comparativo entre as concentrações de nitrato (mg/L), cloreto (mg/L) e a condutividade (μ S/cm) nos poços amazonas em novembro de 2005.

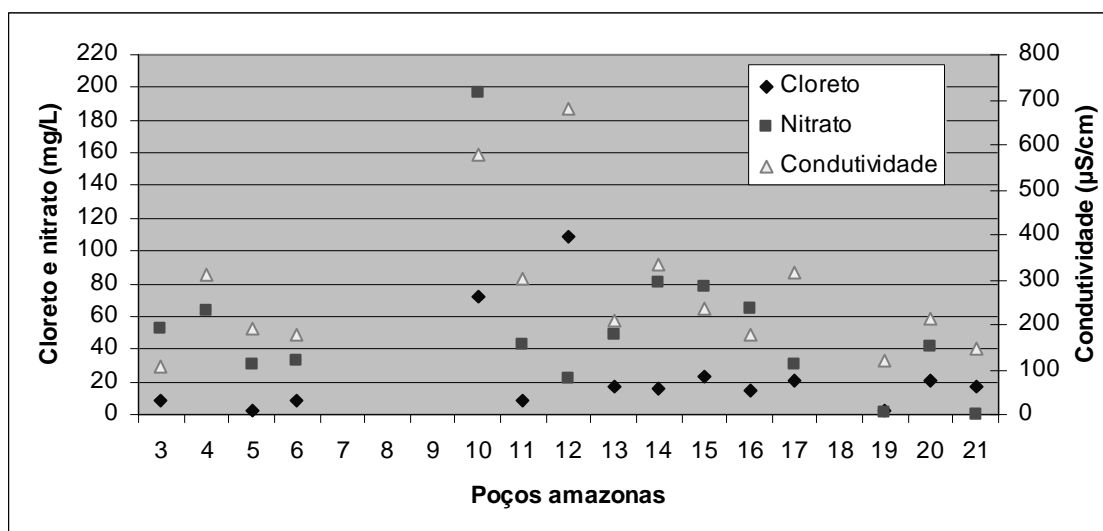


Figura 9 - Gráfico comparativo entre as concentrações de nitrato (mg/L), cloreto (mg/L) e a condutividade (μ S/cm) nos poços amazonas em maio de 2006.

Sabe-se que a condutividade elétrica é influenciada pelo somatório de íons presentes em uma água, entretanto, nas figuras 8 e 9 é nítida a influência direta dos íons nitrato e cloreto na condutividade das águas analisadas. Nos poços onde as concentrações de nitrato e cloreto aumentam ou diminuem, os valores de condutividade variam em uma proporção muito parecida. Desta forma, a variação de condutividade no aquífero em questão, pode ser utilizada

como bom indicativo da concentração dos íons nitrato e cloreto.

4 Conclusões

O aquífero estudado constitui uma importante fonte de recursos hídricos e ao mesmo tempo, de grande vulnerabilidade ambiental, por se tratar de um sistema urbano raso, poroso e permeável. Além disso, tem como fator agravante, a baixa

profundidade dos níveis estáticos e a grande quantidade de fossas domésticas instaladas na região. Isso o torna susceptível à introdução de compostos nitrogenados (degradados da matéria orgânica depositada nas fossas), determinado pelas altas concentrações de NO_3^- detectada nos poços.

Não se observou nas análises químicas, um padrão de aumento nas concentrações de NO_3^- nas amostras de água coletadas nos anos de 2000, 2005 e 2006. Isso se deve à forte dinâmica de fluxo

provocada pela alta pluviosidade local, que funciona como um importante fator de dispersão hidrodinâmica de poluentes através do fluxo subterrâneo, promovendo a diluição das concentrações iônicas no aquífero.

Portanto, as elevadas concentrações de nitrato encontrado nas amostras, indicam que a utilização de águas subterrâneas da zona urbana merece a atenção das autoridades locais, principalmente pelos reflexos na saúde da população.

