



SEMINÁRIO “NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: DESAFIOS FRENTE AO PANORAMA ATUAL”

OCUPAÇÃO URBANA E AS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO NO SISTEMA AQUÍFERO BAURU

Dra. Claudia Varnier
Núcleo de Hidrogeologia
Instituto Geológico (IG/SMA)



SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Bauru, 25 de abril de 2013

RELEVÂNCIA DO TEMA

1. Por que o nitrato é um contaminante tão problemático nas águas subterrâneas?
2. Quais são as fontes de nitrato nas águas subterrâneas em áreas urbanas?
3. Como evolui o problema do nitrato no Sistema Aquífero Bauru (SAB)?
4. Quais os efeitos da urbanização nas concentrações de nitrato no SAB?



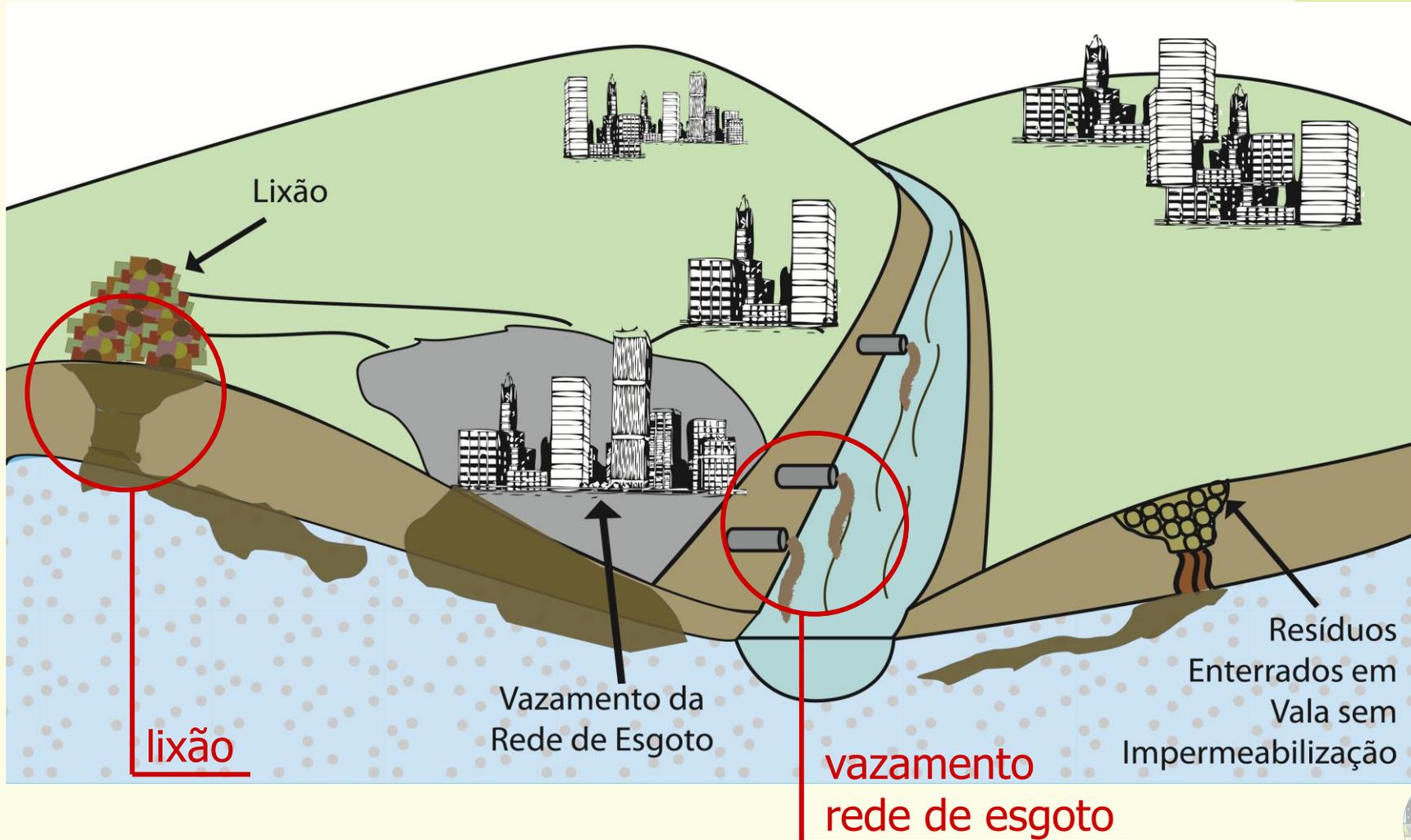
RELEVÂNCIA DO TEMA

Três características que o tornam um problema aos gestores de recursos hídricos:

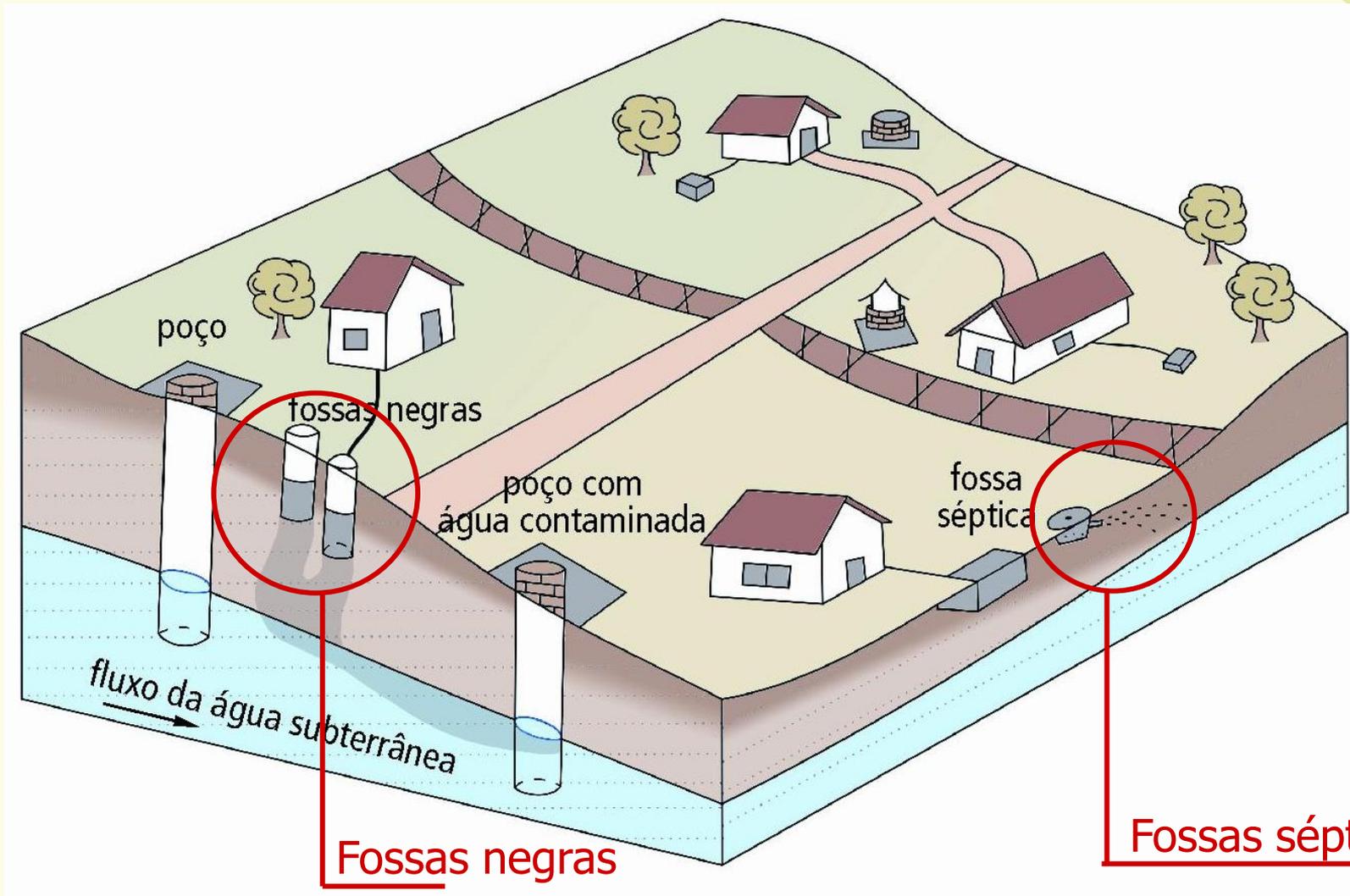
- ✓ **Muito móvel**, atingindo grandes áreas e volume do aquífero;
- ✓ Várias **fontes** associadas às atividades humanas;
- ✓ As reações de conversão de nitrogênio são **rápidas e com forte tendência à oxidação**, sobretudo, em aquíferos livres.



FONTES DE CONTAMINAÇÃO EM ÁREAS URBANAS



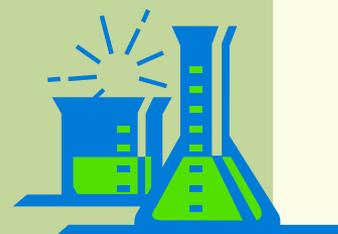
ÁREAS SEM REDE DE ESGOTO



UNIDADES DE CONCENTRAÇÃO

Unidades de concentração: mg/L N ou mg/L espécie

Nitrato: 10 mg/L N-NO₃⁻ ou 45 mg/L NO₃⁻



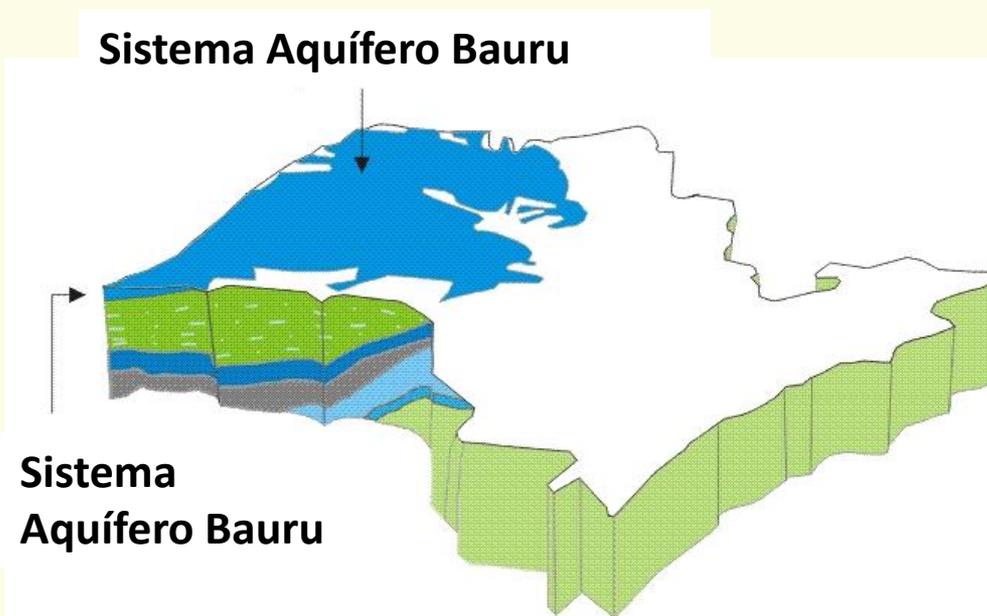
PORTARIA 2914/MS – 12/12/2011

PARÂMETRO	UNIDADE	PORTARIA 2914 VMP*
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Nitrito (como N)	mg/L	1
Nitrato (N)	mg/L	10
Nitrogênio orgânico	mg/L	---
Nitrogênio total	mg/L	---

