

# CONCENTRAÇÕES DE NITRATO NAS ÁGUAS FREÁTICAS DA CIDADE DE ANASTÁCIO (MS) E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

Lucy Ribeiro Ayach [1]

André Luiz Pinto [2]

Nanci Cappi [3]

## RESUMO

Para a determinação das concentrações de nitrato nas águas freáticas da cidade de Anastácio-MS foram selecionados 15 poços, distribuídos em 4 setores da cidade: Vila Umbelina com 7 poços, Centro com 1, Vila Rodrigues com 2 e Vila Flor com 5. A análise temporal consistiu em agrupar e relacionar os dados provenientes de amostragens realizadas em 1997, 2000 e 2001 com os dados obtidos em 2003. Os resultados do ano de 1997 fizeram parte do estudo de Pinto (1998) e os dados compreendidos entre a primavera/00 a inverno/01 foram obtidos de Ayach (2002). Para o estudo em 2003, optou-se pela análise sazonal distribuída no verão, outono, inverno e primavera/03. As amostragens, preservação e análise de nitrato (método espectrofotométrico na região do UV) nos 3 estudos seguiram as orientações descritas em APHA (1995). Nos três períodos monitorados, as concentrações de nitrato nos setores Vila Umbelina, Vila Rodrigues e Vila Flor foram, em média, superiores ao valor máximo permitido (VMP) de  $10 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ . O setor Centro apresentou concentrações na faixa do VMP, sendo classificado de acordo com o Índice de Concentração de Nitrato em Águas Subterrâneas com os conceitos, em 1997 e 2003, como Ruim e, em 2000/2001, como Bom. Os demais setores apresentaram contaminações elevadas de nitrato em praticamente todas as amostragens, contribuindo para que as concentrações médias ficassem acima de  $15 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ , sendo classificadas como Péssimas, com exceção do setor Vila Flor em 2000/2001 cujo conceito foi o de Ruim.

**Palavras-chaves:** Nitrato. Saneamento Básico. Contaminação Freática. Qualidade Ambiental. Recursos Hídricos. Anastácio (MS).

## ABSTRACT

To nitrate concentrations determination at Anastácio city water tables, 15 wells distributed in 4 sectors of the city had been selected: 7 wells at Vila Umbelina sector, 1 well at Center sector, 2 at Vila Rodrigues and 5 at Vila Flor sector. The temporal analysis consisted of grouping and relating the data proceeding from samplings carried through in 1997, 2000 and 2001 against the data gotten in 2003. The 1997 results had been part of Pinto studies (1998) and the data between the spring/00 and the winter/01 had been gotten from Ayach (2002). For the 2003 studies the seasonal analysis was chosen distributed in the summer, autumn, winter and spring/03. The nitrate samplings, preservations and analysis (*spectrophotometric method in the UV region*) in the 3 studies had followed the orientations described at APHA

(AMERICAN..., 1995). At the three monitored periods the nitrate concentrations at Vila Umbelina, Vila Rodrigues and Vila Flor sections had been found on an average superior to the maximum value permitted (VMP) of 10 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. The Center sector presented concentrations in accordance with the VMP band, being classified according to the Index of Nitrate Concentration in Underground Waters in 1997 and 2003 with the concept Bad and in 2000/2001 Good. The others sectors had presented high nitrate contaminations in practically all the samplings, having contributed so that to the average concentrations were above of 15 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. They were classified as Awful, exception to Village Flower sector in 2000/2001 with the concept Bad.

**Key words:** Nitrate. Basic Sanitation. Water Table Contamination. Environmental Quality. Water Resource. Anastácio (MS).

## INTRODUÇÃO

O crescimento da população humana e da produção industrial, aliado à busca de maior conforto, tem gerado um aumento cada vez maior das cargas poluidoras. Os corpos d'água acabam, de uma ou outra forma, servindo como receptáculos temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade desses poluentes, principalmente a partir de fontes não-naturais e de atividades humanas.

As diferentes formas de impactos no meio natural vêm aumentando a preocupação com a qualidade do ambiente físico e com a própria qualidade de vida, o que tem impulsionado a utilização de diferentes métodos para analisar os efeitos das atividades humanas sobre os ecossistemas.

Nesse sentido, a ocupação das áreas urbanas de forma desordenada tem desencadeado inúmeros impactos, decorrentes das atividades humanas, ao ambiente biofísico tornando-se, muitas vezes, irreversíveis e, sobretudo, influenciando diretamente na saúde e na qualidade de vida da população.

Com o grande comprometimento da qualidade das águas superficiais, o uso das águas subterrâneas para abastecimento público tornou-se uma opção assustadoramente crescente. O fato torna-se preocupante, tendo em vista a falsa

premissa de que as águas subterrâneas, diferentemente das águas superficiais, estão protegidas de contaminação.

Do ponto de vista quantitativo, o ciclo hidrológico nos recicla a água, porém do ponto de vista qualitativo não se pode dizer o mesmo. De certa forma, a água também é renovável, visto que devolvemos ao solo água suja e retiramos dele água limpa. Quando lançamos esgotos em nossos rios ou depositamos resíduos sólidos inadequadamente, ou utilizamos pesticidas e fertilizantes nas lavouras, ou ainda, quando partículas em suspensão na atmosfera são carregadas ao solo pela ação de precipitações pluviométricas; estas ações sobre a qualidade da água caracterizam o que chamamos de contaminação das águas, muitas vezes associada ao termo poluição, tendo, porém significados diferentes na definição proposta Freeze e Cherry (1979), onde a contaminação seria toda a introdução sólida ou líquida efetivada em um ambiente hidrológico, como resultado da atividade humana, e a poluição estaria reservada a situações onde as concentrações de contaminantes atinjam níveis perigosos (BAGANHA, 1996).

Dada à complexidade dos processos ocorrentes em subsuperfície, é cada vez mais necessária a implementação de estudos sobre as diferentes formas de impactos na qualidade das águas subterrâneas. Para Hirata (1997) é certo que todos os aquíferos, de alguma forma, são vulneráveis se contaminados por substâncias altamente móveis e persistentes, como sais e nitratos, por exemplo.

A cidade de Anastácio, localizada no centro-sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, mesmo sendo abastecida pela rede de água captada e tratada do rio Taquaruçu, pela Empresa de Saneamento Básico do Mato Grosso do Sul (SANESUL) possui significativa utilização das águas subterrâneas pela população, através de poços domésticos rasos. Desde o ano de 1997, pesquisas sobre a qualidade das águas subterrâneas coletadas na área urbana de Anastácio vêm sendo realizadas, demonstrando resultados preocupantes, quanto à ocorrência de grandes concentrações do nitrato. Por ser um elemento químico extremamente prejudicial à saúde humana, em concentrações acima de  $10 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ , os dados obtidos desencadearam outras pesquisas relacionadas ao assunto, levando,

principalmente, à busca de informações sobre as diferentes fontes de poluição, marcadamente quanto à grande correlação com a precariedade das condições de saneamento básico na cidade, principalmente as domiciliares, evidenciando fortes ligações com a qualidade das águas freáticas.

