

OCORRÊNCIA DE NITRATO NO SISTEMA AQUÍFERO BAURU E SUA RELAÇÃO COM A OCUPAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE MARÍLIA (SP)

Claudia Varnier¹; Guilherme Mascalchi de Figueiredo²; Geraldo Hideo Oda¹; Mara Akie Iritani¹;
Luciana Ferreira¹; Tatiana Tavares³; José Luiz Albuquerque Filho³

Resumo – O Sistema Aquífero Bauru (SAB) é uma importante fonte de abastecimento de água no município de Marília. Na área, este sistema é representado pelos aquíferos Marília (superior) e Adamantina (inferior). Estudo hidroquímico do SAB mostrou que muitos poços distribuídos na área urbana apresentaram concentrações de nitrato acima do valor de prevenção (5 mg/L N-NO₃⁻) e alguns, superiores ao padrão de potabilidade (10 mg/L N-NO₃⁻). O objetivo deste trabalho é avaliar as tendências de distribuição das concentrações de nitrato, mediante a correlação entre densidade de ocupação, idade da urbanização e profundidade dos poços. As atividades realizadas compreenderam: i) cadastro de poços; ii) levantamento da evolução e densidade de ocupação urbana; iii) levantamento do esgotamento sanitário; iv) levantamento das concentrações de nitrato. Os resultados obtidos indicaram que as maiores concentrações de nitrato localizam-se nas áreas mais antigas e com média densidade de ocupação urbana. Verificou-se, também, que tais concentrações se restringem aos poços mais rasos, enquanto as porções mais profundas do Aquífero Marília limitam a movimentação do contaminante para o Aquífero Adamantina.

Abstract – The Bauru Aquifer System (BAS) is an important source of water supply in the Marília municipality, represented by Marília (top) and Adamantina (bottom) aquifers. Hydrochemical study of the BAS showed that nitrate concentrations above the prevention value (5 mg/L N-NO₃⁻) and some above the drinking water standard (10 mg/L N-NO₃⁻) have been detected in several deep-drilled wells located at the urban area. The aim of this study is to evaluate the nitrate concentration pattern by correlation between occupation density, urbanization age and the wells depth. The activities conducted included: i) record of deep-drilled wells; ii) evolution and urban occupation density survey; iii) sewer network survey; iv) nitrate concentrations survey. The results indicated that the highest nitrate concentrations occur in older urban areas with medium urban occupation density.

¹ Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, Rua Joaquim Távora, 822, CEP 04015-011, Vila Mariana, São Paulo (SP), Fone (11) 5073-5511 (r. 2049). E-mail: clvarnier@hotmail.com, ghoda1947@gmail.com, mara.iritani@igeologico.sp.gov.br, lucianamartinferreira@gmail.com.

² Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo, Rua São Nicolau, 210, CEP 09913-030, Centro, Diadema (SP). E-mail: guiko94@gmail.com

³ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Av. Prof. Almeida Prado, 532, CEP 05508-901, Butantã, São Paulo (SP), Fone (11) 3767-4936/4938. E-mail: ttavares@ipt.br, albuzeu@ipt.br

It was also found that the concentrations are restricted to the shallowest wells, while the deeper portions of the Marília aquifer restrict the percolation of this contaminant into the Adamantina Aquifer.

Palavras-Chave – Sistema Aquífero Bauru, área urbana, nitrato

1 – INTRODUÇÃO

O nitrato é o contaminante inorgânico de maior ocorrência em aquíferos no mundo devido à sua alta mobilidade e persistência. Uma das fontes potenciais de nitrato em áreas urbanas compreende os sistemas de saneamento, dos quais se destacam as fossas sépticas e negras, bem como redes coletoras mal projetadas, sobretudo nos locais de grande densidade populacional.

No Estado de São Paulo, conforme os resultados provenientes da rede de monitoramento da qualidade natural das águas subterrâneas, efetuado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), concentrações de nitrato, muitas vezes excedendo o padrão de potabilidade (10 mg/L N-NO₃⁻) foram detectadas em inúmeros poços, especialmente naqueles que captam água do Sistema Aquífero Bauru (SAB). O SAB é a maior unidade hidrogeológica do Estado em área de exposição e o mais vulnerável à contaminação antrópica.

Dentre os municípios abastecidos pelo Sistema Aquífero Bauru destaca-se o de Marília. Este município foi uma das três áreas estudadas em projeto de pesquisa, desenvolvido pelo Instituto Geológico, em parceria com o Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), Universidade de Waterloo (Canadá), DAEE e as prefeituras municipais. O objetivo desse projeto foi avaliar as tendências de incremento das concentrações de nitrato nas áreas urbanas de três municípios da região centro-oeste do interior paulista (Bauru, Marília e Presidente Prudente), parcialmente abastecidos pelo SAB.

Os resultados obtidos por Varnier et al. (2010) mostraram que a área urbana de Marília apresenta concentrações de nitrato de até 16,9 mg/L N-NO₃⁻. Tais concentrações localizam-se nas áreas de ocupação urbana mais antiga e em poços de profundidades de até 150 m. Os autores sugerem que a contaminação está relacionada aos sistemas de esgotamento sanitário (fossas antigas e vazamentos na rede coletora de esgoto) e ocorre predominantemente no Aquífero Marília.

A partir dos resultados apontados nesse trabalho, tornou-se necessário um maior detalhamento no estabelecimento das zonas sensíveis à contaminação por nitrato, conforme proposto por Procel (2011) na área urbana de Presidente Prudente. De acordo com a autora, as tendências de distribuição das concentrações de nitrato nas águas subterrâneas, ao longo do tempo e espaço, foram

avaliadas frente aos padrões de ocupação urbana, demonstrando uma relação direta entre a contaminação, densidade e idade de urbanização e os sistemas de saneamento *in situ*. Essa avaliação permitiu dividir a área urbana de Presidente Prudente em três zonas sensíveis à contaminação por nitrato, levando em conta o estilo de ocupação urbana. A zona A corresponde às áreas urbanas mais antigas (1930-1950), com densidade de 120 hab/ha, e altas concentrações de nitrato (>10 mg/L N-NO₃⁻). A zona B caracteriza-se por urbanização a partir de 1980, densidade populacional de 84 hab/ha e concentrações médias entre 5 e 10 mg/L N- NO₃⁻. A zona C, por sua vez, compreende as áreas mais novas, não contaminadas (≤ 5 mg/L N- NO₃⁻), e com baixa densidade urbana (20 hab/ha).