5 Impact of physico-chemical deposition of sewage in tanks on the water table aquifer in Ji-Paraná-RO.

Abstract: *The city of Ji-Parana, in the state of Rondônia, as occurs in many Brazilian cities, has no public system of collecting and treating sewage. Thus, waste water produced by the people is released on systems rustic, sewage. Moreover, many residents use groundwater extracted from shallow tube wells or amazonas. Because of the possibility of contamination of groundwater by elements from the sewage system, a study was conducted to evaluate the condition of drinking water from the aquifer of the Neighborhood Nova Brasília concerning the ions Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ , Ca^{2+} , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-} . Then, it was collected and analyzed by the method of liquid chromatography samples from twenty-seven Amazonas wells and seven tube wells located in the neighborhood, whose results were compared with standards set by the Ministério da Saúde (Decree 518 of 25/03/2004) and CONAMA (Resolution 396 of 03/04/2008), showing the nitrate (NO_3^-) as an element above standards. Approximately 77,1% of samples from amazonas wells and 54% of tube wells analyzed showed nitrate concentrations above 45 mg/L (maximum allowable established by Decree 518 and Resolution 396) indicating that these waters are unfit for human consumption.*

Key-words: Groundwater. Sewage. Contamination. Aquifer. Nitrate.

6 Referências

Anning, D. W., et al. **Southwest principal aquifers regional ground-water quality.** Assessment National Water-Quality Assessment Program. U.S. Geological Survey. Circular 3015. Março 2009. Disponível em:

<<http://cals.arizona.edu/azwater/awr/1494a357-7f00-0101-014c-28dbd297c9c2-2009-Summer-awr-insert.pdf>>. Acesso em: ago. 2009.

AIGUO, L.; JINGHUA, M; RAMBLE; O. A. Nitrate contamination in private wells in rural Alabama, United States. **Science of The Total Environment.** V.346, p. 112-120, June 2005.

ANDRADE, R; et al. Flow-injection spectrophotometric method for nitrate and nitrite determination through nitric oxid generation. **Food Chemistry**, Brasil, n. 80, p.593, 2003.

ASINELLI FILHO, R. (Executor). Ortofotocarta digital da cidade de Ji-Paraná. Cobertura aérea escala 1: 5.000. Ji-Paraná: Engefoto- Engenharia e aerolevantamentos S.A. 2001.

AUGE, M. Vulnerabilidade de aquíferos. **Revista Latino-Americana de Hidrogeologia**, n.4, p.86-103, 2004.

BACCI, D. C. **Esboço geológico da Gleba Machadinho D'Oeste, RO.** Comunicado técnico 17. ISSN 1415-2118. Campinas, SP: EMBRAPA, dez. 2005.

BRASIL. Ministério das Cidades. Programa de modernização do setor de saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: visão geral da prestação de serviços de água e esgotos- 2004.** Brasília: MCIDADES. SNA. 160p. 2005.

CAMPOS, J. C. V.; DREWS, M. G. P. Avaliação do potencial hidrogeológico da área urbana do Distrito de Nova Califórnia **Município de Porto Velho (RO).** CPRM: Serviço Geológico do Brasil, Porto Velho-RO, 19p. 1999.

CAMPOS, J. C. V.; DREWS, M. G. P. Avaliação do potencial hidrogeológico da área urbana do Distrito de Extrema **Município de Porto Velho (RO).** CPRM: Serviço Geológico do Brasil, Porto Velho-RO, 19 p. 1999.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.11, n. 2, p. 101-112, jul./dez. 2009

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas**- Norma CETESB. 23 p. 1989.

CONAMA. Resolução CONAMA n. 396, de 3 de abril de 2008. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: dez. 2008.

CORRÊA, R. S.; MELO FILHO, B.; BERNARDES, R. S. Deposição de esgoto doméstico para controle de poluição e revegetação induzida em área degradada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v. 4, n. 2, p. 252-256, 2000.

FARIAS, W. M. et al. A influência do oxi-hidróxido de Fe matricial no comportamento mecânico de solos tropicais em áreas de deposição de resíduos sólidos. **Espaço & geografia**. v. 6, n.2, p. 115-131, 2003.