Essa forte correlação com as condições de saneamento básico foi constatada por Pinto (1998) e Ayach (2002), em cujos dados levantados foram registradas elevadas concentrações de nitrato nas águas freáticas da cidade de Anastácio, sendo esses de origem orgânica, gerados pela grande ocorrência de fossas negras e/ou rudimentares na cidade e pela forma inadequada de disposição de resíduos sólidos. Os valores detectados chegaram a alcançar três vezes acima o valor mínimo permitido (VMP).

O consumo de água com altas concentrações de nitrato torna-se preocupante, uma vez que está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia, especialmente em crianças, e à formação potencial de nitrosaminas e nitrosaminas carcinogênicas (ALABURDA; NISHIHARA, 1998).

De acordo com Barcha (1997), os efluentes domésticos depositados na zona não saturada permitem sua transformação gradativa para amônia e daí, finalmente, para nitratos, como forma aniônica mais estável nesse ambiente aeróbio. Levantamentos das prováveis fontes de nitratos mostraram que apenas águas residuárias, oriundas da fuga da rede de esgotos sanitários, se relacionam ao contaminante. Em decorrência da maior concentração humana e em razão de um descompasso entre aumento de densidade populacional e a modernização da rede de esgotos, a sobrecarga determina fugas cada vez maiores de águas residuárias, ricas em matéria orgânica nitrogenada da rede de esgotos, permitindo a produção de nitratos na zona insaturada. Sendo solúveis e estáveis, esses nitratos misturam-se à água subterrânea bombeada pelos poços.

Segundo Branco (1992), o nitrogênio dos vegetais, animais e esgotos passa por uma série de transformações. Nos vegetais e animais, o nitrogênio se encontra na forma orgânica. Ao chegar à água, ele é rapidamente transformado em nitrogênio amoniacal, que é, posteriormente, transformado em nitritos (ou nitrogênio nitroso) os quais, finalmente, chegam a nitratos (nitrogênio nítrico). Essas duas últimas transformações só ocorrem em águas que contenham bastante oxigênio dissolvido. Assim, se for encontrado muito nitrogênio amoniacal na água, isso significa que existem matérias orgânicas ou esgoto, em decomposição, e que o ambiente é, provavelmente, pobre em oxigênio.

O processo de denitrificação, segundo Barcha (1997), no sentido amplo é a transformação dos nitratos em compostos, onde o nitrogênio tem um número de oxidação mais fraco. Ela se realiza sob a ação de bactérias denitrificantes em condições anaeróbias, onde os nitratos exercem a função do oxigênio na aerobiose.

Pinto (1999) afirma ainda que a denitrificação que ocorre no subsolo, não consegue, geralmente, remover todos os nitratos que entram no solo ou nele se formam; assim, todo o nitrogênio que não é assimilado pelas plantas chega à água subterrânea na forma de nitrato.

Ressalta-se, ainda, que as características hidrogeológicas e socioeconômicas de cada região, bem como o tipo de uso, ocupação e manejo do solo são fatores preponderantes para interpretações, sendo necessários levantamentos criteriosos para o entendimento dos processos ocorrentes em subsuperfície e, conseqüentemente, da qualidade das águas subterrâneas, uma vez que existe intrínseca inter-relação entre os elementos dos subsistemas natural, construído, social e produtivo. Tais fatores devem ser analisados e avaliados numa visão sistêmica de totalidade, não desprezando as unidades e sempre amarrando as complexas interações entre os elementos dos sistemas aquáticos, para a compreensão dos fatores ocorrentes e, através deles, ser capaz de apontar

alternativas de soluções viáveis, possibilitando equilíbrio em todos os aspectos dentro do contexto urbano.

Portanto, a partir dos resultados das análises de nitrato nas águas subterrâneas, realizadas nos anos de 1997, 2000, 2001 e 2003, aliados às informações de outras pesquisas referentes às condições de saneamento básico domiciliares, o presente artigo apresenta uma análise da evolução das concentrações de nitrato nas águas subterrâneas de quinze poços, localizados nos cinco setores da área urbana de Anastácio, possibilitando uma visão geral comparativa entre os índices obtidos, traduzidos em conceitos que variam entre ótimo, bom, ruim e péssimo, atribuídos aos setores da área urbana e para a cidade de forma geral.

A partir dessa análise, visualiza-se o papel fundamental do planejamento, gestão e educação ambiental urbana para o necessário redirecionamento do uso dos recursos naturais, bem como do uso e ocupação do solo e, essencialmente, a promoção da qualidade de vida da população.

## **LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

O Município de Anastácio localiza-se na porção centro-sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, na microrregião geográfica de Aquidauana (MRG 002), situado entre as latitudes 20° 23' 54" S e 21° 03' 59" S e as longitudes de 55° 24' 22" W e 56° 19' 57" W (Figura 01).

A extensão territorial do município é de 2.877 km<sup>2</sup> – com área urbana de 10,057 km<sup>2</sup>, que representam apenas 0,44% da área total – entre as coordenadas de 20° 29' 01" de latitude S e 55° 48' 25" de longitude W, a 143 quilômetros de distância da capital do Estado.

De acordo com o IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000), o município possui população total de 22.460 habitantes; destes, 17.261 residem na área urbana e 5.199, na área rural, com uma taxa de crescimento anual de 1,24. Na contagem do IBGE (INSTITUTO..., 2007), a população de Anastácio declinou para 22.382 habitantes. Sua economia principal é a pecuária, a agricultura de pequeno porte é desenvolvida nas Colônias e nos Assentamentos Rurais Monjolinho e São Manoel.

Quanto às características físicas, Anastácio encontra-se localizada num patamar de contato entre a *cuesta* Arenítica Basáltica da Borda Ocidental da Bacia do Paraná (Serra de Maracajú), intracratônicas do Cretáceo, a Leste; o embasamento cristalino do Paleozóico (Serra da Bodoquena, a oeste, e a bacia sedimentar do Terciário/Quaternário pericratônica (Planície do Pantanal), a Noroeste. A cidade assenta-se sobre um pacote de materiais inconsolidados, irregularmente distribuídos, provenientes, sobretudo, das Formações Aquidauana e Botucatu (PINTO, 1998).