Diante deste cenário, o presente trabalho propõe utilizar a mesma metodologia na área urbana de Marília de modo a avaliar as tendências de incremento nas concentrações de nitrato no Sistema Aquífero Bauru no local e estabelecer um padrão de causa e efeito entre a fonte e o impacto deste contaminante nas águas subterrâneas.

2 – OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste em apresentar os resultados preliminares da correlação entre os estilos de ocupação urbana e o potencial de contaminação das águas subterrâneas por nitrato, comparando os processos de urbanização e a distribuição das concentrações deste contaminante no Sistema Aquífero Bauru, na área urbana do município de Marília, Estado de São Paulo.

3 – ÁREA DE ESTUDO

3.1 – Aspectos gerais

O local estudado compreende a área urbana do município de Marília, situado na região centro-oeste do Estado de São Paulo. Este município, com uma área territorial de 1.170 km², dista aproximadamente 450 km da capital (Figura 1). O acesso pode ser feito por meio das rodovias Castelo Branco (SP 280) até Botucatu, seguindo pela Orlando Quagliato (SP 327) até Ourinhos e pela Transbrasiliana (BR 153) até a cidade.

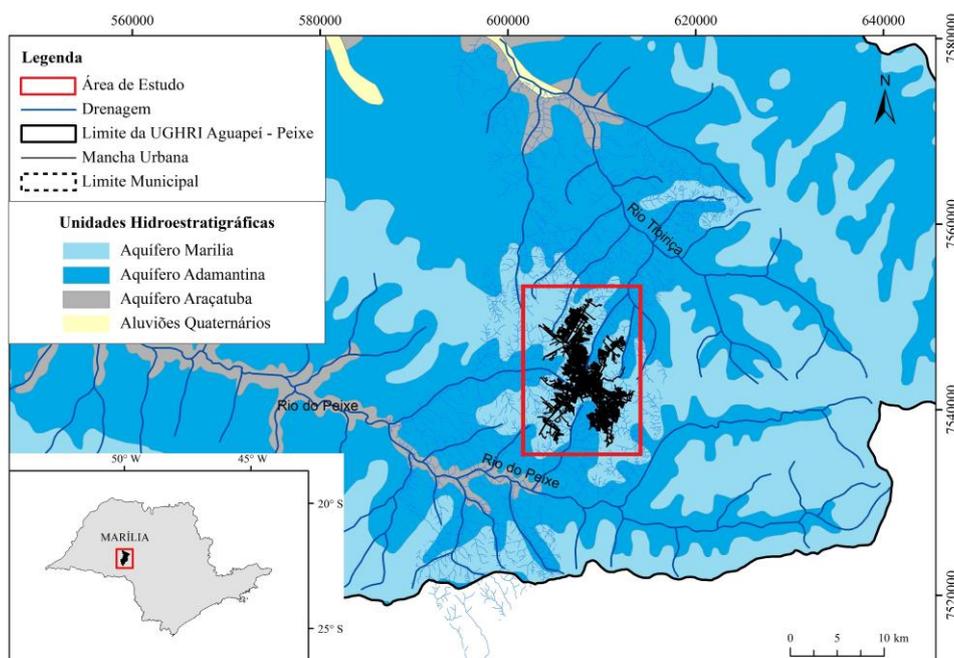


Figura 1. Localização da área estudo (Fonte: Varnier et al., 2010).

Segundo o censo demográfico de 2010, a população total é de 216.684 habitantes, sendo que 95,5% (207.021 habitantes) se concentram na área urbana do município (IBGE, 2011).

Segundo Varnier et al. (2010), parte da captação de água para o abastecimento público é proveniente dos mananciais superficiais, dos quais se destacam o Rio do Peixe e as represas do Arrependido, Água do Norte, Cascata e Ribeirão dos Índios. Adicionalmente, ressalta-se o abastecimento de águas subterrâneas provenientes de inúmeros poços tubulares que exploram os sistemas aquíferos Bauru, Serra Geral e Guarani.

O saneamento básico em Marília é efetuado pelo Departamento de Água e Esgoto de Marília (DAEM). Os índices de coleta e tratamento de esgoto no município são, respectivamente, 99% e 2% (SEADE, 2003).

3.2 – Hidrogeologia

O Sistema Aquífero Bauru (SAB) compreende a maior unidade hidrogeológica em área aflorante do Estado de São Paulo. Na área de estudo, é representado pelos aquíferos Marília e Adamantina.

O Aquífero Marília ocorre nas porções mais altas, denominado Planalto de Marília, onde se concentra a área urbana do município. Segundo Paula e Silva et al. (2005), ele é do tipo livre, predominantemente arenoso, podendo apresentar comportamento semi-confinado e baixa permeabilidade em algumas regiões, devido à forte cimentação carbonática. Sua espessura atinge valores de aproximadamente 160 m e sua produtividade está relacionada às fácies alteradas que

acumulam água e alcançam espessuras máximas de 40 m (Prandi, 2010). A intensa cimentação do Aquífero Marília é que sustenta os platôs em cotas topográficas da ordem dos 600 m.

Estratigraficamente sotoposto ao Aquífero Marília, o Adamantina ocorre em todo o município, aflorando somente em cotas topográficas mais baixas, nos vales profundos erodidos pelas drenagens. Ele é do tipo livre, regionalmente semi-confinado, de porosidade primária. Devido ao desnível topográfico entre essas duas unidades, o limite da área urbana do município coincide também com o limite hidrogeológico destes dois aquíferos (Varnier et al., 2010). Segundo Prandi (2010), não há conexão hidráulica efetiva entre estas duas unidades hidroestratigráficas, comprovada pela diferença dos níveis potenciométricos e por testes de bombeamento.

O fluxo da água subterrânea, tanto no Aquífero Marília quanto no Adamantina, segue em direção às drenagens principais, que atuam como áreas de descarga regional. O planalto de Marília atua como o divisor tanto das águas subterrâneas, como das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe (Figura 2).