*Valor Máximo Permitido



NITRATO E O SISTEMA AQUÍFERO BAURU



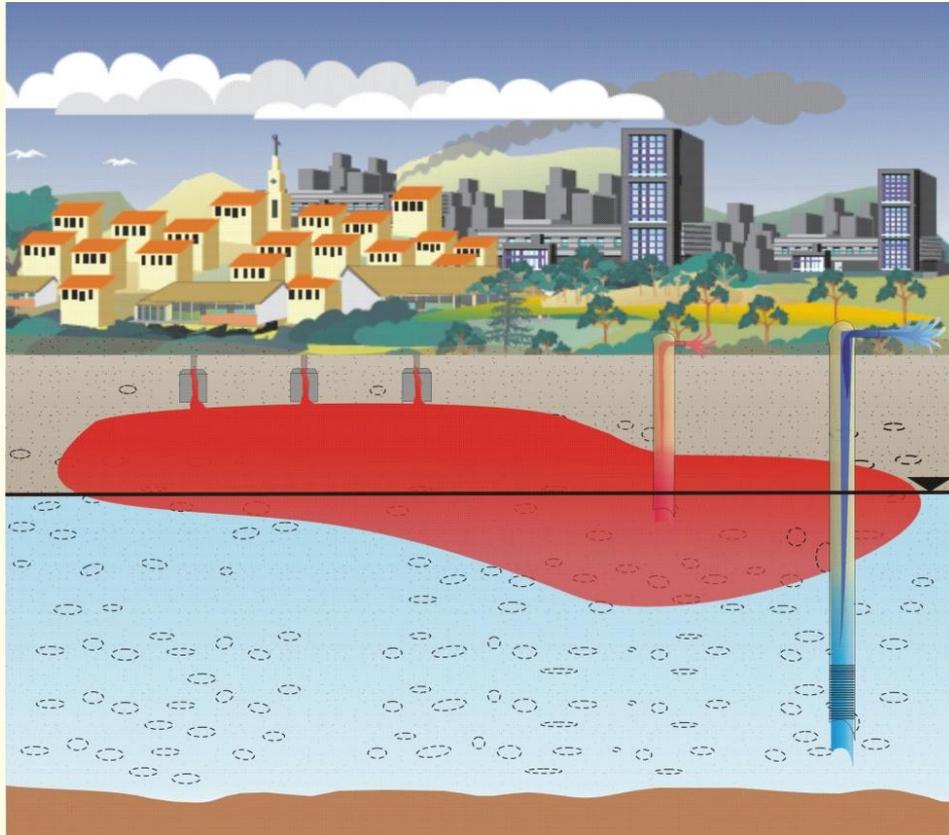
Fonte: Iritani & Ezaki (2008)

✓ **Sistema Aquífero Bauru:**
maior unidade do Estado de
São Paulo ($\sim 100.000 \text{ km}^2$)

✓ **$[\text{NO}_3^-]$ acima do padrão de
potabilidade:** poços tubulares
e cacimbas nos municípios a
NW e W do Estado



EVOLUÇÃO DO NITRATO NAS CIDADES PAULISTAS

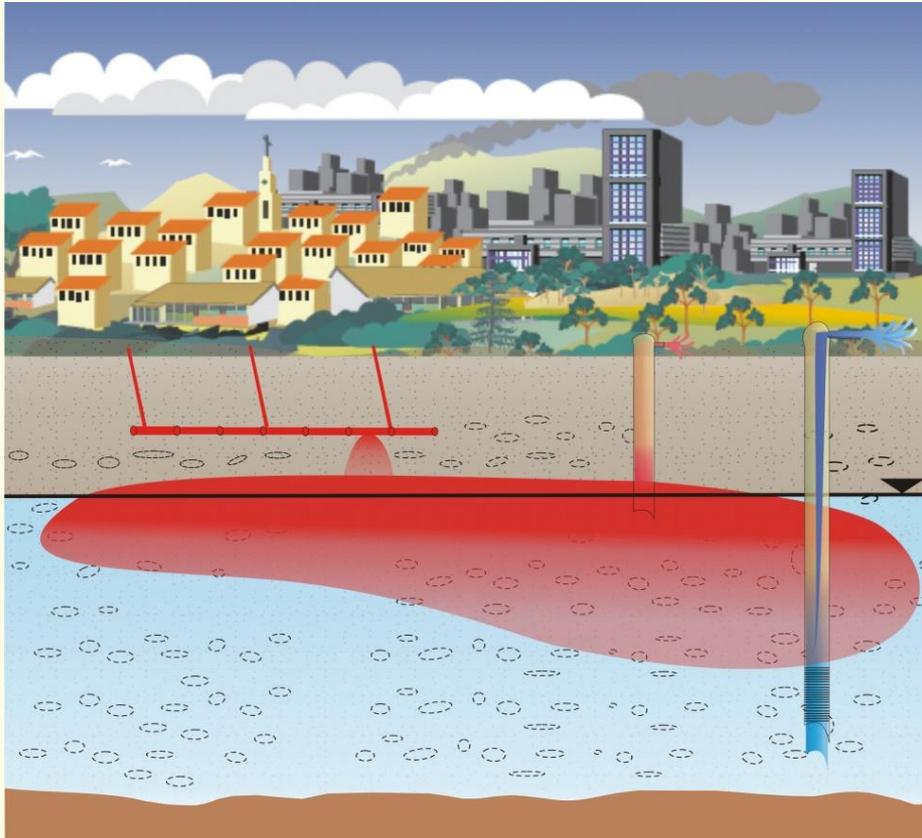


Antes de 1970: porção rasa do aquífero foi contaminada por sistemas de saneamento *in situ*

Fonte: modificado de Hirata (2000)



EVOLUÇÃO DO NITRATO NAS CIDADES PAULISTAS

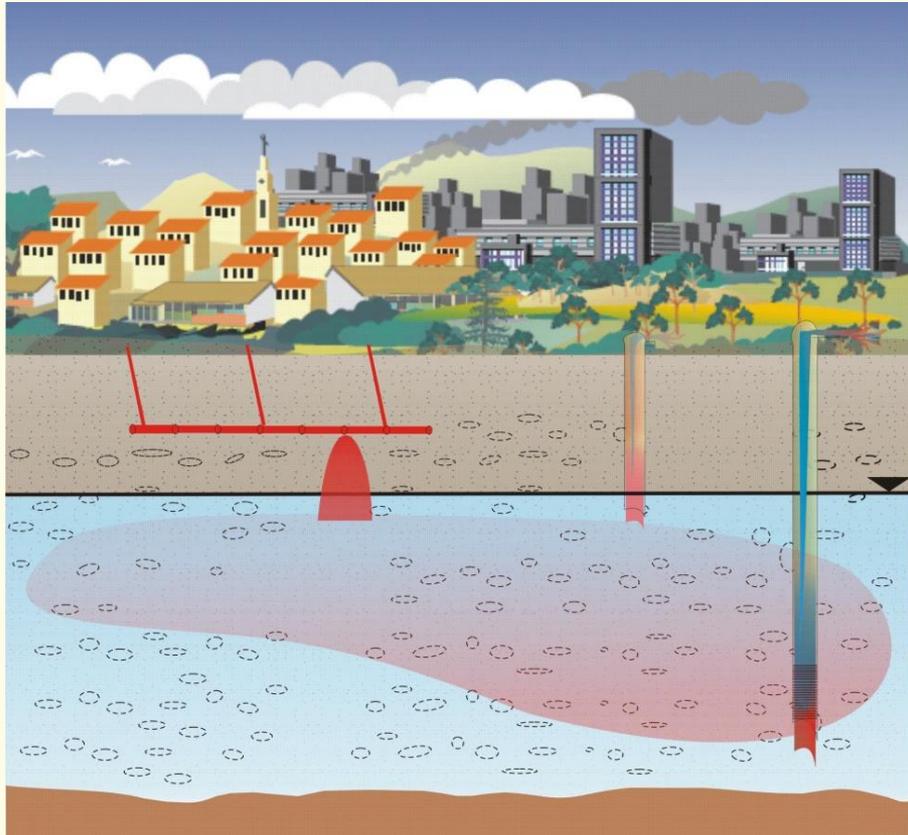


Fonte: modificado de Hirata (2000)

Hoje: porção superficial continua contaminada embora haja rede de esgoto há mais de 30 anos



EVOLUÇÃO DO NITRATO NAS CIDADES PAULISTAS



Fonte: modificado de Hirata (2000)

Qual a relação entre **urbanização** e a **evolução do nitrato** no aquífero?

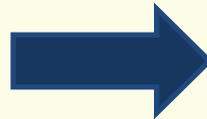


**PADRÕES DE OCUPAÇÃO URBANA E
CONTAMINAÇÃO POR NITRATO NAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA AQUÍFERO
BAURU, CENTRO-OESTE DO ESTADO DE SÃO
PAULO**



VIGÊNCIA E FINANCIAMENTO

Início: 2009
Término: 2012



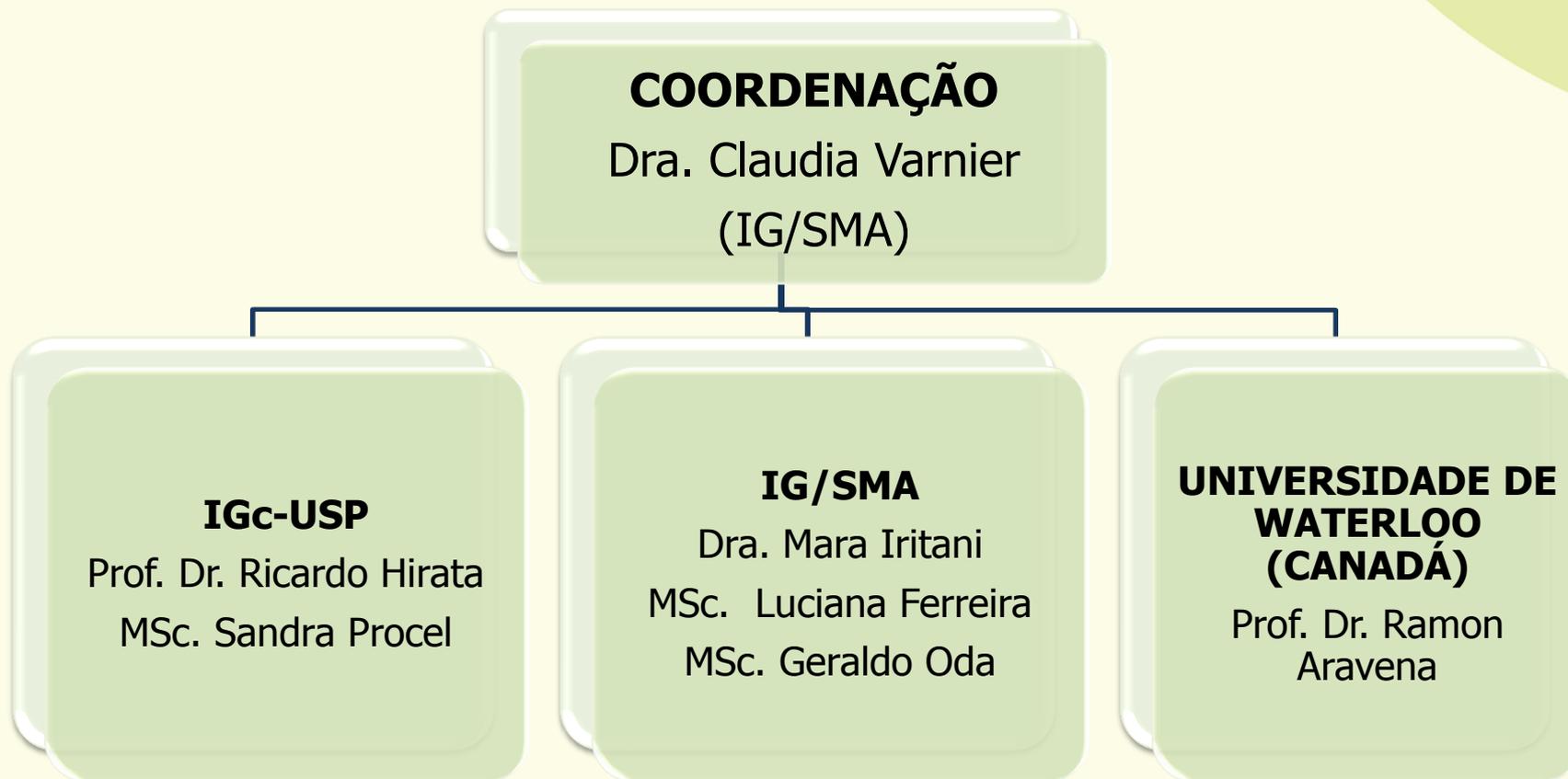
**Projeto Ambiental
Estratégico
"Pesquisa Ambiental",**