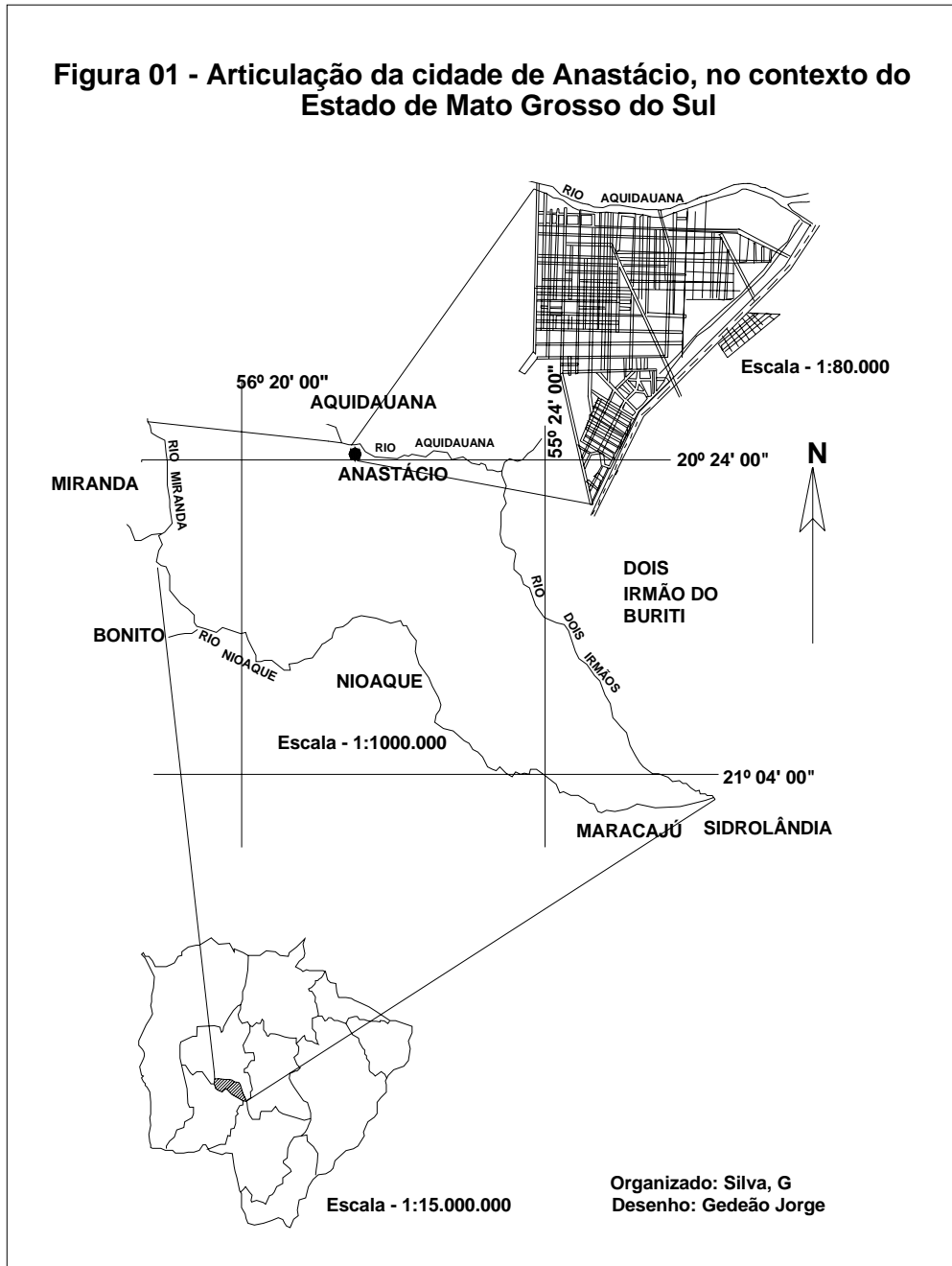
O município estende-se, altimetricamente, da linha do reverso de *cuesta* do Planalto de Maracajú – Campo Grande, a Leste, com altitudes variando de 400 a 300 m, passando, em sua porção central, pela Depressão do Rio Miranda, com altitudes oscilando entre 200 e 150 m, até a Planície de Inundação do Rio Miranda, com altitudes inferiores a 140 m, a Oeste. A área urbana de Anastácio localiza-se no primeiro patamar dessa depressão, em terrenos da Formação Aquidauana e, em sua grande maioria, em área com inclinação predominante de S para N. Altimetricamente, a cidade situa-se em sua porção mais elevada, na Depressão do Rio Miranda/Aquidauana, em torno dos 200 m ao longo do aterro da rodovia BR-262, no trecho que se estende entre os Trevos do Taquaruçu e de Nioaque/Corumbá, onde tal rodovia desempenha papel de divisor de águas da sub-bacia do Ribeirão Taquaruçu e de pequenos afluentes da margem esquerda do Rio Aquidauana.

Os pontos mais baixos da cidade encontram-se ao longo das margens do Rio Aquidauana, com cerca de 140 m de altitude, com um desnível, portanto, de 60 m em aproximadamente 2.300 m de vertente, resultando, em média, a cada 38,3 metros um desnível de 1 metro. As margens do rio Aquidauana são marcadas por barrancas íngremes, com declividade em geral superior a 50%, constituindo uma das mais frágeis e de alto risco de ocupação.

De forma geral, segundo Pinto (1998) essa topografia é seguida também pela topografia da subsuperfície, porém, com alguns embaciamentos, quebrando, em alguns momentos, os gradientes de declividade, provavelmente reflexo de tectonismos.



**Figura 01 - Articulação da cidade de Anastácio, no contexto do Estado de Mato Grosso do Sul**



Ayach (2002).

## **Uso e Ocupação da Área Urbana**

A demanda por uso do solo urbano muda freqüentemente, devido ao processo de ocupação, desencadeando contínuo processo de diferenciação social, claramente referenciado nas cidades. Portanto, a desigualdade espacial é fruto da desigualdade social e do desenvolvimento das forças produtivas, produzindo mudanças constantes no espaço urbano (CARLOS, 1994).

Na área urbana de Anastácio a ocupação está distribuída irregularmente, encontrando-se áreas bastante adensadas e outras com vazios urbanos. As subdivisões de alguns bairros da cidade não estão devidamente oficializadas, o que pode ocasionar diferenças no levantamento de dados para pesquisas. Portanto, optou-se por considerar, nas pesquisas já realizadas na cidade de Anastácio, os dados dos setores estabelecidos pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), os quais são atualizados mensalmente.

A subdivisão que iremos considerar apresenta cinco grandes setores: Centro; Vila Rodrigues; Vila Flor; Vila Umbelina e Jardim Independência, setores esses também subdivididos pela FUNASA, posteriormente. Porém, como as pesquisas iniciais se basearam na subdivisão em cinco setores, optou-se por continuar a agregar os dados nela levantados, para dar seqüência às análises. De acordo com Maciel (2006), o setor 01 - Centro – possui 1.390 domicílios, o que corresponde a 19% do total, com uma população estimada de 5.282 habitantes; o setor 02 - Vila Rodrigues – tem 1.205 domicílios que correspondem ao total de 16%, cuja população está estimada em 4.820; o setor 03 - Vila Flor com seus 2.508 domicílios que representam, no total, 33,5%, com uma população estimada de 8.276 pessoas; o setor 04 - Vila Umbelina, com 1.999 domicílios que equivalem a 26%, e população estimada de 7.596; no setor 05 - Jardim Independência – existem 420 domicílios que

representam 5,5%, do total, e cuja população está estimada em 1.428 pessoas, sendo este o único setor que se localiza após a BR 262 rodovia que atravessa a cidade, deixando-o isolado das demais áreas.