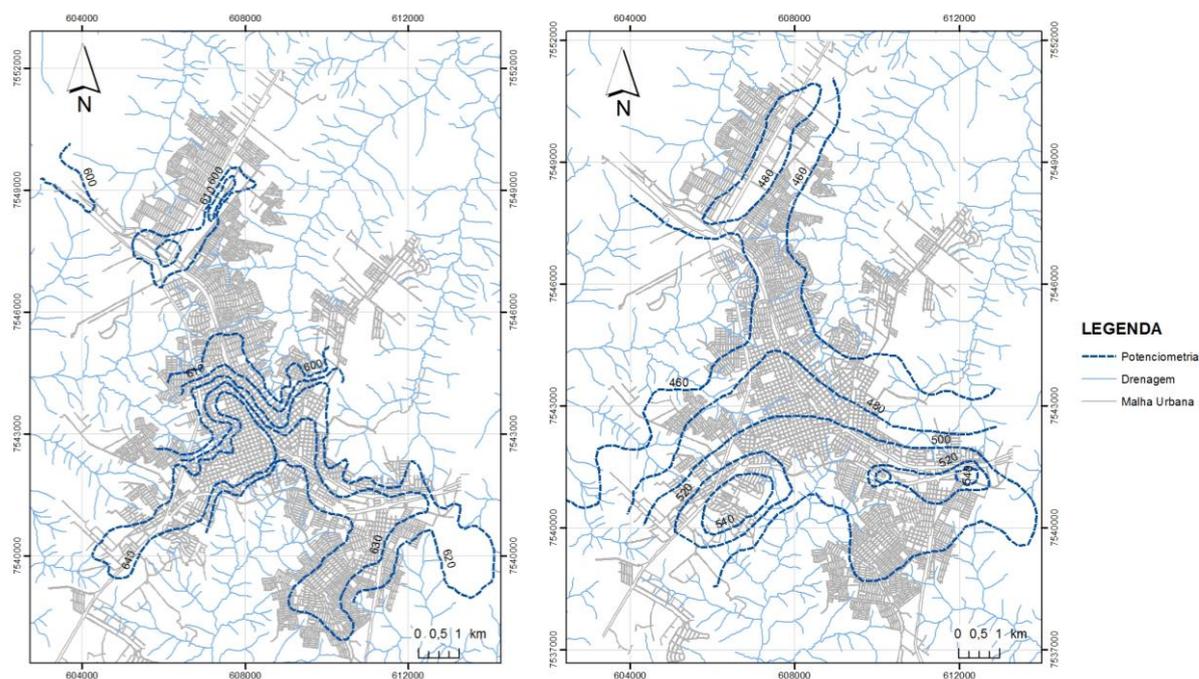


Figura 2. Mapas potenciométricos dos aquíferos Marília (A) e Adamantina (B) na área urbana de Marília (Fonte: Varnier et al., 2010).

Os níveis d'água dos poços que exploram o Aquífero Marília são mais rasos que aqueles que captam do Adamantina. Dos poços cadastrados pelos autores na área urbana de Marília, aqueles com profundidades superiores a 150 m exploram o Aquífero Adamantina (Varnier et al., 2010). A profundidade média do nível estático calculado foi de 109,5 m, enquanto que para os poços que captam água do Aquífero Marília, a média calculada foi de 27,6 m. O Aquífero Adamantina mostra

também uma melhor produtividade, com vazão média de 7,9 m³/h, quase o dobro da média para o Aquífero Marília (4,0 m³/h).

4 – MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 – Cadastro de poços

O banco de dados de poços tubulares adotado foi o mesmo utilizado por Varnier et al. (2010), complementado por meio da consulta ao Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIDAS) do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) dos poços outorgados entre 2010 e 2014.

Uma reavaliação criteriosa foi adotada para a interpretação e reavaliação das informações disponíveis, dando especial atenção aos poços que exploram exclusivamente o Sistema Aquífero Bauru e que continham os seguintes dados: i) localização; ii) dados construtivos; iii) parâmetros hidráulicos; iii) perfil geológico e aquífero explorado; iv) análises químicas, com ênfase nas concentrações pretéritas de nitrato.

A partir deste procedimento, foram contabilizados 106 poços do antigo cadastro e 28 poços novos, totalizando 144 poços cadastrados. Salienta-se que somente 85 poços antigos e 26 novos foram selecionados, perfazendo 111 captações (Figura 3). A seguir, procedeu-se o tratamento dos dados pré-existentis mediante análise estatística clássica (máximo, mínimo, média e mediana), utilizando-se, para isso, o programa Excel, versão 2010.