IG + IBt

**Fundação de Amparo à
Pesquisa do Estado de São
Paulo - FAPESP**



EQUIPE EXECUTORA



Colaboração: Prefeituras, DAEE, SABESP, DAE-Bauru, DAEM, CVS

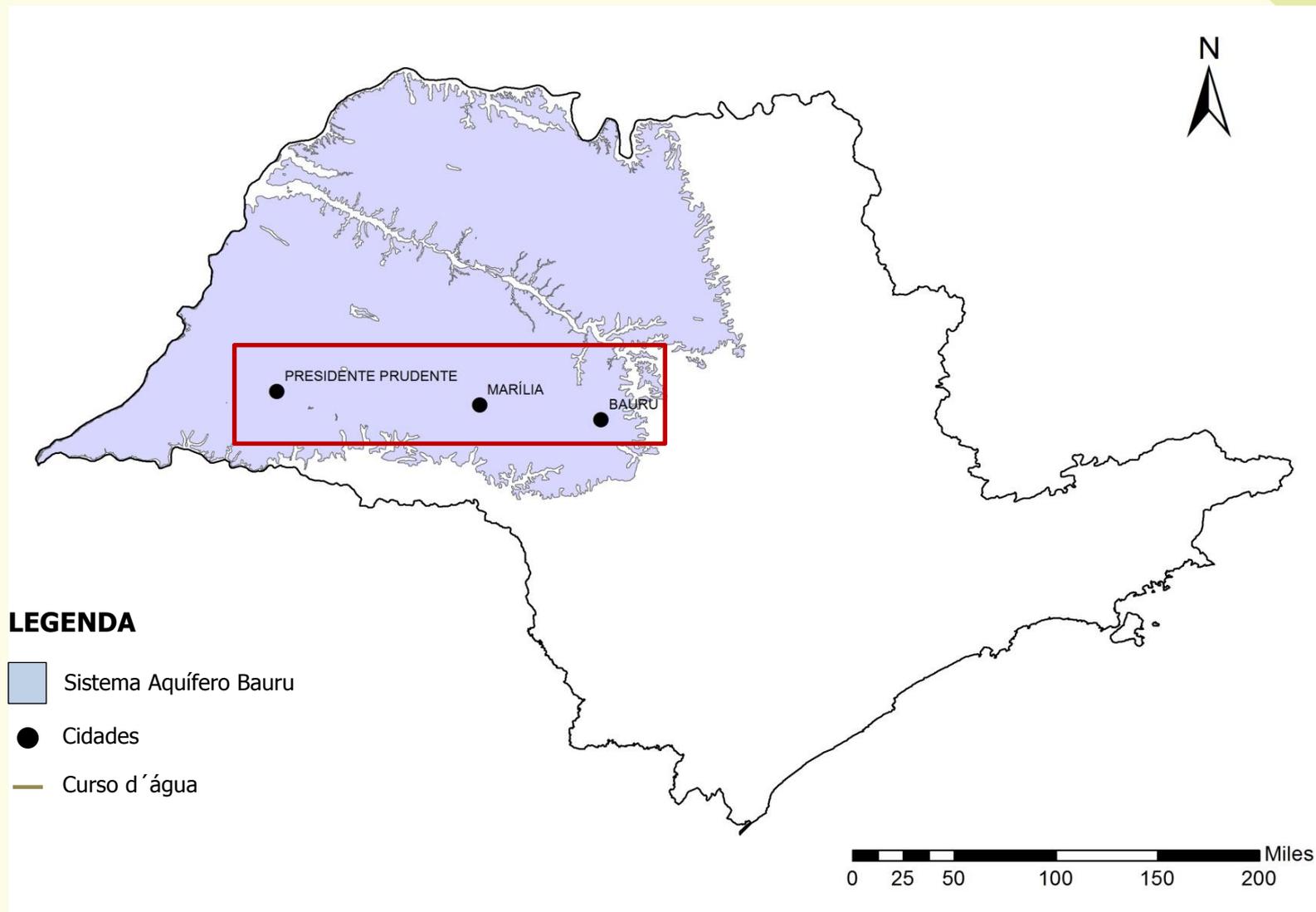


OBJETIVOS

✓ Avaliar os estilos de ocupação urbana e o impacto potencial de contaminação das águas subterrâneas por **nitrato**, correlacionando os processos de **urbanização** e a distribuição deste contaminante no **SAB**.



ÁREAS DE ESTUDO



ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Levantamento dos dados

- **Cadastro dos poços**
- **Levantamento cartográfico**
- **Levantamento de esgotamento sanitário**
- **Tratamento das análises químicas pré-existentes**

Trabalho de campo

- **Campanhas de amostragem**

Trabalho de escritório

- **Modelo conceitual de circulação da água subterrânea**
- **Carga potencial de nitrato**
- **Zoneamento das áreas potenciais de contaminação**
- **Elaboração de medidas de proteção das águas subterrâneas**

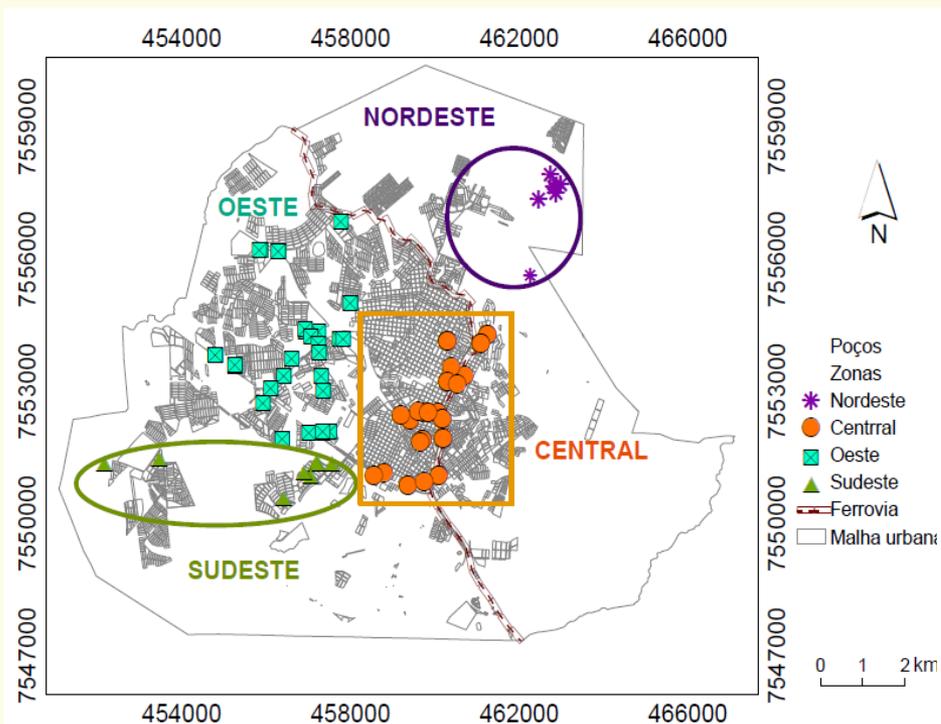


RESULTADOS – PRESIDENTE PRUDENTE



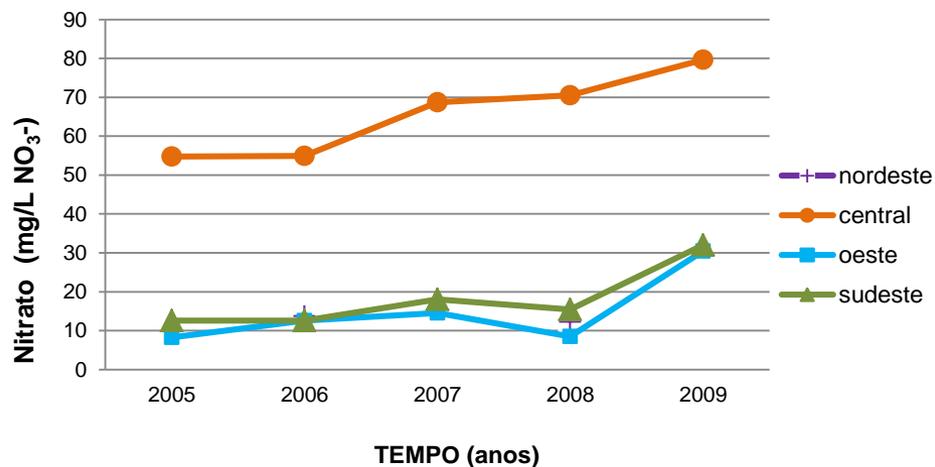
EVOLUÇÕES TEMPORAL E ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO

Concentrações pretéritas de $N-NO_3^-$

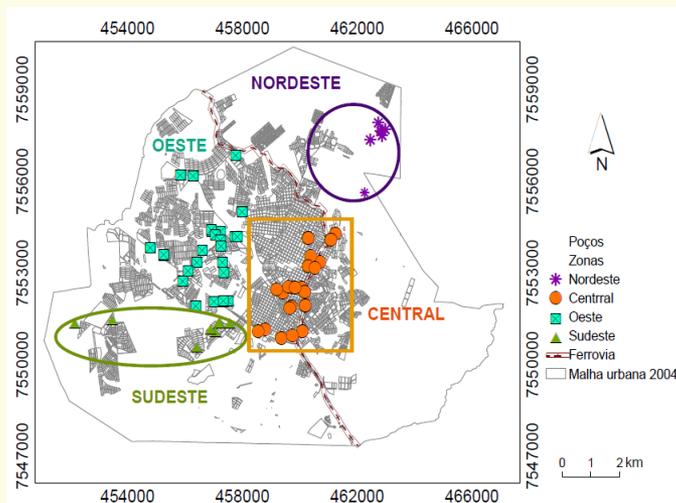


Fonte: Procel (2011)