Conforme as cidades vão crescendo, centros secundários de serviços vão surgindo, formando novos focos de valorização do espaço urbano, pois cada bairro tem sua fisionomia individual, seus símbolos e sua organização política. A grande problemática é que, na maioria das cidades, a infra-estrutura não acompanha o avanço da ocupação, ocasionando sérios comprometimentos, tanto à população quanto ao próprio planejamento urbano.

Vetter e Simões (1981) conseguiram mostrar, com muita propriedade, a forte implicação do acesso à infra-estrutura de saneamento básico e a mortalidade em regiões metropolitanas brasileiras em 1970, em especial, cujo grande impacto negativo sobre a esperança de vida está associado a níveis baixos e à falta de sistemas adequados de abastecimento de água e esgoto.

Ressalta-se, ainda, que as condições domiciliares de saneamento básico da cidade de Anastácio são bastante preocupantes. De 1996 para 2006, a adequação da infra-estrutura domiciliar de esgotamento sanitário melhorou muito pouco, sendo avaliado em apenas 17,2%. Ribeiro (1997) enfatizava que, em 1996, somente 13% dos domicílios da cidade de Anastácio eram ligados à rede geral coletora ou a fossas sépticas. Passados 10 anos, segundo Duarte (2006), esse número subiu para 30,2%, graças ao aumento da rede coletora de esgoto que, em 1996, ligava apenas 3% dos domicílios, passando para 11,5% e, também, graças à tímida campanha sanitária efetuada pela SANESUL.

Apesar da ampliação da rede de abastecimento de água tratada pela SANESUL que, em 2006, possuía adutoras cortando 99,2% da área urbana e taxa de ligação de 94%, devido à falta de canalização interna nos domicílios, o índice de adequação

dessa infra-estrutura domiciliar aumentou pouco. Ribeiro (1997) registrou que, em 1996, apenas 56,40% dos domicílios eram adequadamente abastecidos por água, ou seja, ligados à rede geral de água tratada e possuíam ligação interna na cozinha e no banheiro. Em 2006, Duarte (2006), verificou que esse número subira para 67,6%, demonstrando que ficara entendido que a falta de canalização adequada e de armazenamento domiciliar comprometiam a qualidade da água e sua adequação e, conseqüentemente, a saúde da população que as consome.

Com relação às formas de disposição dos resíduos sólidos domiciliares, nota-se, também, pequeno crescimento na adequação. Em 1996, apenas 54,4% dos domiciliados dispunham de forma adequada seu “lixo”, ou seja, destinavam-no à coleta; já em 2006, esses números se elevaram para 68,8%, equivalendo, porém, a um acréscimo de apenas 14,4%, em 10 anos.

Acrescentam-se à caracterização da cidade de Anastácio os elevados índices de concentração de nitrato nas águas freáticas, com valores acima do máximo permitido de 10 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>.

## **MÉTODOS, TÉCNICAS E MATERIAIS**

A análise temporal e sazonal das águas de poços localizados na cidade de Anastácio consistiu em agrupar e relacionar os dados provenientes de amostragens realizadas em 1997, 2000 a 2001 com os dados obtidos em 2003. As amostras foram coletadas em 15 poços distribuídos em 4 setores da cidade de Anastácio: Vila Umbelina com 7 poços, Centro com 1, Vila Rodrigues com 2 e Vila Flor com 5. Quanto aos critérios de seleção dos poços freáticos analisados, foram, primeiramente, identificados os poços nos cinco setores existentes na cidade. Deve-se ressaltar que, para a realização das análises das águas subterrâneas, foram selecionados apenas poços que se encontravam em uso pelo morador do domicílio. O setor Jardim Independência não possuía nenhum poço em utilização e os setores

com maior prevalência de interrupção no abastecimento da rede ou não atingidos totalmente pela rede, conseqüentemente, tinham mais poços em utilização, fator que ocasionou maior número de poços amostrados nos setores Vila Umbelina e Vila Flor.

Os dados do ano de 1997 fizeram parte do estudo de Pinto (1998), resultante de apenas uma amostragem. Os resultados de 2000/2002 foram obtidos por Ayach (2002) na primavera/00, verão/01, outono/01 e inverno/01 e de 2003, no período compreendido entre o verão e a primavera/03.

As amostragens, preservação e análise nos 03 estudos foram as mesmas e seguiram as orientações descritas em APHA (AMERICAN..., 1995). O método de coleta consistiu na captação das águas dos poços (freáticos e tubulares) através de amostrador adaptado em frasco de polietileno de 250 ml, esterilizado, evitando, ao máximo, turbulências e bolhas e nos poços tubulares captando-a diretamente na torneira antes do reservatório, seguindo os mesmos procedimentos.

Após as coletas, as amostras foram armazenadas a 4°C por um período de no máximo 24 horas, para a determinação da concentração de nitrato, através do método espectrofotométrico na região do UV (AMERICAN..., 1995). Visando quantificar e qualificar as concentrações de nitrato encontradas nas águas subterrâneas de Anastácio, utilizou-se o Índice de Concentração de Nitrato em Águas Subterrâneas, desenvolvido por PINTO (1998) (Tabela 1). O índice atribui conceito Ótimo para as águas com concentrações de zero a 5,0 de nitrato expresso como nitrogênio (N-NO<sub>3</sub>), Bom de 5,0 a 10,0 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, Ruim de 10,0 a 15 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> e Péssimo para as águas superiores a 15,0 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>.

Tabela 1 – Índice de concentração de nitrato em águas subterrâneas

Índice	Conceito	Concentração de Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )
1	Ótimo	0,0 a 5,0

2	Bom	5,0 a 10,0
3	Ruim	10,0 a 15,00
4	Péssimo	+ de 15,0

Fonte: Ayach (2002)

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As concentrações de nitrato nas águas dos poços localizados nos 4 setores da cidade de Anastácio, indicados na Tabela 2, mostram que os poços P1 no inverno/01, P5 no verão/01, P12 na primavera/00 e P13 no verão/01 apresentaram excesso de matéria orgânica na água, impedindo, dessa forma, a determinação da concentração de nitrato pela metodologia adotada.

De acordo com a análise por setores da cidade (Tabela 2), na Vila Umbelina os poços que apresentaram as concentrações mais elevadas de nitrato superior ao VMP de  $10 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$  (BRASIL, 2004), são P2 com concentrações entre 13,1 e  $17,9 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$  no primeiro período (primavera/00 a inverno/01); o P4 entre 39,5 a  $46,9 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ ; o P6 com concentração inferior ao VMP na primavera/00 e superior nas demais estações entre 18,2 e  $20,8 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$  e o P7 com concentrações elevadas entre 37,1 e  $45,8 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ . Os demais poços apresentaram concentrações inferiores ao VMP.