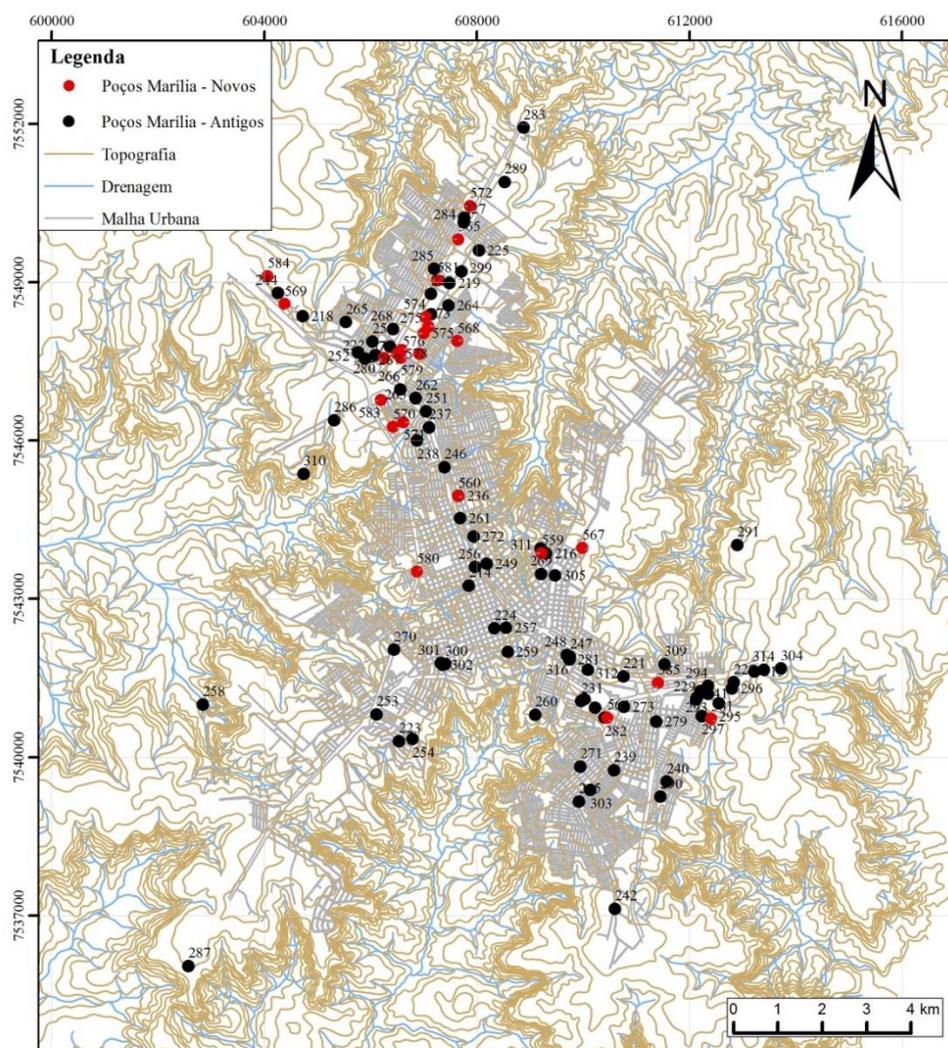


Figura 3. Localização dos poços cadastrados na área urbana do município de Marília.

4.2 – Levantamento preliminar do uso e ocupação do solo

O levantamento preliminar do uso e ocupação do solo foi efetuado em duas etapas. A primeira delas constituiu-se na análise da expansão urbana do município, a partir de mapas impressos em papel concedidos pela Prefeitura (1952 a 2009), posteriormente apresentada em Varnier et al. (2010). A segunda etapa abrangeu o levantamento de fotografias aéreas, imagens de satélite e ortofotos da malha urbana do município de Marília.

As fotografias aéreas e a imagem de satélite foram georreferenciadas, com base na ortofoto de 2010, a partir do sistema de projeção UTM, zona 22S, datum WGS 1984. Esta etapa foi executada com o auxílio da ferramenta “georeferencing” do programa ArcGIS, versão 10.2.2, da ESRI. Desta forma, criaram-se mosaicos de imagens (*shapes*) para diferentes épocas e que serviram, posteriormente, para determinar o crescimento da malha urbana, o cálculo da densidade de ocupação urbana, bem como comparar as mudanças no uso e ocupação do solo no município de Marília nos períodos supracitados.

4.3 – Levantamento da densidade de ocupação urbana

Os dados de densidade de ocupação urbana foram compilados daqueles apresentados no âmbito do Projeto de Pesquisa intitulado “Delimitação de sub-bacias, estruturação de base de dados do meio físico e delimitação de unidades homogêneas de uso e ocupação do solo urbano”, executado pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (CPLA/SMA), em parceria com o Instituto Geológico (IG/SMA), e financiado pelo Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) (São Paulo, 2014).

Este parâmetro, definido conforme metodologia proposta por Rossini-Penteado et al. (2007), está diretamente relacionado com a intensidade do uso do solo, representando a relação entre o tamanho ou número de lotes por unidade de área.

4.4 – Levantamento das concentrações de nitrato

As concentrações de nitrato consideradas neste trabalho foram as mesmas realizadas por Varnier et al. (2010). Adicionalmente, foram incorporadas as análises químicas de três poços amostrados, em 2014 e 2015, no âmbito do Projeto de Pesquisa “Estudos de restrições em aquíferos no Alto Aguapeí e Alto Peixe (Bauru e Guarani)”, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em parceria com o Instituto Geológico (IG/SMA).

Assim, foram também levantados os resultados de 52 amostras coletadas em 23 poços a partir de quatro campanhas de amostragem, duas durante a estiagem (agosto/2010 e setembro/2014) e duas no período chuvoso (dezembro/2010 e março/2015).

As concentrações de nitrato foram digitadas em forma de tabelas e a seguir, organizadas em *shapes*, com o auxílio do programa ArcGIS, versão 10.2.2 da ESRI.

4.5 – Levantamento complementar sobre a situação do esgotamento sanitário

Um mapa referente à situação atual do sistema de esgotamento sanitário foi elaborado, conforme as informações contidas no Projeto de Pesquisa “Estudos de restrições em aquíferos no Alto Aguapeí e Alto Peixe (Bauru e Guarani)”. Tal atividade teve como objetivo, apresentar as informações referentes à situação da rede coletora na área urbana do município de Marília

5 – RESULTADOS

5.1 – Cadastro de poços

A partir dos poços cadastrados, constata-se que 7,2% são de abastecimento público, com profundidades entre 150,0 e 300,0 m e 92,8% são particulares, com profundidades que variam de 8,0 a 410,0 m.

Adicionalmente, os poços foram divididos em cinco grupos conforme o intervalo de profundidade (Figura 4). De acordo com a Figura 4, nota-se que a maioria dos poços apresenta profundidades entre 100 e 300 m.

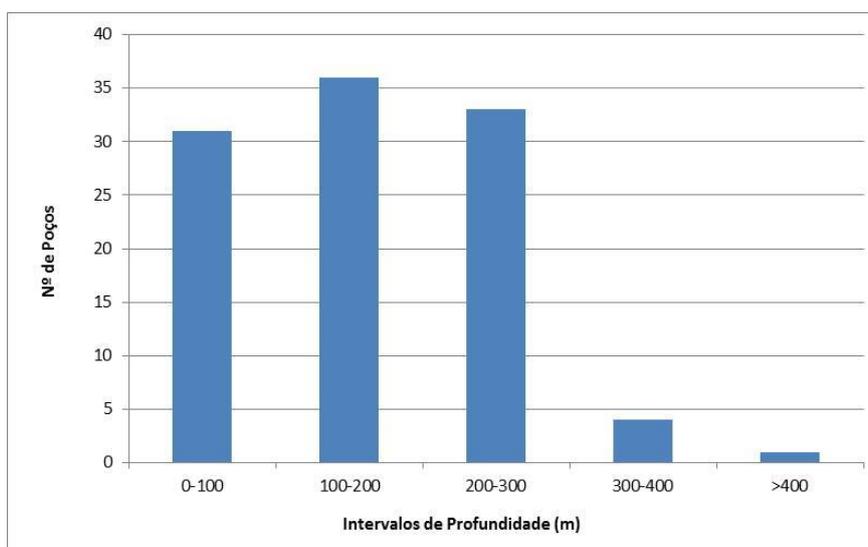


Figura 4. Variação na profundidade dos poços localizados na área urbana do município de Marília.