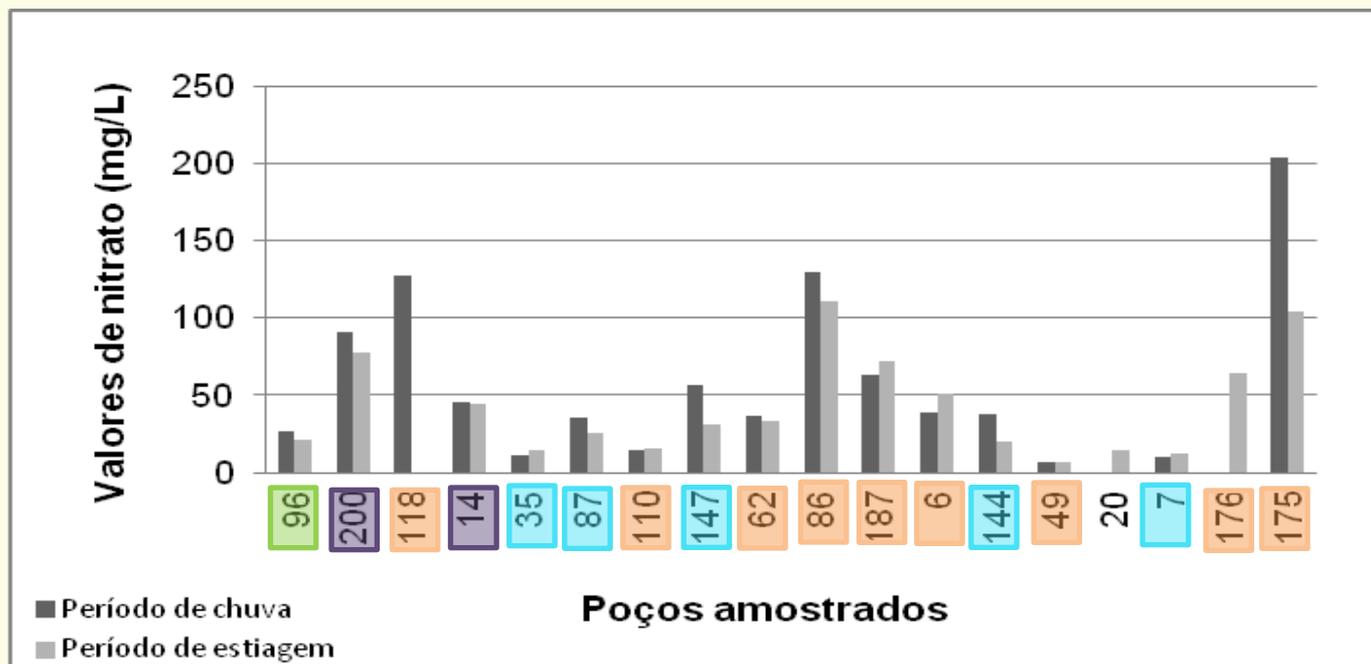
Zonas	Total poços	No. análises
Nordeste	8	8
Central	21	29
Oeste	23	39
Sudeste	8	19



EVOLUÇÕES TEMPORAL E ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO

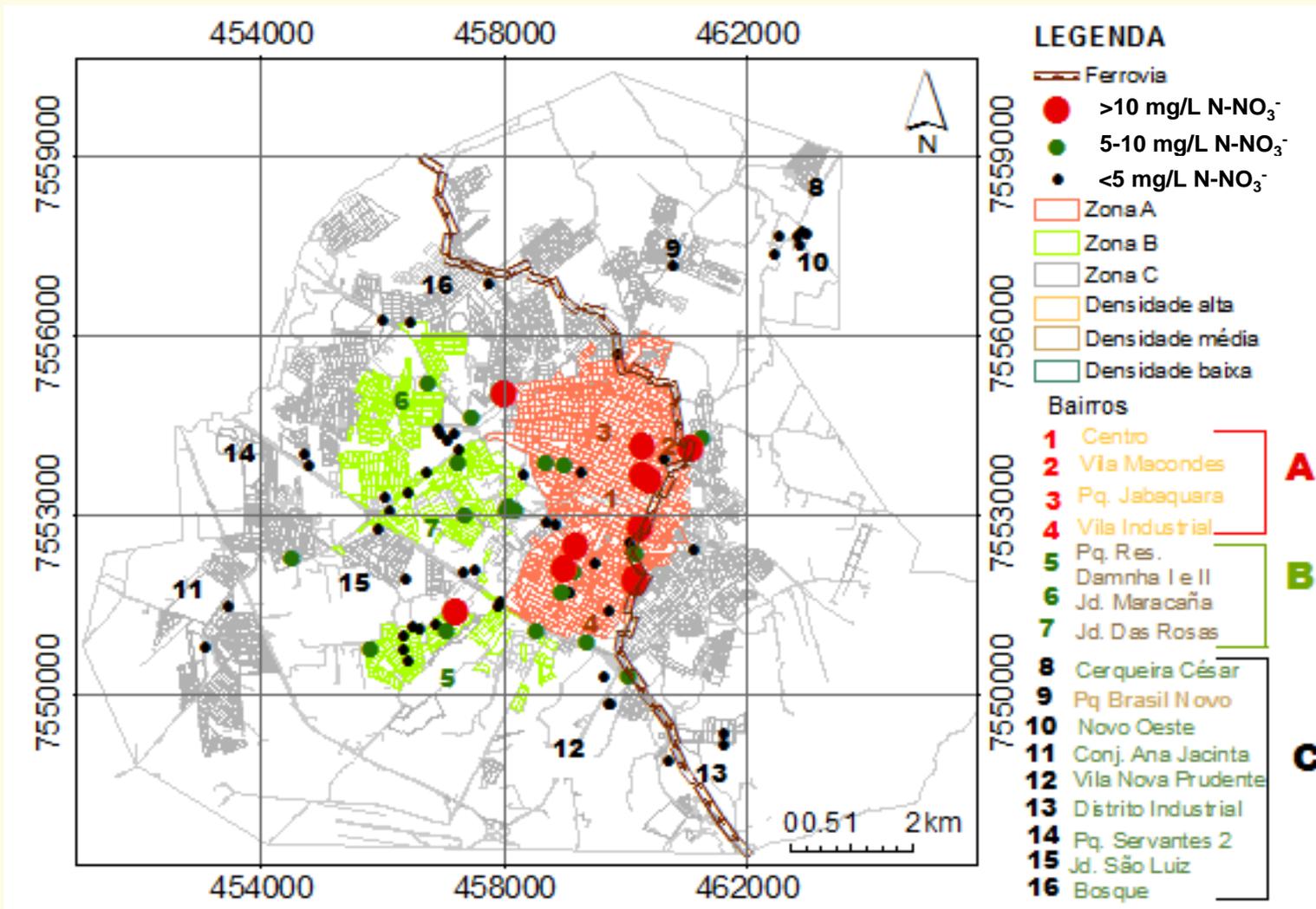


Concentrações a partir das campanhas recentes



Fonte: Procel (2011)

ZONEAMENTO X DENSIDADE DE OCUPAÇÃO

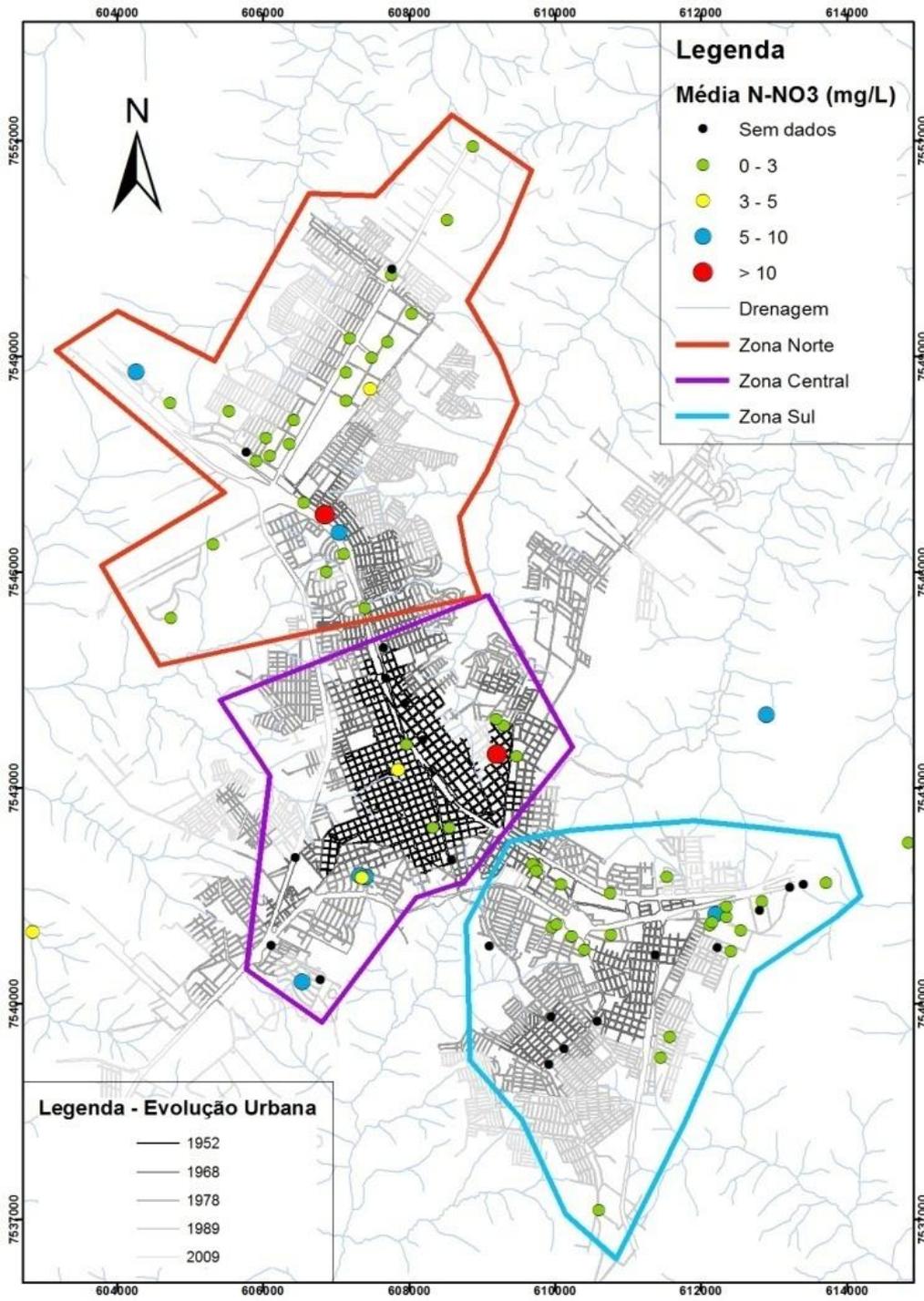


Fonte: Procel (2011)