No segundo período (verão/03 a primavera/03), também apresentaram concentrações acima do VPM, sendo o P2 entre 18,3 e  $28,5 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ ; P4 entre 36,5 e  $93,1 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ ; P6 entre 11,6 e  $22,0 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ , e o P7 na faixa de 39,2 a  $47,5 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ .

**Tabela 2 – Concentrações de Nitrato encontrados nas Águas Subterrâneas da Cidade de Anastácio, primavera/00 a inverno/01 e verão/2003 a primavera 2003**

Setores Cidade	Poços	Concentração de nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )									
		P/00	V/01*	O/01**	I/01**	Média	V/03	O/03	I/03	P/03	Média
Vila Umbelina	P1	4,2	3,5	5,6	— *	<b>4,4</b>	5,1	10,5	8,8	8	<b>8,1</b>
	P2	14,7	17,9	13,1	15,8	<b>15,4</b>	18,3	28,5	21,3	22,7	<b>22,7</b>
	P3	11,2	11,8	9,3	3,3	<b>8,9</b>	1,1	10,4	9,2	5,6	<b>6,6</b>
	P4	39,5	46,9	43,8	41,7	<b>43,0</b>	36,5	93,1	85,3	80	<b>73,7</b>
	P5	8,8	— *	1,5	2,3	<b>4,2</b>	7,9	24,9	1,7	15,9	<b>12,6</b>
	P6	7,8	20,8	18,2	19,8	<b>16,7</b>	22	14,5	19,1	11,6	<b>16,8</b>
	P7	45,8	42,2	37,1	38,3	<b>40,9</b>	47,1	47,5	44,3	39,2	<b>44,5</b>
Centro	P8	9,7	9,1	10,7	10,4	<b>10,0</b>	10,5	13	12,8	10,5	<b>11,7</b>
Vila Rodrigues	P9	40,4	43,3	31,9	33,2	<b>37,2</b>	42,8	45,7	40,3	35,1	<b>41,0</b>
	P10	3,9	22,7	15,1	14,8	<b>14,1</b>	18,9	25,1	33,9	36	<b>28,5</b>
Vila Flor	P11	6,6	17,7	16,9	16,8	<b>14,5</b>	20,5	14,3	20,8	8,5	<b>16,0</b>
	P12	— *	8,8	8,4	7,3	<b>8,2</b>	13,7	12,4	13,9	11,1	<b>12,8</b>
	P13	0,4	— *	24,4	26,7	<b>17,2</b>	26,9	30,9	27,4	19,7	<b>26,2</b>
	P14	2,7	1,9	3,4	3,9	<b>3,0</b>	8,4	5	5,6	4,4	<b>5,9</b>
	P15	4,6	6,8	5,2	— *	<b>5,5</b>	9	7,2	7,5	8,1	<b>8,0</b>

\*água com alta concentração de matéria orgânica

\*\*Ayach, I.R. (2002)

P: primavera; V: Verão; O: Outono; I: Inverno

Observou-se que todos os poços do setor Vila Umbelina, mesmo os que apresentaram concentrações inferiores ao VMP, que são os poços P1, P3 e P5, aumentaram suas concentrações de nitrato, quando comparado às médias do primeiro período em relação ao segundo, com exceção do P3 que a reduziu de 8,9 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> no primeiro período para 6,6 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> no segundo. Ao contrário, o

P4 apresentou um acréscimo de 30,7 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> do primeiro período para o segundo, ou seja, passou de 43 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> para 73,7 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. Logo, dos 7 poços analisados nesse setor, todos apresentaram concentrações elevadas de nitrato, em pelo menos uma amostra, colocando em risco a saúde das pessoas que consomem essas águas, principalmente as crianças que são mais suscetíveis que os adultos à formação de metemoglobinemia pelas altas concentrações de nitrato (FERNÍCOLA; AZEVEDO, 1981)

O setor Centro, com apenas um poço amostrado (P8), registrou valores superiores ao VMP, nas estações do outono/01 e inverno/01, e inferiores nas demais estações desse período; no segundo período, em todas as estações, as concentrações foram superiores, contribuindo para um pequeno acréscimo na média do segundo período, passando de 10 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> para 11,7 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>.

Os dois poços do setor Vila Rodrigues (P9 e P10) apresentaram concentrações elevadas, com exceção do poço P10, na primavera/00 com 3,9 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. Em média, as concentrações no P9 foram elevadas, 37,2 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> no primeiro período, aumentado para 41,0 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> no segundo; no P10, as concentrações foram inferiores ao P9, mas superiores ao VMP, com 14,1 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> no primeiro período e 28,5 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> no segundo.

Na Vila Flor, dos cinco poços analisados, dois apresentaram concentrações acima do VMP, mas inferiores às concentrações dos setores anteriores, com média de 14,5 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> para o poço P11 no primeiro período e elevando-se para 16,0 mg N-NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> no segundo; para o poço P13, no primeiro período com 17,2 mg N-



$\text{NO}_3 \text{ L}^{-1}$  , no segundo 26,2 mg N- $\text{NO}_3 \text{ L}^{-1}$ . Vê-se, a exemplo dos setores anteriores, que todos os poços aumentaram, em média, as concentrações no segundo período.

Ao aplicar o conceito de Índice de Concentração de Nitrato em Águas Subterrâneas (Tabela 1) nas concentrações médias de nitrato por poço (Tabela 2), observou-se que os poços P1 e P5 do setor Vila Umbelina, obtiveram conceito Ótimo, com concentrações médias inferiores a 5 mg N- $\text{NO}_3 \text{ L}^{-1}$  no primeiro período; no segundo conceito Bom para o P1 e Ruim para o P5. Na seqüência, o poço P3 enquadrado com o conceito de qualidade Bom, que permite concentrações entre 5 a 10 mg N- $\text{NO}_3 \text{ L}^{-1}$  nos dois primeiros períodos. No entanto, os poços P2, P4, P6 e P7 apresentaram maior comprometimento da qualidade de suas águas, recebendo o conceito Péssimo, nos dois períodos analisados, com concentrações superiores a 15 mg N- $\text{NO}_3 \text{ L}^{-1}$ .

No setor Centro, o P8 também recebeu o conceito Ruim, nos dois períodos analisados. Já os poços do setor Vila Rodrigues, P9 e P10, tiveram suas águas classificadas com o conceito Péssimo, com concentrações acima de 15 mg N- $\text{NO}_3 \text{ L}^{-1}$ , nos dois períodos analisados. Dos cinco poços do setor Vila Flor dois, o P11 e o P13, apresentaram concentrações médias elevadas, tendo sido o P11 classificado com o conceito Ruim, no primeiro período, e de Péssimo no segundo, enquanto o P13 foi avaliado como Péssimo, nos dois períodos analisados. O P12 teve Bom no primeiro período e Ruim no segundo. O P15 recebeu Bom nos dois períodos e o P14 Ótimo no primeiro e Bom no segundo.