Para melhor organização dos dados referentes às características construtivas dos poços que exploram os aquíferos Marília e Adamantina, adotou-se o mesmo critério utilizado por Varnier et al. (2010). Os poços foram divididos em dois grupos conforme o intervalo de profundidade e o aquífero explorado. Os poços que captam água do Aquífero Marília apresentam profundidades inferiores a 150 m, enquanto os que exploram o Adamantina são mais profundos (>150 m). As análises estatísticas das características construtivas dos poços, para cada grupo, são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características dos poços que exploram o Aquífero Marília (<150 m de profundidade).

Parâmetro	Profundidade (m)	NE (m)	ND (m)	Q (m ³ /h)
Máximo	150,0	96,0	130,0	9,7
Mínimo	8,0	1,9	5,0	0,5
Média	100,9	30,4	63,0	3,9
Mediana	100,0	28,6	56,0	4,0

n = 66 poços; NE = nível estático; ND = nível dinâmico; Q = vazão

Tabela 2. Características dos poços que exploram o Aquífero Adamantina (>150 m de profundidade).

Parâmetro	Profundidade (m)	NE (m)	ND (m)	Q (m ³ /h)
Máximo	410,0	254,8	338,0	21,3
Mínimo	156,0	17,0	27,1	0,8
Média	246,2	112,2	185,7	8,5
Mediana	252,0	124,7	197,6	6,9

n = 42 poços; NE = nível estático; ND = nível dinâmico; Q = vazão

Dos poços cadastrados, os que exploram o Aquífero Marília possuem profundidade média do nível estático igual a 30,4 m, ao passo que os que captam água do Adamantina, a média calculada foi de 112,2 m. Confirmando aquilo que foi apontado por Varnier et al. (2010), o Aquífero Adamantina é o que possui melhor produtividade, com valor médio de 8,5 m³/h contra 3,9 m³/h, do Marília.

5.2 – Levantamento complementar sobre a situação do esgotamento sanitário

O sistema de esgotamento sanitário no município de Marília foi inicialmente implantado em meados de 1937, na região central, conforme dados fornecidos pela Prefeitura Municipal. Este sistema era composto por ferro fundido, com manilhas de diâmetros que variavam entre 2” e 6” nos coletores domiciliares e de 6” a 12”, nos coletores troncos. Na ocasião, novas extensões da rede não foram executadas devido à falta de material e seu consequente encarecimento.

Atualmente, 98% do perímetro urbano do município é atendido pela rede coletora de esgoto (Figura 5). A rede é representada por coletores troncos e domiciliares, com diâmetros que variam de 75 a 400 mm, compostos por dois tipos de materiais, ferro fundido e policloreto de vinila (PVC), que despejam o esgoto coletado nos córregos e galerias de águas pluviais da área urbana do município.

As informações relativas à implantação do sistema de esgotamento sanitário na cidade são limitadas e difusas, dificultando a realização de uma análise mais detalhada de sua relação com os padrões de contaminação por nitrato e densidade de ocupação, na área de estudo.

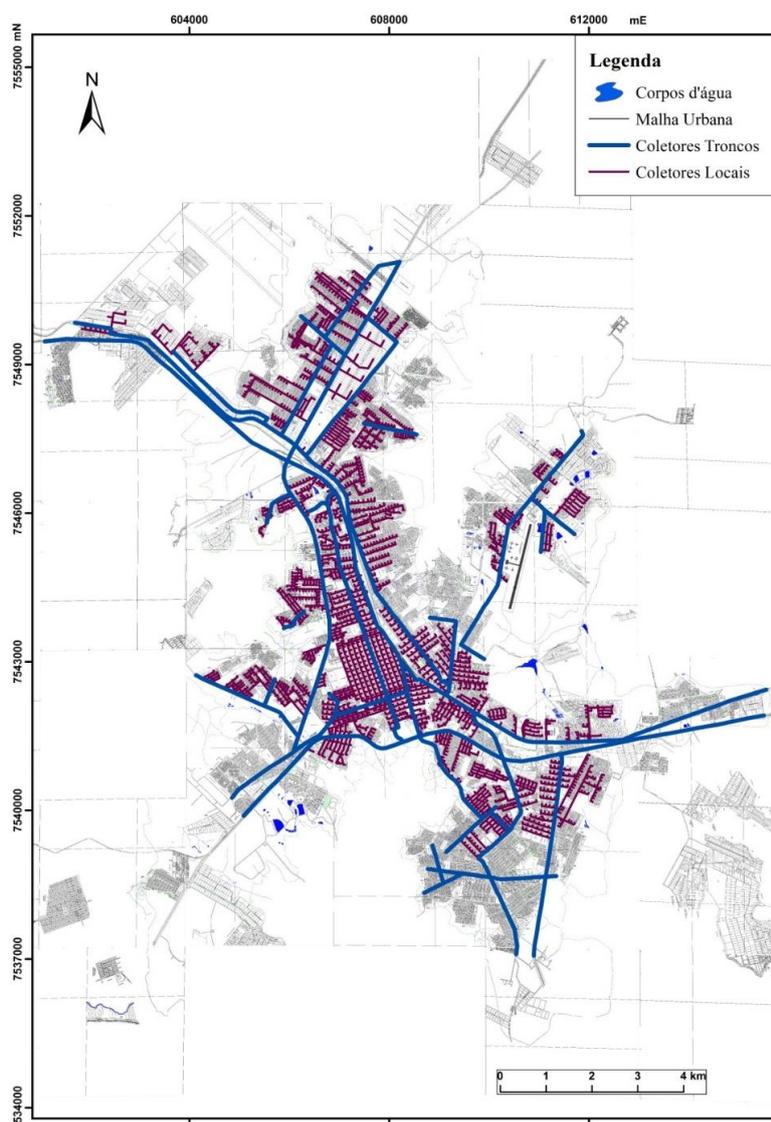


Figura 5. Sistema de esgotamento sanitário atual do município de Marília.