RESULTADOS – MARÍLIA





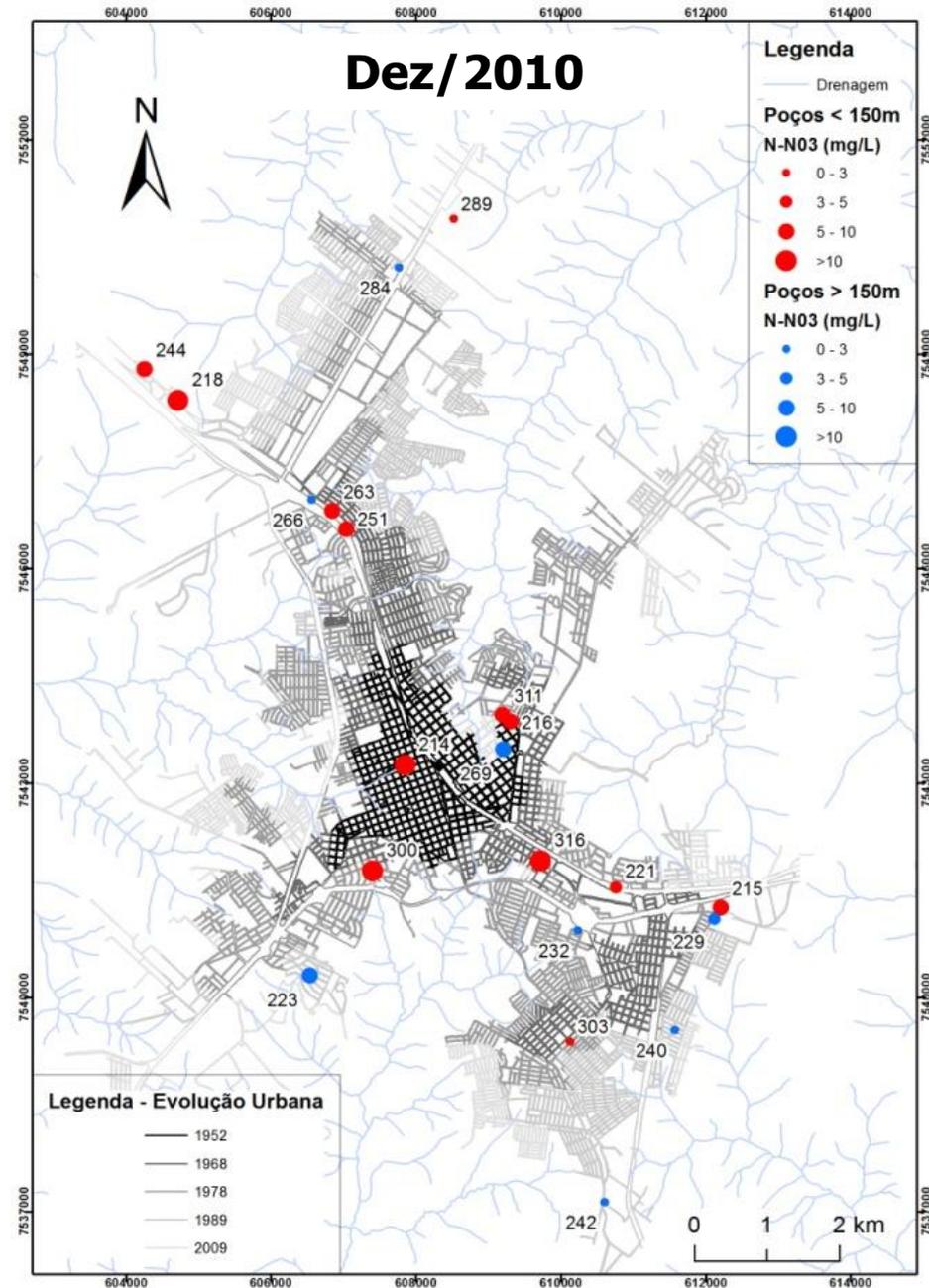
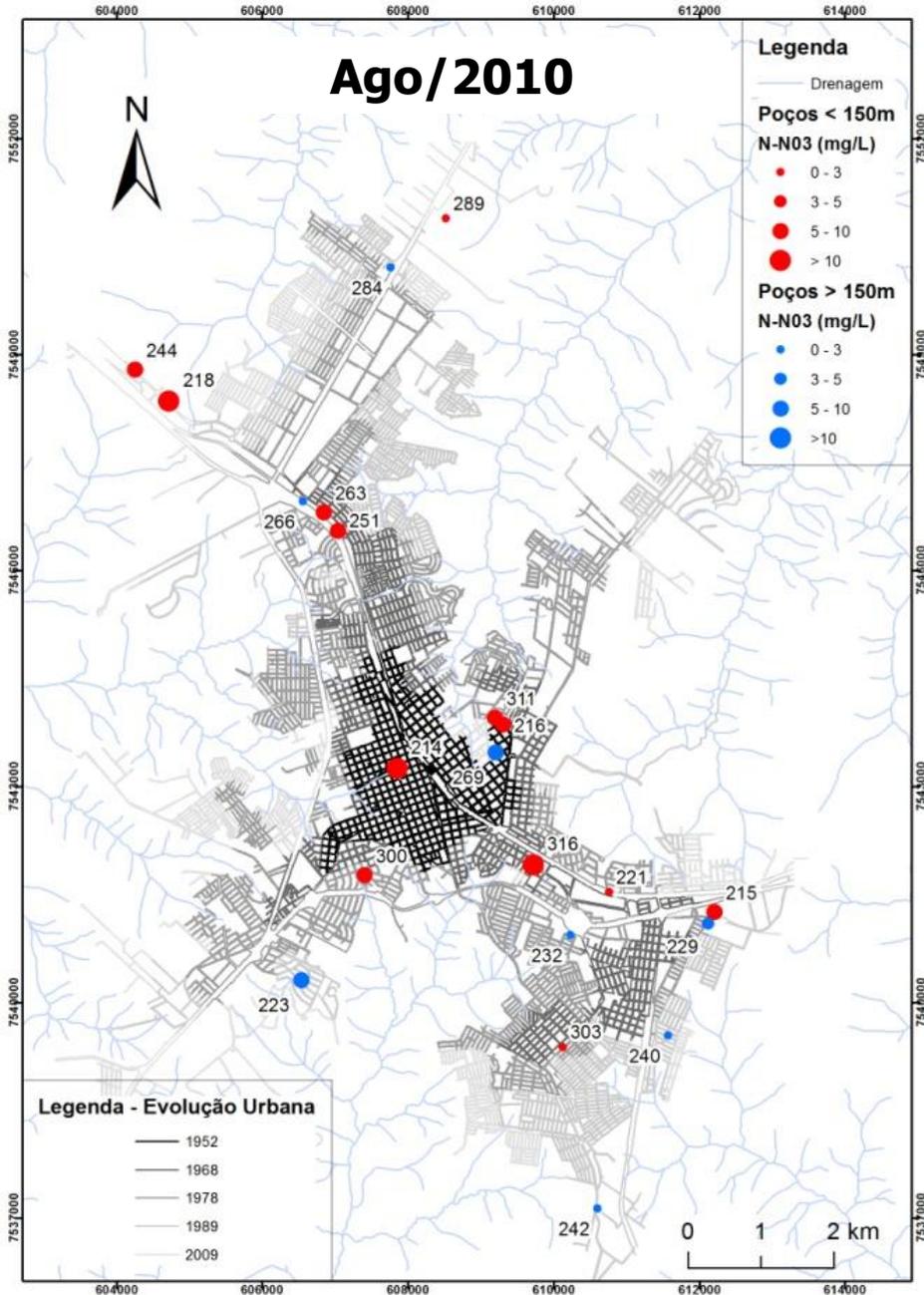
Relação entre urbanização e concentrações de nitrato nos poços: análises pretéritas

- 82% poços: <3 mg/L N-NO₃⁻
- 16% poços: 3-10 mg/L N-NO₃⁻
- 2% poços: > 10 mg/L N-NO₃⁻

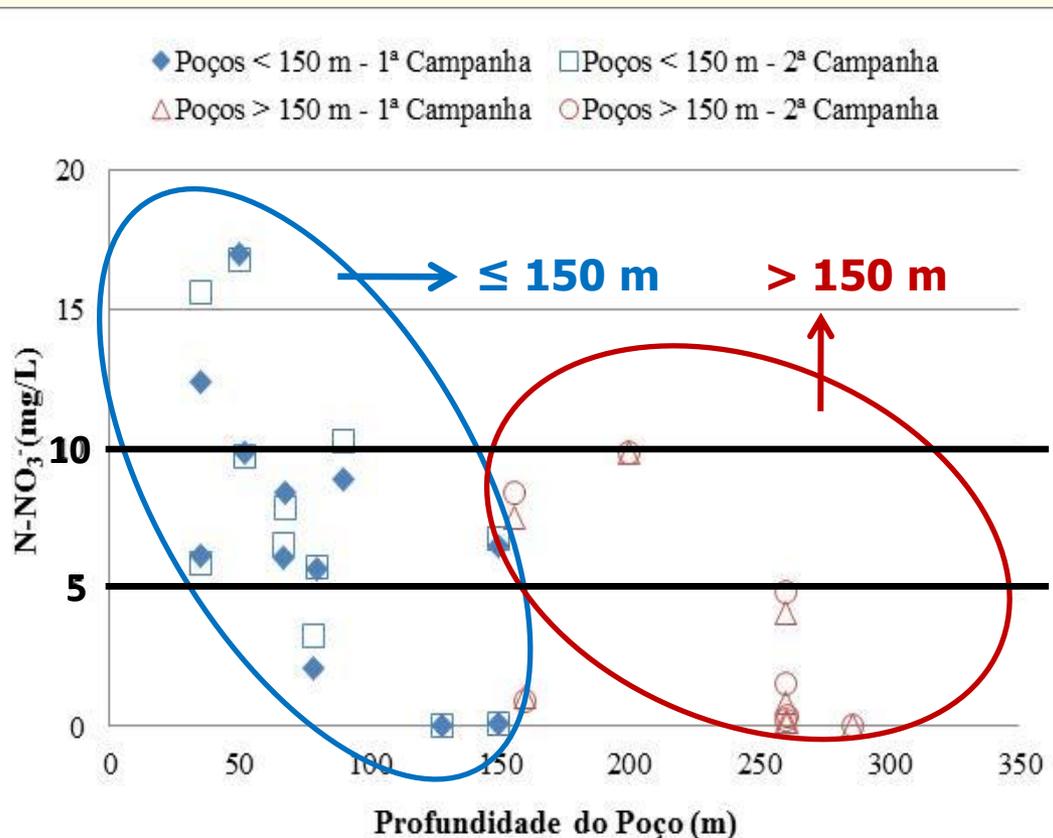
Fonte: Varnier *et al.* (2010)



CONCENTRAÇÕES DE NITRATO



CONCENTRAÇÕES DE NITRATO X PROFUNDIDADE DOS POÇOS



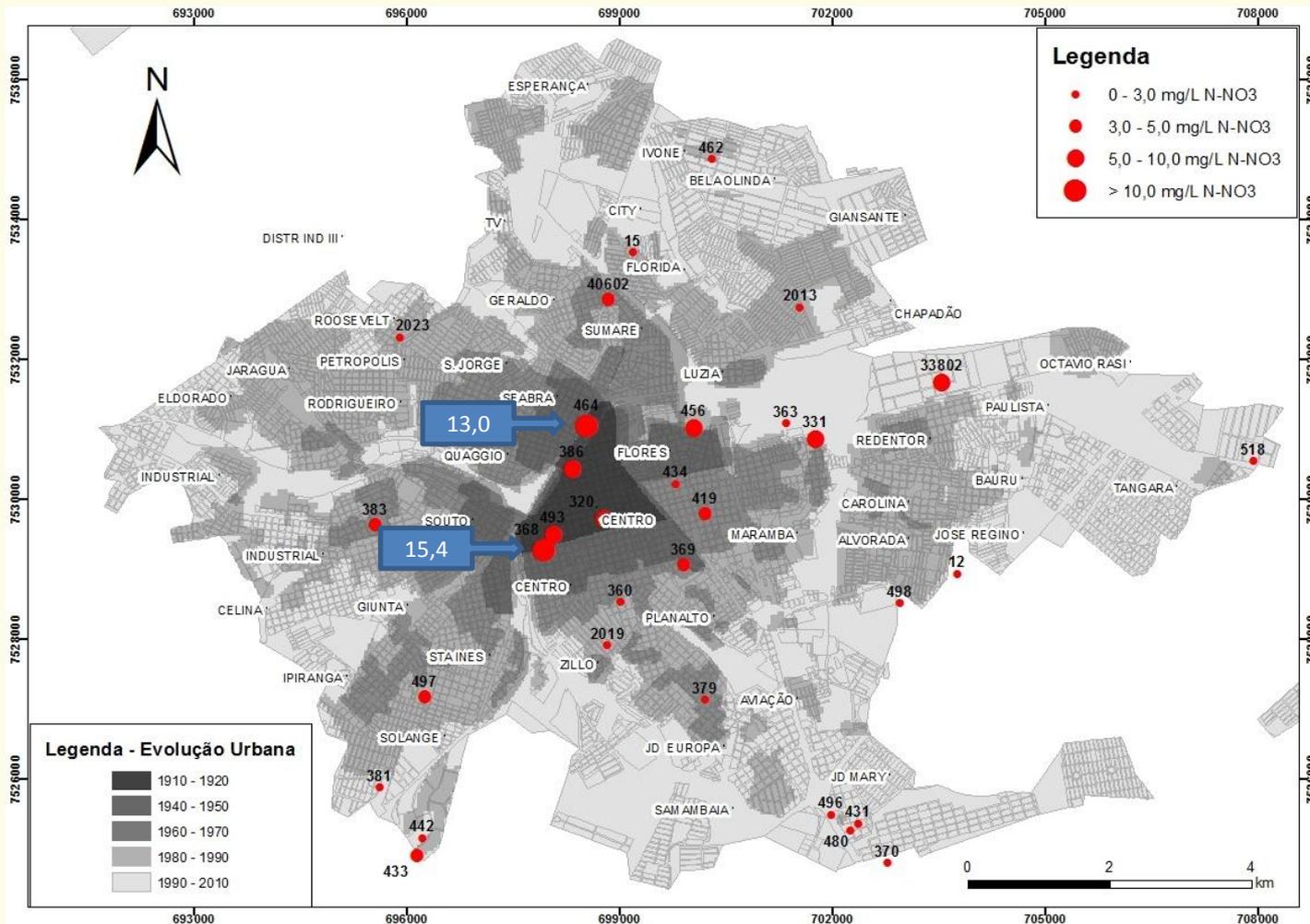
Fonte: Varnier *et al.* (2010)