Essas concentrações elevadas de nitrato em, praticamente, todos os poços, mesmo naqueles com valores inferiores ao VMP, podem representar, potencialmente, um grande risco para a população que consome tais águas, seja para consumo humano, dessedentação animal ou para irrigação de hortas domésticas. Segundo Foster e Hirata (1993), águas que apresentam concentrações inferiores ao VMP também merecem atenção, pois, concentrações superiores a 3 mg N- $\text{NO}_3 \text{ L}^{-1}$  são indicativas de contaminação, devido às atividades antropogênicas.

Neste sentido, em todos os setores, os poços apresentaram concentrações médias de nitrato indicativas de contaminação.

A média de cada poço mostra um acréscimo acentuado nas concentrações do segundo período em relação ao primeiro, com exceção do poço P3 que reduziu suas concentrações em praticamente todas as análises, no segundo período. Logo, este aumento em todos os setores, independe da sua localização na cidade, mas sim das condições domiciliares de saneamento básico. Ocorre, na cidade de Anastácio, a predominância de fossas rudimentares ou/negras para a destinação domiciliar de esgoto, sendo que a cidade está assentada em uma região com pequena espessura de material inconsolidado, o que permite, na época das chuvas, a passagem da carga contaminante para o lençol freático.

De acordo com as concentrações médias e as respectivas porcentagens de amostras com concentrações superiores ao VMP por setores da cidade (Tabela 3), observou-se que os setores Vila Umbelina e Vila Rodrigues apresentaram as maiores concentrações de nitrato nos três períodos analisados (Figura 2). Em 1997, das 7 amostras analisadas do setor Vila Umbelina, 85,7% encontravam-se com concentrações de nitrato que excederam o VMP. Em 2000/2001 houve uma redução das 26 amostragens analisadas durante as 4 estações, das quais 65,4% apresentaram concentrações superiores ao VMP, enquanto que no, período de 2003, o número de amostras comprometidas passou para 71,4% , das 28 amostras do setor analisadas.

**Tabela 3 – Concentrações médias de nitrato nos setores e porcentagens de amostras com concentrações superiores ao VMP, nos períodos de 1997, 2000/2001 e 2003.**

Setores da cidade	Ano/média/%					
	1997		2000/2001		2003	
	Média	%	Média	%	Média	%
Vila Umbelina	15,7	85,7	20,2	65,4	26,4	71,4
Centro	11,8	100	10	50	11,7	100
Vila Rodrigues	28,5	100	25,7	87,5	34,7	100
Vila Flor	17,4	60	13,7	29,4	19,8	55

Fonte: Pinto (1998); Ayach (2002).

Nos setores Centro e Vila Rodrigues, em 1997, de todas as amostras analisadas, 100% apresentaram concentrações superiores ao VMP. Em 2000/2001, no Setor Centro, essas concentrações tiveram redução de 50%, ou seja, em 2 das 4 amostras analisadas, na Vila Rodrigues a redução foi de 87,5%, 7 das 8 analisadas. Já em 2003, os dois setores apresentaram 100% das amostras com concentrações acima do VMP. Na Vila Flor, as porcentagens de amostras com concentrações que excederam ao VMP foram maiores em 1997, com 60% das 5 amostras analisadas, reduzindo para 29,4% das 17 analisadas em 2000/2001, e depois aumentando para 55% das 20 amostras analisadas em 2003.

As Figuras 2 e 3 permitem uma avaliação geral da evolução das concentrações médias de nitrato dos setores, nos três períodos analisados. Na Vila Umbelina ocorreu um aumento gradual das concentrações médias de nitrato de um período para outro (Figura 2). Nos setores Centro, Vila Rodrigues e Vila Flor, as concentrações apresentaram-se inferiores no período de 2000/2003 e superiores em 1997 e 2003, sendo que as concentrações mais elevadas entre os setores nos três períodos foram registradas no setor Vila Rodrigues e as inferiores no setor Centro.

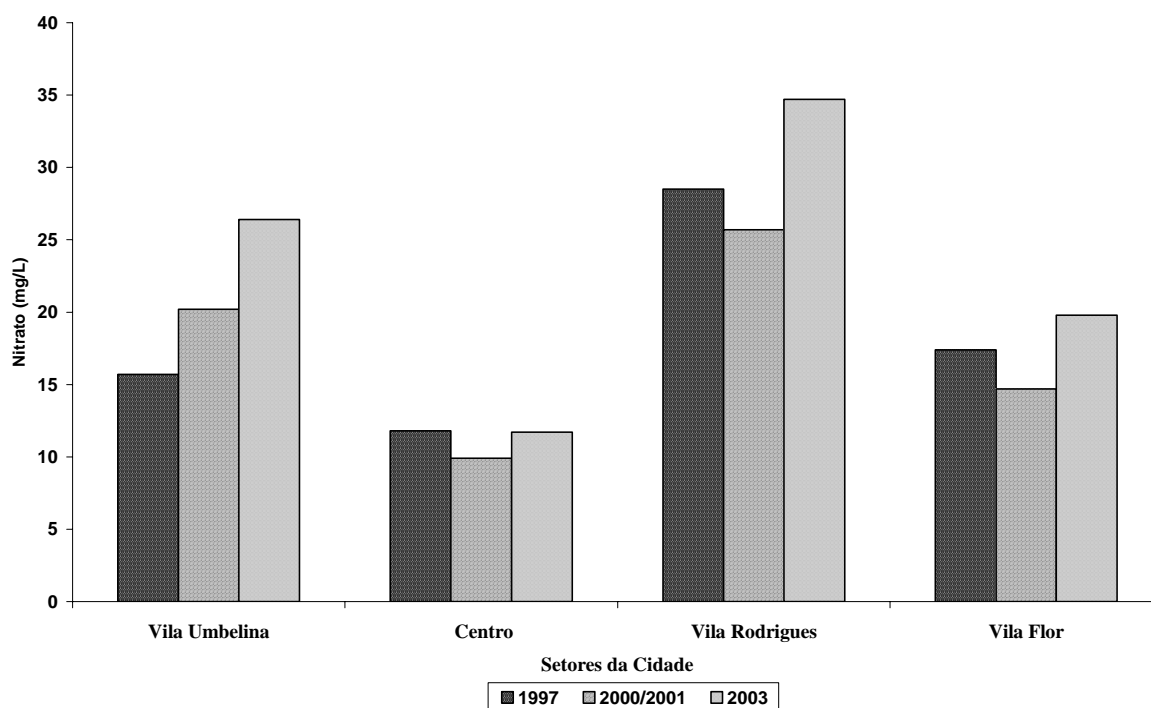


Figura 2 - Concentrações médias de nitrato nos setores da cidade de Anastácio nos anos de 1997, 2000/2001 e 2003. Fonte: Pinto (1998); Ayach (2002).