5.3 – Levantamento da densidade de ocupação urbana

A Figura 6 ilustra as densidades de ocupação identificadas na área urbana do município de Marília. De acordo com a classificação proposta por São Paulo (2014), este parâmetro foi dividido em cinco grandes classes (Tabela 3):

Tabela 3. Descrição dos intervalos de densidade de ocupação (São Paulo, 2014).

Densidade de Ocupação	Descrição
Muito baixa densidade	Ocupação com chácaras e sítios
Baixa densidade	Predominância de lotes maiores que 450 m ²
Média densidade	Predominância de lotes entre 250 e 450 m ²
Alta densidade	Predominância de lotes até 250 m ²
Muito alta densidade	Predominância de edificações verticalizadas e lotes de até 150 m ²

As densidades de ocupação identificadas como média e alta estão associadas, de um modo geral, aos bairros situados na zona central do município de Marília, tais como Alto Cafezal, Marília, Rodolfo da Silva Costa e São Miguel, bem como nas zonas periféricas, onde incluem-se bairros como Nova Marília, Jardim Planalto e Jardim Nacional. As densidades baixas a muito baixas, por sua vez, ocorrem nas bordas da mancha urbana ou desassociadas a elas como acontece nos bairros Vila Flora Aquarius, Condomínio Residencial Green Valley e Residencial Campo Belo.

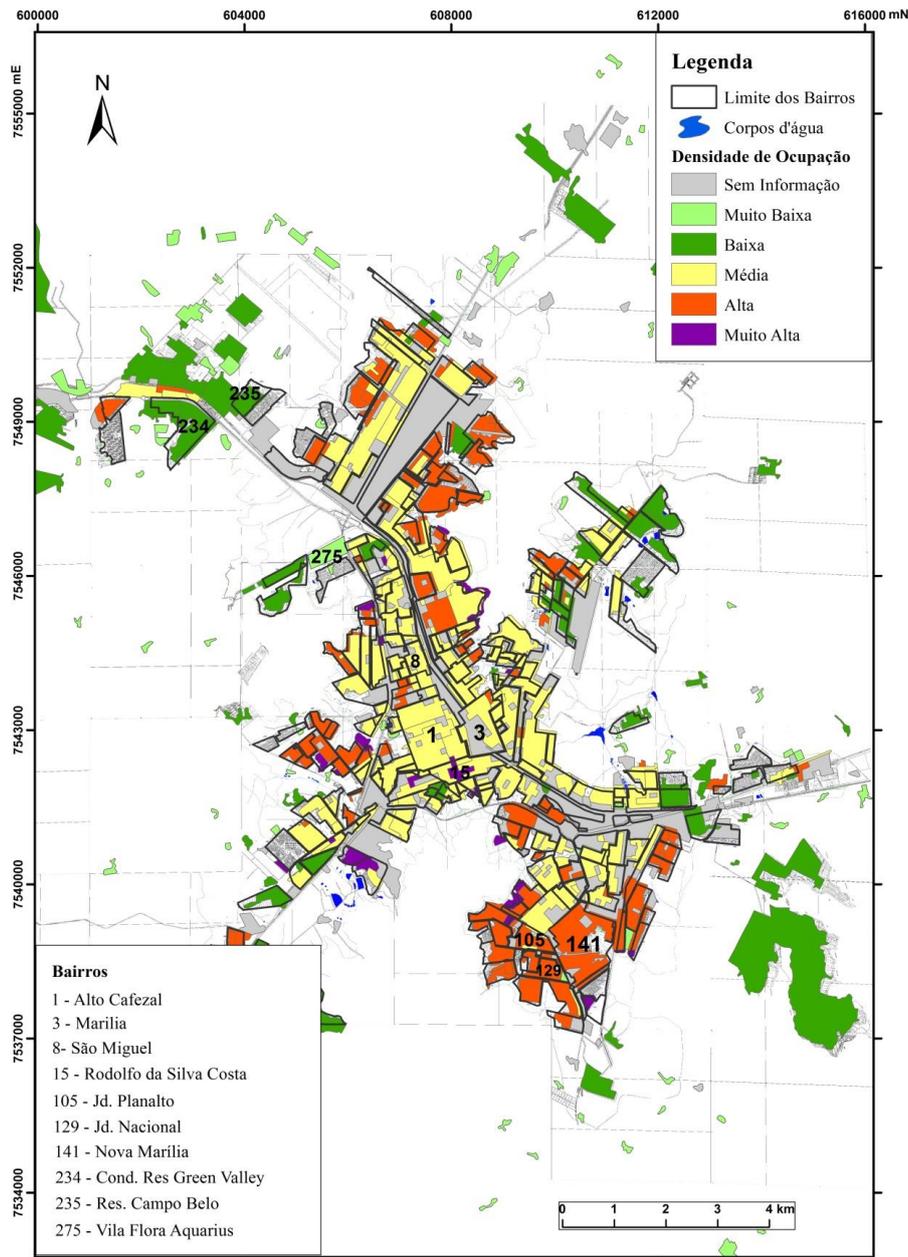


Figura 6. Mapa da densidade de ocupação na área urbana do município de Marília (adaptado de São Paulo, 2014).

5.4 – Concentrações de nitrato e sua relação com a densidade de ocupação urbana

As Figuras 7 e 8 apresentam a distribuição das concentrações de nitrato, em área, provenientes das campanhas de amostragem realizadas durante os períodos de estiagem (agosto/2010 e setembro/2014) e chuvoso (dezembro/2010 e março/2015), e a densidade de ocupação urbana.

Foi possível observar que os poços cujas concentrações excedem ao valor de prevenção (5 mg/L N-NO₃⁻) ou mesmo aqueles com concentrações acima do padrão de potabilidade, estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (10 mg/L N-NO₃⁻), localizam-se, de um modo geral, nas áreas mais antigas e com média densidade de ocupação urbana, indicando um médio potencial de contaminação.