- Contaminação está mais presente na **parte superior** do Sistema Aquífero Bauru (Aquífero Marília);
- As porções **mais profundas e menos permeáveis** limitam a movimentação de nitrato para o Aquífero Adamantina (<3 mg/L N-NO₃⁻);
- Má construção de poços pode também contribuir para contaminação local do Adamantina.

RESULTADOS – BAURU



EVOLUÇÕES TEMPORAL E ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO

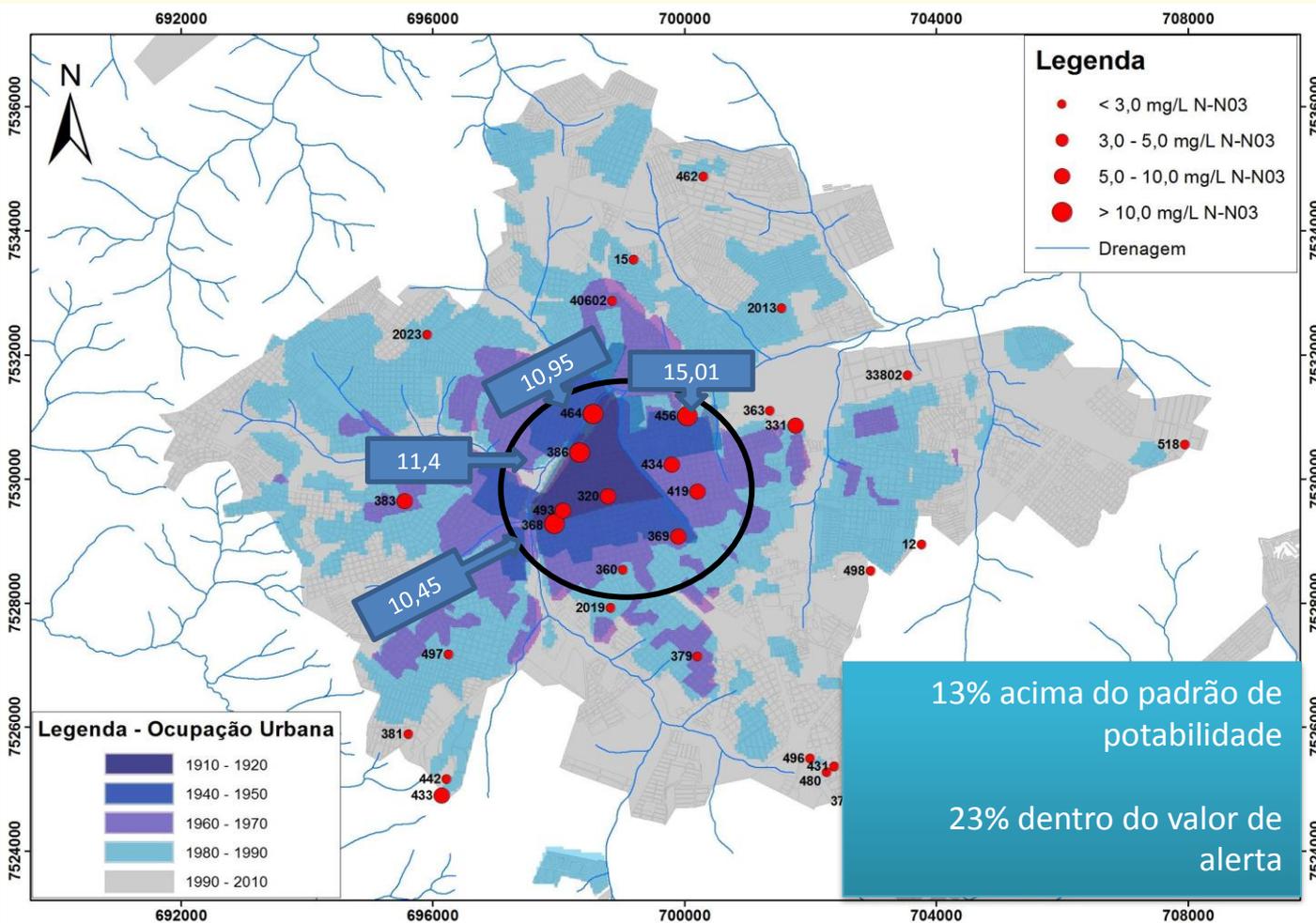


Média das análises pré-existentes (1995-2011)

Fonte: Cavalin (2011);
Varnier *et al.* (2012)



EVOLUÇÕES TEMPORAL E ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO

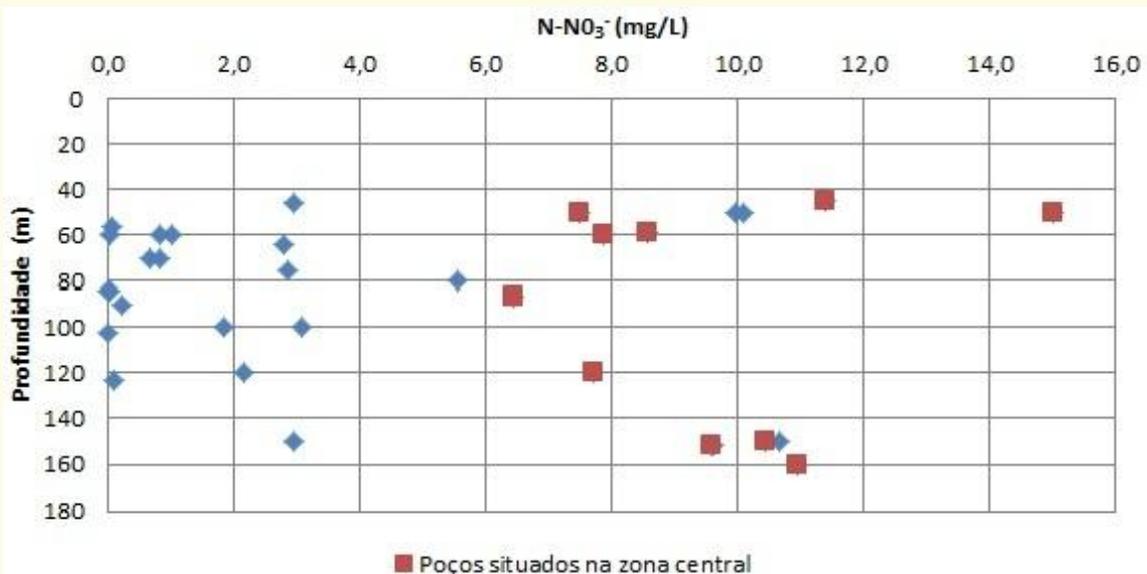


Campanhas recentes (junho e agosto de 2011)

Fonte: Cavalin (2011) ;
Varnier *et al.* (2012)