FERNANDES, L. C.; GUIMARÃES, S. C. P. **Boletim climatológico de Rondônia**. Secretaria de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). Porto Velho: 36p., il., tab. 2002.

FERREIRA, E. S. Cinética química e fundamentos dos processos de nitrificação e desnitrificação biológica. In: **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Porto Alegre-RS. 2000. Disponível em: <<http://www.ingenieroambiental.com/info/nitri.pdf>>. Acesso em 2006.

FRANCA, R. M.; et al. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. **Eng. sanit. ambient**. V.11, n. 1 - jan/mar, p. 92-102, 2006.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, D. 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. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, V. 17, N. 3, P. 651-660, mai-jun, 2001.

KRAUSKOPF, K. B. **Introdução à geoquímica**. São Paulo: Polígono/EDUSP. 1972. 720p.

Kellman, L. M., Hillaire-Marcel, C. Evaluation of nitrogen isotopes as indicators of nitrate contamination sources in an agricultural watershed Agriculture. **Ecosystems and Environment**, v. 95, p. 87–102. 2003.

LAMOND, R. E.; POWELL, G. M.; DEVLIN, D. **Nitrate in groundwater**. Kansas State University. Kansas, April 1999.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP. 1998. 226p.

LEIFERT, C. et al. **Human health effects of nitrate**. In IFA AGRICULTURAL CONFERENCE ON MANAGING PLANT NUTRITION: TOWARDS MAXIMUM RESOURCE EFFICIENCY. [Anais...] Barcelona, 1999. [s.n.]. 1-12.

MARQUES, R. et al. Ensaios preliminares para o monitoramento da acidez de chuva em Cuiabá, MT. **Caminhos da Geografia**, v. 21, n. 17, p. 225-236, 2006.

MS- Ministério da Saúde. **Portaria 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde. 2005. 28p.

MUELLER, D. K.; HELSEL, D. R. **Nutrients in the nation's waters-too much of a good thing**. U.S. Geological Survey, Circular 1136, 1996.

NOLAN, B.; HITT, K.; RUDDYB. C. Probability of nitrate contamination of recently recharged groundwater's in the conterminous United States. **Environmental Science & Technology**, v. 36, n.10, p. 2138-2145, 2002.

SCANDOLARA, J. E. (coord.). **Mapa geológico do Estado de Rondônia**. Porto Velho: CPRM. 1999. Escala 1:1.000.000. 1 mapa color. Digitalizado.

OBAJA, D.; MACÉ, S.; COSTA, J.; SANS, C.; MATA-ALVAREZ, J. Nitrification, denitrification and biological phosphorus removal in piggery wastewater using a sequencing batch reactor. **Bioresource Technology, Amsterdam**, v. 87, p.103-111, 2003.

SCANLON, B. R., REEDY, R. C., AND KIER, K.S. **Evaluation of Nitrate Contamination in Major Porous Media Aquifers in Texas**: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Final report prepared for Texas Commission on Environmental Quality. 48 p. 2003. Disponível em: <http://www.beg.utexas.edu/staffinfo/pdf/scanlon_tceq_nitrate.pdf>. Acesso em: jun. 2006.

SILVA, C. S. 2001. 91f. **Potabilidade das águas subterrâneas de Ji-Paraná. Estudo de caso: Bairro Nova Brasília**. Dissertação (mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista- UNESP. Rio Claro, SP, 2001.

VARNIER; C.; HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no Parque Ecológico Tietê- São Paulo, Brasil. **Águas Subterrâneas**, n. 16, maio, 2002.

ZEMAN, C. L.; KROSS, B.; VLAD, M. A. A nested case-control study of methemoglobinemia risk factors in children of Transylvania. Romania. **Environmental Health Perspectives**, v. 110, n. 8, august, 2002.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP, pela realização das análises químicas e

empréstimos de equipamentos de campo, O primeiro autor agradece ainda o apoio financeiro da CAPES na forma de bolsa de estudos de doutorado PICDT.