Verificou-se também que as altas concentrações de nitrato se restringem aos poços mais rasos, enquanto as porções mais profundas do Aquífero Marília, menos permeáveis em função da cimentação carbonática, limitam a movimentação do contaminante para o Aquífero Adamantina, tal como verificado por Varnier et al. (2010). Este cenário é evidenciado pela qualidade da água observada nos poços mais profundos, cujas concentrações de nitrato são, em geral, inferiores a 3 mg/L N-NO₃⁻.

O panorama encontrado nos mapas das Figuras 7 e 8 evidenciam também a hipótese de que a densidade de ocupação e as mudanças no uso e ocupação do solo, em uma análise preliminar, não são os fatores condicionantes das distribuição das concentrações de nitrato observados na área urbana do município de Marília, o que levanta o questionamento de fatores como a proximidade do Aquífero Marília à superfície e suas características litológicas (porções com cimentação carbonática – menos permeáveis; existência de fraturas – aumentando a permeabilidade).

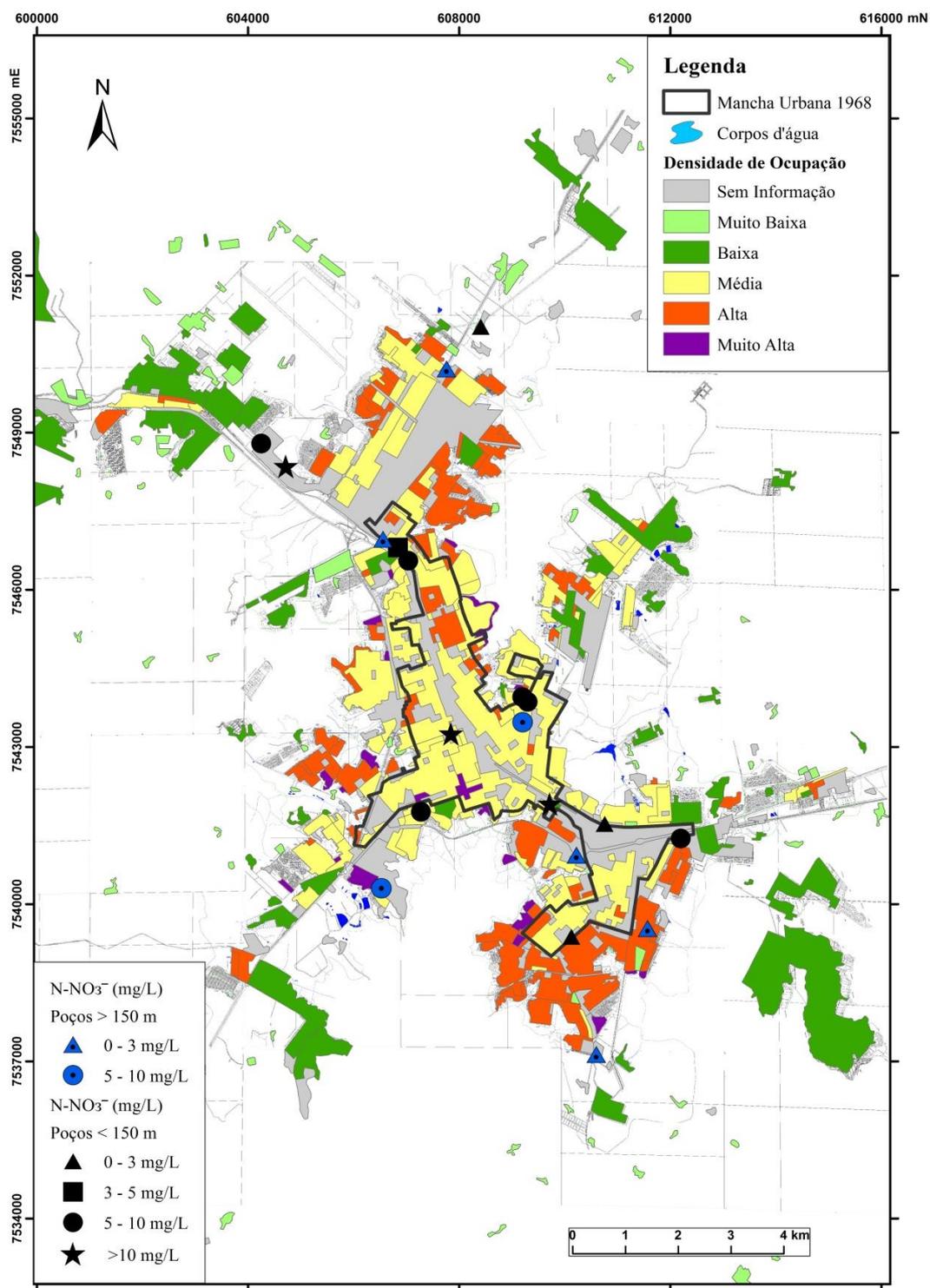


Figura 7. Densidade de ocupação e sua relação com as concentrações de nitrato obtidas no período de estiagem (agosto/2010 e setembro/2014).