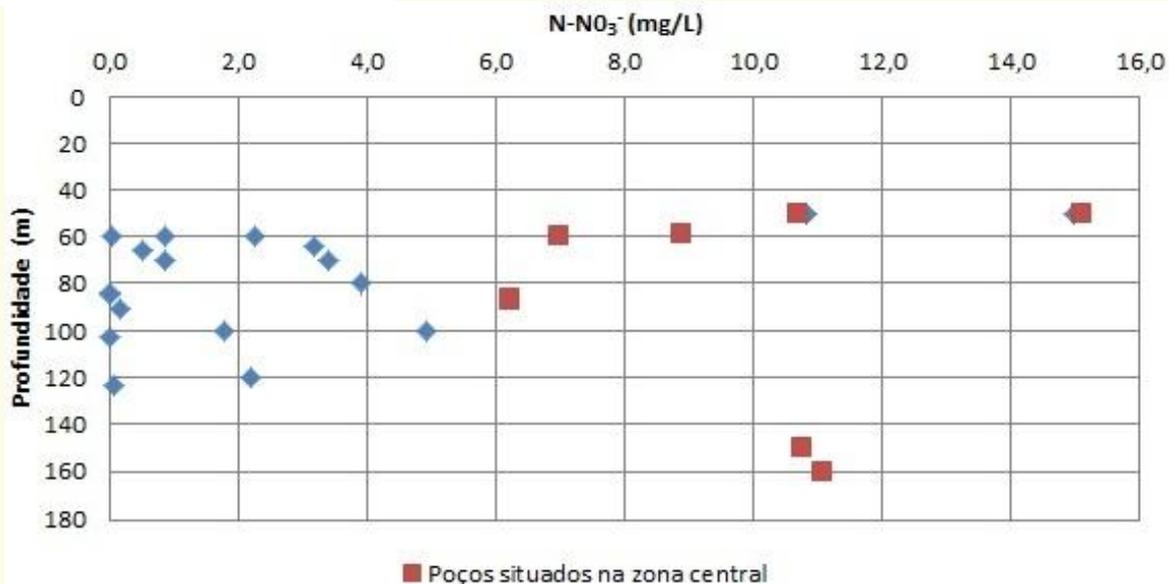


CONCENTRAÇÃO DE NITRATO X PROFUNDIDADE DOS POÇOS

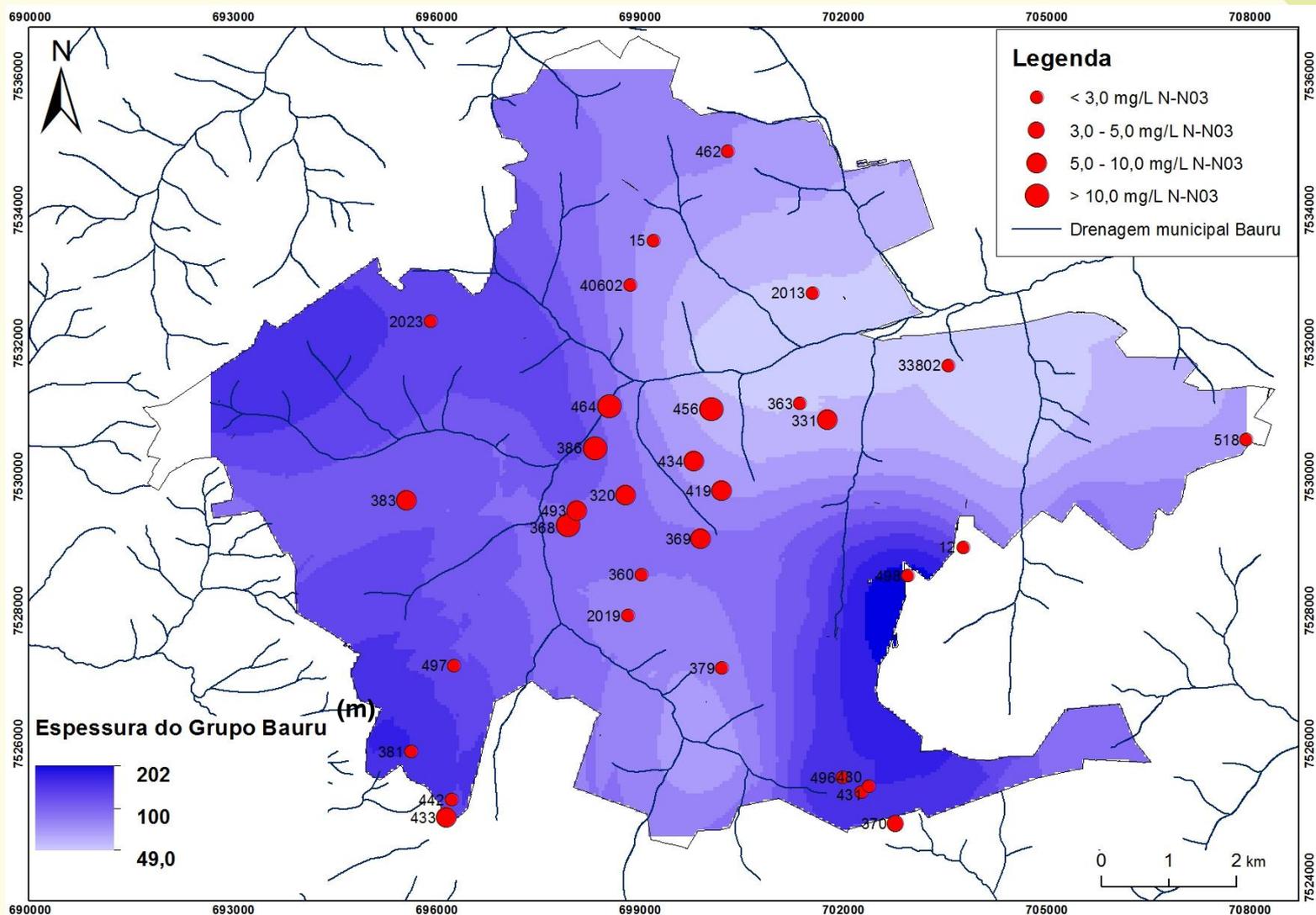


Junho-Agosto/2011

Dezembro/2011



CONCENTRAÇÃO DE NITRATO E ESPESSURA DO SAB



Fonte: Cavalin (2011)



CONCLUSÕES



CONCLUSÕES

- ✓ Concentrações de nitrato, indicam valores acima do padrão de potabilidade (**até 46 mg/L N-NO₃⁻ em Presidente Prudente; 16,9 mg/L N-NO₃⁻ em Marília; 15,1 mg/L N-NO₃⁻ em Bauru**);
- ✓ As **maiores concentrações** ocorrem nas áreas centrais, mais antigas, maior densidade populacional e rede de esgoto mais velhas;
- ✓ A contaminação está concentrada, em geral, nas **porções mais rasas do SAB**, embora concentrações acima do valor de alerta seja constatada em poços mais profundos;



CONCLUSÕES

✓ Identificação de **três zonas sensíveis à contaminação** em Presidente Prudente: a) Zona com problemas de nitrato (>10 mg/L N-NO₃⁻); b) Zona com possíveis problemas de nitrato (5-10 mg/L N-NO₃⁻); c) Zona sem problemas de nitrato (<5 mg/L N-NO₃⁻);

✓ Os resultados demonstraram que os critérios adotados foram satisfatórios para identificação da contaminação de nitrato em áreas urbanas e que podem ser aplicados em outros municípios abastecidos pelo SAB.



RECOMENDAÇÕES



RECOMENDAÇÕES GERAIS

DADOS GERAIS NECESSÁRIOS PARA APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL CONTAMINAÇÃO POR NITRATO NOS MUNICÍPIOS

- Melhor detalhamento e qualidade do relatório do poço;
- Realização de campanhas de informação ao usuário para regularização dos poços e exigência junto às empresas de perfuração do relatório final do poço com qualidade;
- Mapear, organizar e manter as informações sobre a expansão da rede de esgotamento sanitário e da ocupação urbana;



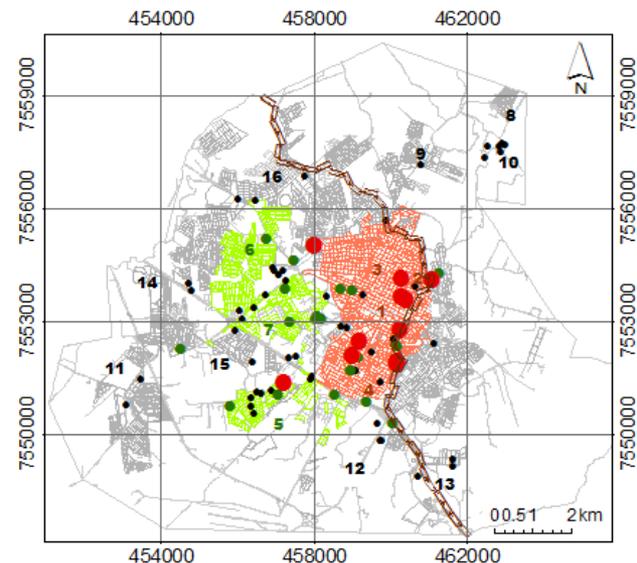
RECOMENDAÇÕES GERAIS

DADOS GERAIS NECESSÁRIOS PARA APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL CONTAMINAÇÃO POR NITRATO NOS MUNICÍPIOS

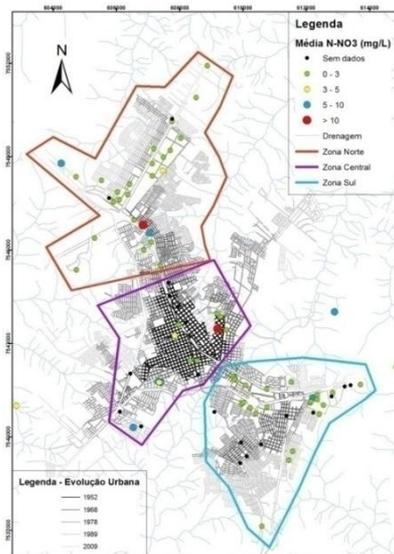
- Seleção de alguns poços particulares distribuídos nas áreas urbanas para o monitoramento anual dos parâmetros nitrato, cloreto e condutividade elétrica;
- Manter os dados históricos das análises químicas, sobretudo as de nitrato, de forma organizada e sistematizada.



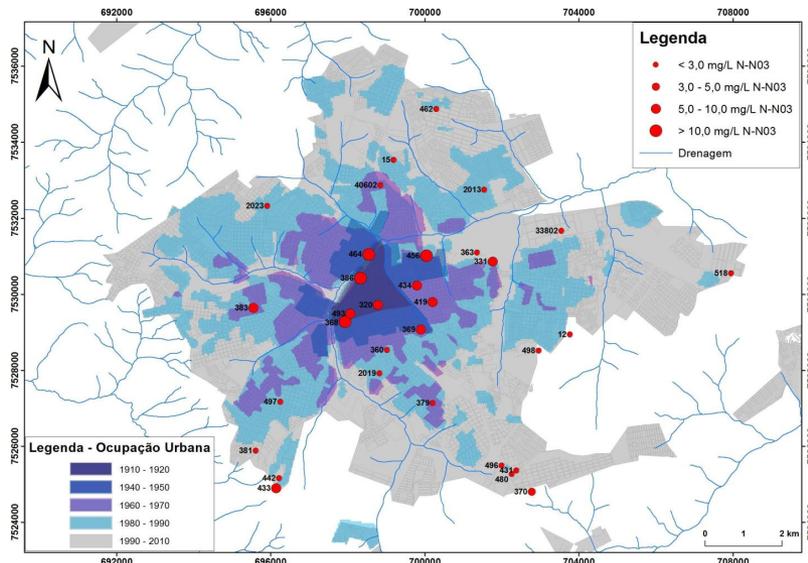
ZONAS COM PROBLEMAS DE NITRATO ($>10 \text{ mg/L N-NO}_3^-$)



Zona A (Presidente Prudente)



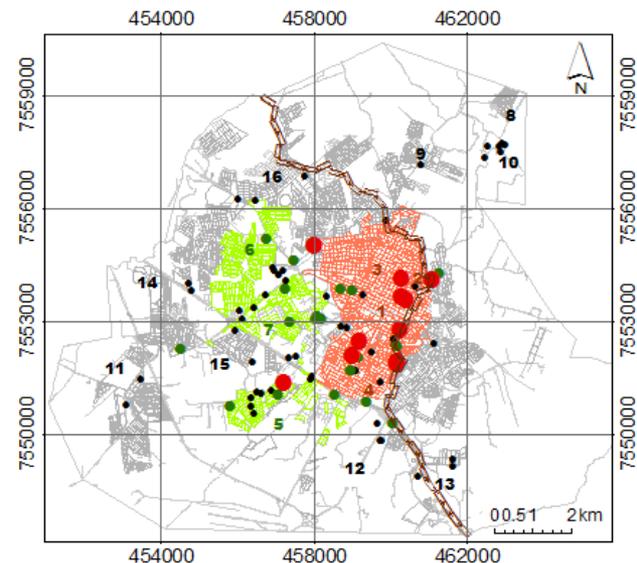
Zona Central (Marília)



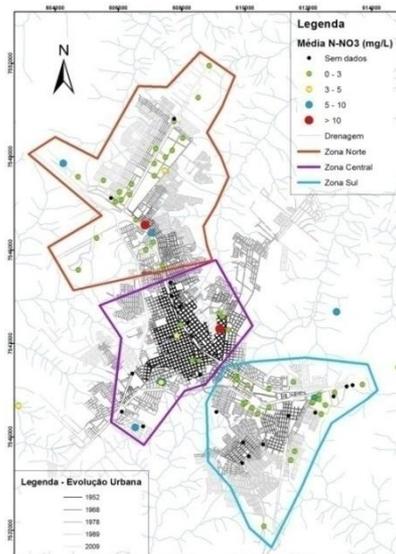
Áreas ocupação até 1970 (Bauru)

- Restringir uso da água de poços contaminados para consumo humano;
- Implantar **rede de monitoramento** (poços multiníveis) e avaliar a distribuição do nitrato em profundidade;
- Orientar o usuário a manter **monitoramento semestral** da qualidade da água, em poços $>10 \text{ mg/L N-NO}_3^-$ e análise de indicadores (nitrato, cloreto e CE);