De acordo com a classificação através do índice de concentração de nitrato (Figura 3), verificou-se que o setor Centro apresentou melhor qualidade das águas durante o período monitorado, em 2000/2001, quando foi classificada com o índice 2 conceito Bom; recebendo, em 1997 e 2003, índice 3, ou seja, conceito Ruim. Os demais setores, em todos os períodos monitorados apresentaram concentrações médias elevadas, sendo avaliadas com o conceito Péssimo. Assim, em média, as águas nos setores avaliados nesses períodos encontravam-se fora das normas-padrão para águas de consumo humano, já que a média geral da cidade recebeu índice 4 - conceito Péssimo.

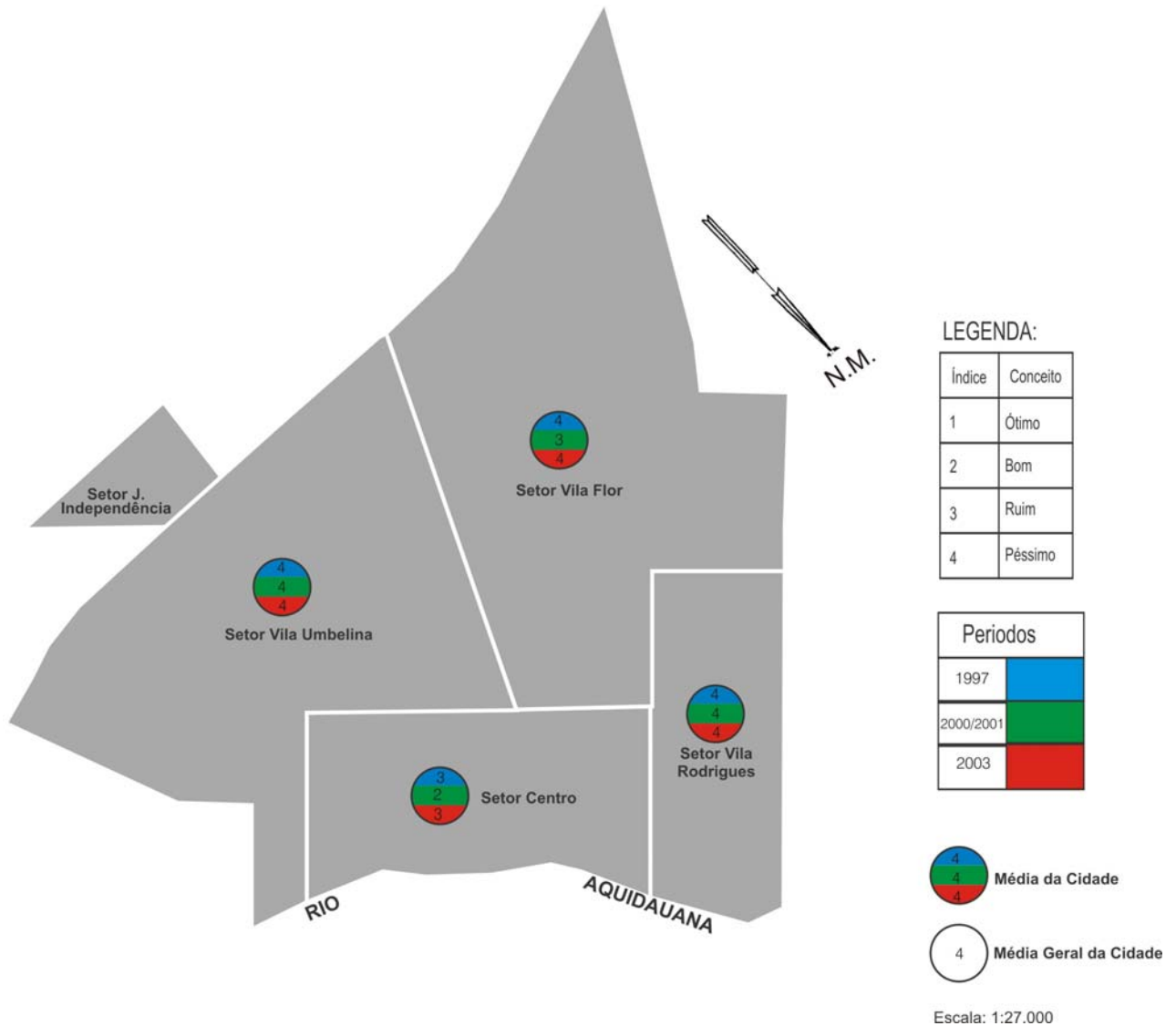


Figura 3 – Classificação dos setores em relação à concentração média de nitrato em 1997, 2000/2001 e 2003. Fonte: Pinto (1998); Ayach (2002).

As características geológicas dos setores podem influenciar na direção da pluma poluidora. Os dois setores com as maiores concentrações de nitrato na água, Vila Umbelina e Vila Rodrigues, localizam-se na parte baixa da cidade. A Vila Rodrigues situa-se em um embaciamento pouco arqueado, proporcionando, no período chuvoso, uma rápida subida do nível do lençol freático, chegando até a superfície do

terreno, em algumas áreas, provocando o aparecimento de alagadiços. Essa condição, aliada à carência de saneamento básico domiciliar, principalmente de esgoto, pode estar contribuindo diretamente na contaminação do lençol freático da cidade de Anastácio.

As concentrações inferiores de nitrato nas águas do setor Centro da cidade, podem estar relacionadas com o número reduzido de poços monitorados, por ser um setor com melhores condições de abastecimento de água domiciliar, tendo, então, poucos poços ativos. Nos demais setores, no entanto, as elevadas concentrações de nitrato estão diretamente relacionadas à carência e/ou ausência das condições mínimas de saneamento básico, principalmente no tocante ao esgotamento sanitário e destinação dos resíduos sólidos, aliado à baixa escolaridade da população, limitada renda domiciliar e peculiaridades culturais que resultam em inúmeros impactos ao meio ambiente urbano e, essencialmente, à qualidade de vida dessa população.

Barcha *et. al.* (1991) e Barcha (1994; 1995) também constataram a presença de nitratos na água subterrânea, em níveis preocupantes, na cidade de São José do Rio Preto-SP, ultrapassando o limite de  $10 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ , fixado pela Legislação vigente, onde foram registradas concentrações de 15 a  $20 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$  em poços de áreas densamente povoadas, diferentemente das concentrações de áreas mais novas, verificando que a influência antrópica é maior quanto maior for a concentração humana, de forma que os poços situados em áreas centrais e mais antigas são justamente os mais contaminados (BARCHA, 1997).

## **CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO**

Os três períodos monitorados mostraram que as concentrações de nitrato nas águas dos poços localizados nos setores Vila Umbelina, Vila Rodrigues e Vila Flor

são, em média, superiores ao VMP de  $10 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$  estabelecido pela Legislação Vigente. O setor Centro, representado por um poço, apresentou concentrações em todas as amostragens, durante os três períodos de monitoramento na faixa do VMP, sendo classificado com os conceitos Ruim, em 1997 e 2003, e Bom em 2000/2001. As melhores condições de infra-estrutura domiciliar e saneamento básico desse setor podem ter influenciado diretamente na qualidade das águas.