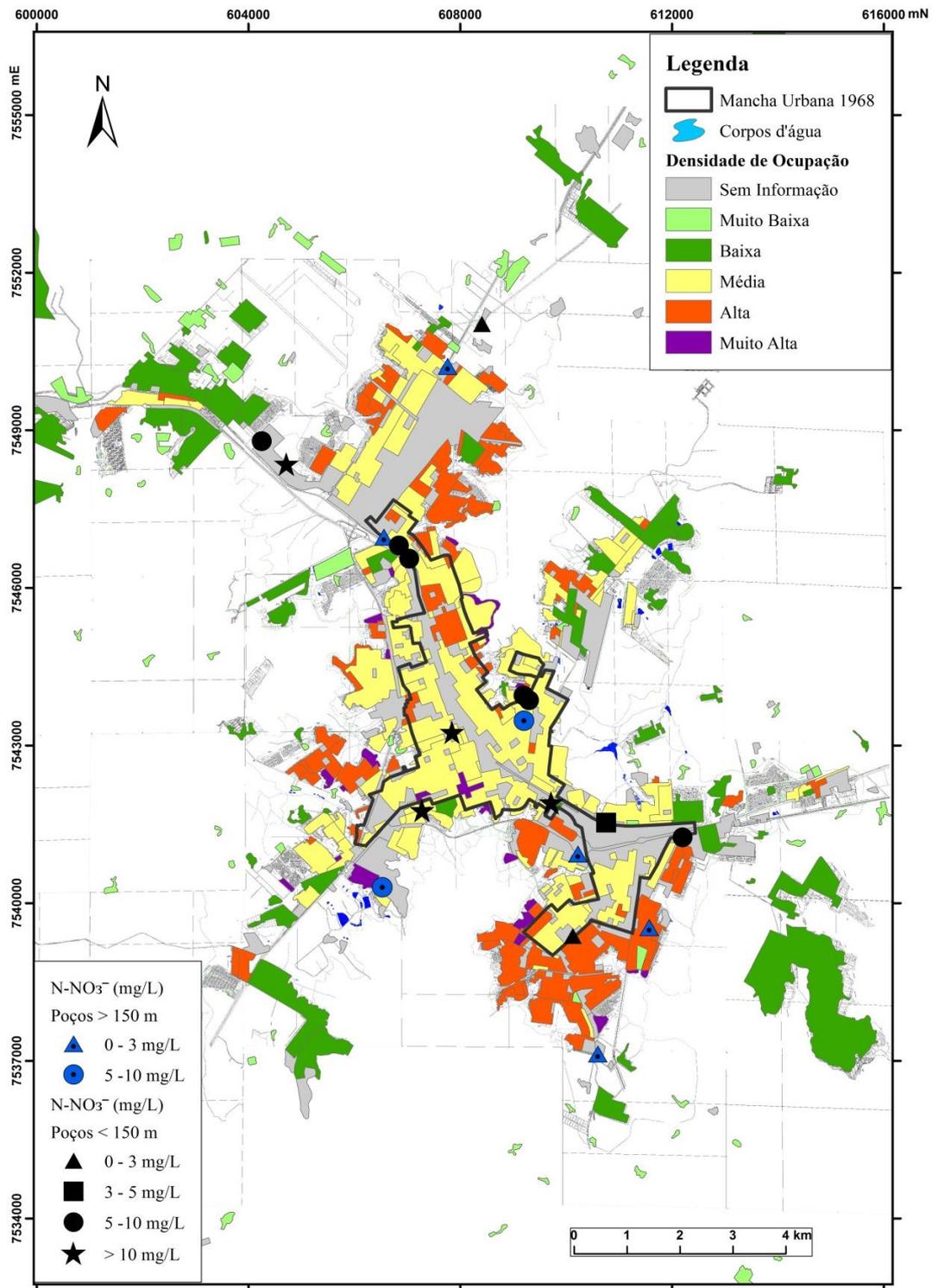


Figura 8. Densidade de ocupação e sua relação com as concentrações de nitrato obtidas no período de chuva (dezembro/2010 e março/2015).

6 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o presente momento na área urbana do município de Marília, permitiram identificar que os poços, cujas concentrações excedem ao valor de prevenção ou mesmo aqueles com concentrações acima do padrão de potabilidade, localizam-se, de um modo geral, nas áreas mais antigas e com média densidade de ocupação urbana.

Verificou-se também que as altas concentrações de nitrato se restringem aos poços mais rasos, enquanto as porções mais profundas do Aquífero Marília, menos permeáveis em função da cimentação carbonática, limitam a movimentação do contaminante para o Aquífero Adamantina, sotoposto. Tal aspecto é evidenciado pela qualidade da água observada nos poços mais profundos, cujas concentrações de nitrato são, em geral, inferiores a 3 mg/L N-NO₃⁻.

Ressalta-se que este estudo encontra-se em andamento e que a metodologia aqui abordada será oportunamente detalhada, em vista dos resultados em fase de consolidação. Nas etapas subsequentes, prevê-se a estimativa da carga potencial de nitrato, em massa, nas águas subterrâneas do Aquífero Marília e sua relação com o crescimento urbano, bem como a utilização dos métodos do raio fixo calculado (RFC) e de Wyssling para a delimitação das zonas de captura de poços (ZOCs).

Visando a proteção dos recursos hídricos na região, acredita-se que o zoneamento e a classificação de áreas com potenciais de contaminação auxiliem o poder público no estabelecimento de medidas preventivas no que concernem à perfuração de novos poços na área, bem como a melhoria e manutenção da rede de esgoto atual.

7 – AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao FEHIDRO pelo financiamento do projeto; ao DAEE, DAEM e à Prefeitura de Marília pelo fornecimento de dados e apoio logístico; à Técnica de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Núcleo de Geoprocessamento do Instituto Geológico, Francisneide Soares Ribeiro pelo auxílio no uso do programa ArcGIS.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011. Sinopse do censo demográfico 2010. IBGE, Rio de Janeiro, 261 p. (texto e CD-ROM).

PAULA E SILVA, F., Kiang, C.H. e Caetano-Chang, M.R, 2005. Hidroestratigrafia do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. Revista Águas Subterrâneas, vol. 19, n. 2, p. 19-36.

- PRANDI, E.C, 2010. Gestão integrada das águas do Sistema Aquífero Bauru nas Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe/SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 143 p. e anexos.
- PROCEL, S, 2011. Contaminação por nitrato e sua relação com o crescimento urbano no Sistema Aquífero Bauru em Presidente Prudente (SP). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 146 p.
- ROSSINI-PENTEADO, D., Ferreira, C.J. e Giberti, P.P.C, 2007. Quantificação da vulnerabilidade e dano aplicados ao mapeamento e análise de risco, escala 1:10.000, Ubatuba-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS E TECNOLÓGICOS, 2, Santos-SP. *Anais...* Santos, ABGE, (CD-ROM).
- SÃO PAULO, 2014. Unidades homogêneas de uso e ocupação do solo urbano (UHCT) do Estado de São Paulo. Instituto Geológico/Coordenadoria de Planejamento Ambiental, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.
- SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS, 2003. Estimativa do percentual de domicílios servidos com rede pública de coleta de esgotos para a zona urbana, realizada pelo órgão operador do sistema. URL: <http://www.seade.org.br/produtos/imp/index.php?page=tabela> – acesso em 27/01/2015.
- VARNIER, C., Iritani, M.A., Viotti, M., Oda, G.H. e Ferreira, L.M.R, 2010. Nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). *Revista do Instituto Geológico*, vol. 31, n. 1/2, p. 1-21.