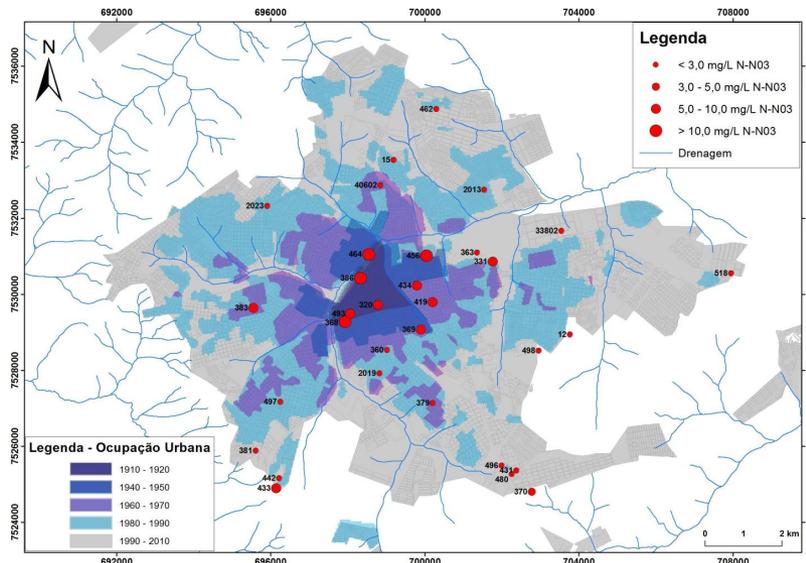
ZONAS COM PROBLEMAS DE NITRATO ($>10 \text{ mg/L N-NO}_3^-$)



Zona A (Presidente Prudente)



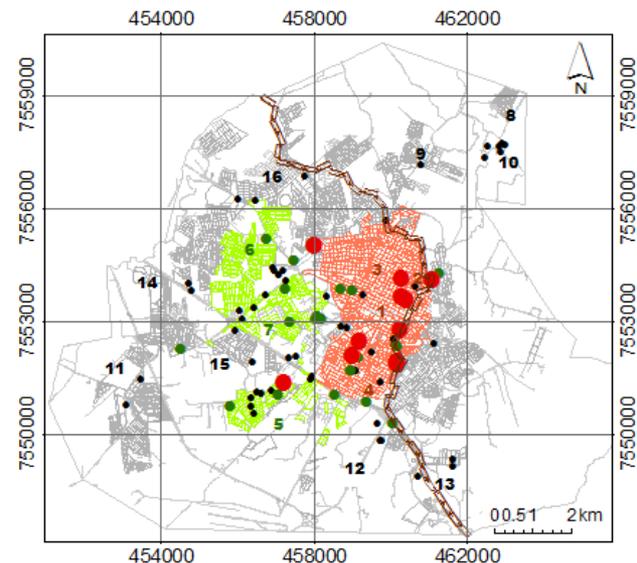
Zona Central (Marília)



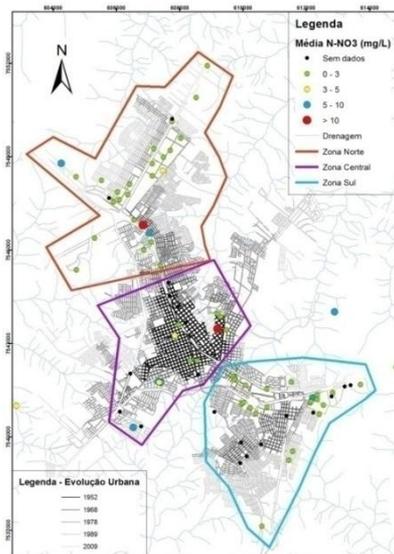
Áreas ocupação até 1970 (Bauru)

- Avaliar a troca da antiga rede coletora de esgoto ➡ minimizar possíveis vazamentos;
- Impedir a construção de poços com filtros em diferentes aquíferos ➡ minimizar a contaminação cruzada (maiores concentrações de nitrato são encontradas nas porções mais rasas do SAB);
- Identificar e tamponar os poços abandonados ➡ vetores de contaminação de níveis mais profundos do SAB;

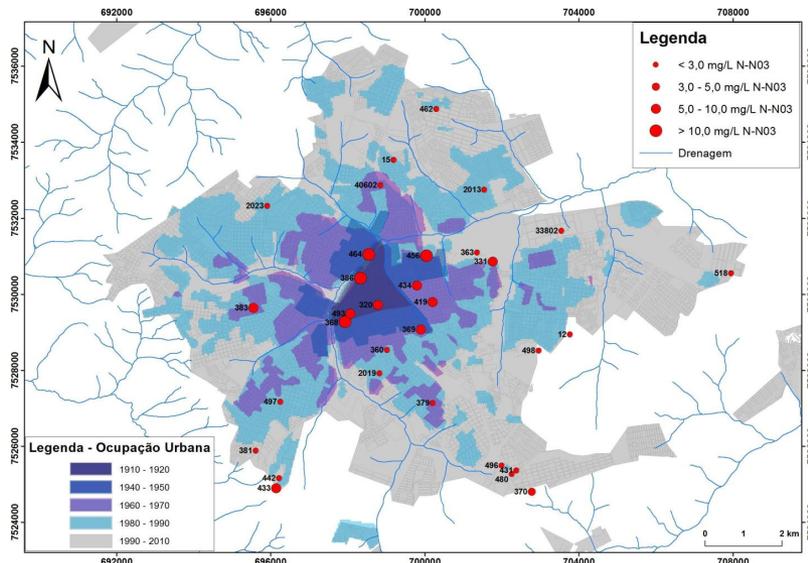
ZONAS COM PROBLEMAS DE NITRATO ($>10 \text{ mg/L N-NO}_3^-$)



Zona A (Presidente Prudente)



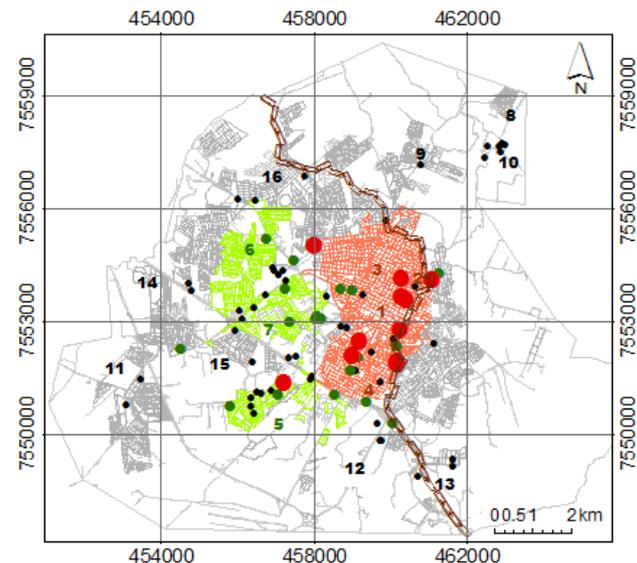
Zona Central (Marília)



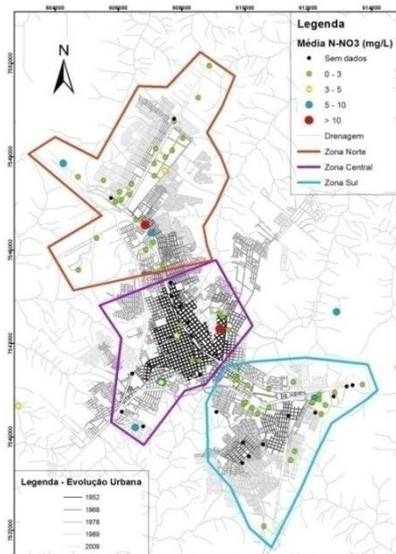
Áreas ocupação até 1970 (Bauru)

- Selecionar alguns poços privados para monitoramento sistemático (anual) das concentrações de nitrato ➡ evolução da contaminação e delimitação das zonas estabelecidas neste estudo;
- Refinar os limites destas zonas e definir restrições quanto ao uso da água e à construção de poços, promovendo junto aos Comitês de Bacias discussão para implantação de uma ARC (Deliberação CRH nº 52/2005).

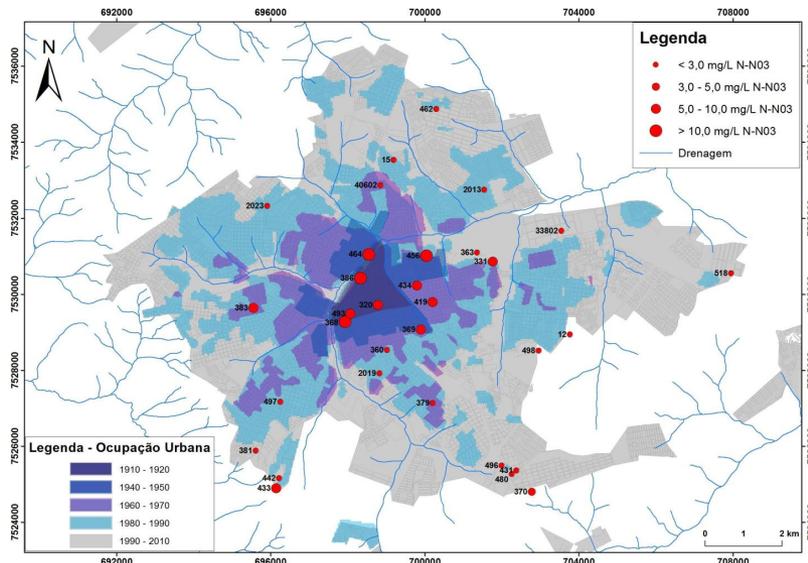
ZONAS COM POSSÍVEIS PROBLEMAS DE NITRATO (5-10 mg/L N-NO₃⁻)



Zona B (Presidente Prudente)



Zona Central (Marília)



Áreas ocupação após 1970 (Bauru)

- Orientar o usuário a manter monitoramento anual da qualidade da água, analisando indicadores como nitrato, cloreto e CE;
- Identificar e tamponar poços abandonados ➡ vetores de contaminação de níveis mais profundos do SAB ou de aquíferos subjacentes.

BIBLIOGRAFIA

CAVALIN, M. V. (2011). Padrões de ocupação urbana e contaminação por nitrato nas águas subterrâneas do município de Bauru, centro-oeste do Estado de São Paulo. Trabalho de Conclusão de Curso. Senac, São Paulo, 86 p.

PROCEL, S. (2011). Contaminação por Nitrato e sua Relação com o Crescimento Urbano no Sistema Aquífero Bauru em Presidente Prudente (SP). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 132 p.

ROSENBERGER, M.; VARNIER, C.; ODA, G. H.; VIOTTI, M.; TAKEUCHI, D. M.; SILLES, J. S. (2012). Caracterização hidrogeológica do Sistema Aquífero Bauru na área urbana de Bauru (SP). In: 2º SIMPÓSIO GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE, São Paulo, 2012. *Coletânea de trabalhos: Boletim do Instituto Geológico São Paulo*, Instituto Geológico, vol. 19, p. 92.

VARNIER, C.; IRITANI, M. A.; VIOTTI, M.; ODA, G. H.; 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, nº1/2, p. 1-21.

VARNIER, C.; IRITANI, M. A.; VIOTTI, M.; ODA, G. H.; FERREIRA, L. M. R. (2012). Relación entre la urbanización y la contaminación por nitrato en el Sistema Acuífero Bauru (Ciudad de Bauru, Brasil). In: XI CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDROGEOLOGÍA Y IV CONGRESO COLOMBIANO DE HIDROGEOLOGÍA, Cartagena de Índias, 2012. *Anais*, ALHSUD, 05p.



Dra. Claudia Varnier

Instituto Geológico

claudia.varnier@igeologico.sp.gov.br

www.igeologico.sp.gov.br