Os demais setores apresentaram contaminações elevadas de nitrato, em praticamente todas as amostragens, contribuindo para que as concentrações médias de cada setor ficassem acima de  $15 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ , sendo classificadas como Péssimas, com exceção do setor Vila Flor em 2000/2001 que recebeu conceito Ruim. Sendo o íon nitrato acumulativo, observou-se um aumento gradativo das concentrações nos três períodos no setor Vila Umbelina, bem como nos demais setores, comparando o segundo e terceiro períodos de monitoramento. Portanto, a análise dos dados revela grande preocupação na evolução da concentração de nitrato nas águas subterrâneas da cidade de Anastácio, a qual obteve o conceito geral classificado como Ruim. Isto significa que as inadequações das condições domiciliares de saneamento básico, influenciadas pelas condições sócio-econômicas e culturais estão gerando impactos que se refletem na qualidade do aquífero local.

Tendo em vista pesquisas anteriores sobre a baixa renda da maioria da população, além da reduzida escolaridade registrada, aliada aos índices precários de condições de saneamento básico domiciliares já apresentados, torna-se extremamente preocupante a continuidade do consumo de água de poços freáticos pela população, uma vez que, mesmo tendo acesso à água da rede de abastecimento, grande parte da população, por questões econômicas, prefere se utilizar dessas águas. Acrescenta-se que seus moradores não têm consciência dos danos causados à saúde, pois, muitas vezes, a água com alta concentração de nitrato apresenta um aspecto visual (cor, cheiro, paladar) normais, tornando-se difícil fazer um trabalho educativo.

Dessa forma, torna-se preponderante o direcionamento de medidas específicas, voltadas, principalmente, à gestão ambiental urbana, incluindo a participação dos diferentes segmentos da sociedade, envolvendo as instituições públicas, as organizações não-governamentais, os pesquisadores e, essencialmente, os moradores de cada setor, passíveis de serem elaborados pelo Plano Diretor Municipal ou diretor específico para as águas. A participação popular deve buscar a cumplicidade da sociedade, em especial nos aspectos sanitários, geradores de inúmeros problemas e tensões socioambientais urbanas, que refletem na qualidade de vida e do ambiente de forma mais abrangente.

## REFERÊNCIAS

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

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19<sup>th</sup> ed. Washington: APHA, 1995.

AYACH, L. R. **Implicações sócio-econômicas e sanitárias na qualidade das águas freáticas da cidade de Anastácio/MS**. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Campus de Dourados, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2002.

BAGANHA, C. A. **Instrumentação eletromagnética no monitoramento de plumas de contaminação**. 1996. Exame de Qualificação (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518 de 25 de março de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 59, 26 mar. 2004, Seção 1, p. 266.

BARCHA, S. F. Impactos antrópicos sobre recursos hídricos. In: **SEMINÁRIO CIÊNCIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL BICRH/USP**, 1997. p. 104-117.

BARCHA, S. F. Alterações na qualidade da água subterrânea explorada em meio urbano produzidas por ação antrópica. **BOLETIM DO IV SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE**, p. 99-99, 1995.



BARCHA, S. F. Impactos gerados pelo desenvolvimento urbano sobre a água subterrânea. **BOLETIM DO I CONGRESSO BRASILEIRO DE ANÁLISE AMBIENTAL**, p. 28-29, 1994.

BARCHA, S. F.; BRANCO, C. C. Influências de fossas negras e de vazamentos de esgotos domésticos na poluição do aquífero por nitratos em meio urbano. **BOLETIM DO II SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA**, v. ATAS, p. 323, 1991.

BRANCO, S. M. Guia de avaliação de qualidade das águas. In: **SOS mata Atlântica: observando o Rio Tietê**. São Paulo, 1992. p. 105-135.

CARLOS, A. F. A. **A cidade**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1994.

DUARTE, R. A. C. S. **Condições das infra-estruturas domiciliares de saneamento básico da cidade de Anastácio, MS**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, 2006.

FERNÍCOLA, N. G. G.; AZEVEDO, F. A. Metemoglobinemia e nitrato nas águas. **Revista de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 242-248, 1981.  
[doi:10.1590/S0034-89101981000200009](https://doi.org/10.1590/S0034-89101981000200009)

FOSTER, S. S. D, VENTURA, M, HIRATA, R C. A. **Poluição das águas subterrâneas**: um documento executivo da situação da América Latina e Caribe com relação ao abastecimento de água potável. São Paulo, 1993. 55 p. (Secretaria do Meio Ambiente Série Manuais).

FREEZE, A.; CHERRY, Y. J. A . **Ground water**. Englewood: Prince Hall, 1979.

HIRATA, R. C. A proteção das águas subterrâneas no Estado de São Paulo e o Desenvolvimento Sustentável. In: **SEMINÁRIO CIÊNCIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. BICRHEA/USP, São Paulo, 1997. p. 118-129.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2000**: resultados preliminares. Rio de Janeiro, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2007**: resultados preliminares. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov> >, acesso em: 10/11/2007.

MACIEL, M. R. R. **Perfil sócio-econômico domiciliar da população de Anastácio-MS**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, 2006.

PINTO, A. L. **Saneamento básico e suas implicações na qualidade das águas subterrâneas da cidade de Anastácio-MS.** 1998. 175 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual paulista, Rio Claro, SP, 1998.

PINTO, A. L. Fundamentos para avaliação da qualidade das águas subterrâneas. **Revista Pantaneira**, Aquidauana, MS, v. 1, n. 1, p. 7-28, 1999.

RIBEIRO, L. **Condições de saneamento básico domiciliar na cidade de Anastácio-MS.** 1997. 64 f. Monografia (Especialização em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, 1997.

VETTER, D. M.; SIMÕES, C. C. S. Acesso à infra-estrutura de saneamento básico e mortalidade. **Revista Brasileira de Estatística**, Rio de Janeiro, v. 42, p. 17-3, 1981.

---

#### **Informações sobre os autores:**

1] Lucy Ribeiro Ayach – <http://lattes.cnpq.br/7713816570960080>

Mestre em Geografia, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia IGCE-UNESP, Rio Claro-SP.

Contato: [luayach@terra.com.br](mailto:luayach@terra.com.br)

2] André Luiz Pinto – <http://lattes.cnpq.br/7915032061706548>

Prof. Dr. do Depto. de Ciências Humanas – UFMS, Campus de Três Lagoas-MS.

Contato: [andreluiz@ceul.ufms.br](mailto:andreluiz@ceul.ufms.br)

3] Nanci Cappi – <http://lattes.cnpq.br/3896789630721072>

Profa. MSc. da UEMS – Unidade Universitária de Aquidauana-MS.

Contato: [nccappi@uems.br](mailto:nccappi@uems.br)