

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO AQUÍFERO GUARANI NO MUNICÍPIO DE MINEIROS, NO ESTADO DE GOIÁS, ATRAVÉS DA CONTAMINAÇÃO POR N-AMONIACAL, NITRATO NITRITO.**

*José Carlos Rodrigues Meira<sup>1\*</sup>; Danna Pereira Barbosa<sup>2</sup>; Nelson Roberto Antoniosi Filho<sup>3</sup>;  
Marcus Vinícius Ramos<sup>4</sup>; Giovanni Bárbara Nunes<sup>5</sup>; Elieser Viegas Wendt<sup>6</sup>; Lindolfo Caetano  
Pereira Júnior<sup>7</sup>.*

**Resumo** - O município de Mineiros, situado na região sudoeste do estado de Goiás, sofreu efeitos da expansão da fronteira agrícola desde a década de 1970, convertendo as coberturas do Cerrado às atividades agropecuárias. Para tanto, captou e ainda capta água do Sistema Aquífero Guarani (SAG), dominante no município. As atividades econômicas destacam-se pela bovinocultura extensiva e agricultura intensiva, que emprega grande quantidade de insumos e defensivos agrícolas e, que podem ou não estar afetando a qualidade de suas águas. O objetivo deste trabalho foi avaliar as variações dos teores de compostos nitrogenados na forma de N-amoniacal, nitrito e nitrato, bem como outros parâmetros físico-químicos, no Aquífero Guarani, no município de Mineiros, estado de Goiás, considerando-se como principais fontes desses componentes, os fertilizantes aplicados no solo, desta forma, visando fornecer subsídios para a avaliação das implicações decorrentes do uso deste insumo para as águas subterrâneas. Dentre os poços analisados, em  $\frac{3}{4}$  foram detectados a presença de N-Amoniacal, cerca de 25% não apresentou a presença de N-nitrato. Nos poços em que detectaram a presença destes contaminantes, os teores encontrados estavam abaixo dos valores máximos permissíveis pela legislação.

**Palavras-Chave:** Mineiros, Sistema Aquífero Guarani, Impactos Ambientais da Agricultura.

**Abstract** - The municipality of Mineiros located in the southwestern of the state of Goiás stands out from the expansion of agriculture (1970), from Cerrado covers converting to agricultural activities. Therefore, raised and still captures water from the Guarani Aquifer System (SAG), dominant in the municipality. The economic activities are distinguished by extensive cattle and intensive agriculture, which employs large quantities of inputs and pesticides, and that, may or may not be affecting the quality of its waters. The objective of this study is to evaluate the variations in the levels of nitrogen in the form of ammonia-N, nitrite and nitrate, as well as other physical and chemical parameters, in the Guarani Aquifer, the city of Miners, State of Goiás, considering as main sources of these components, the fertilizers applied to the soil, thus, to provide data for the assessment of the implications arising from the use of this input to groundwater. The results indicated that three quarters of the wells in the presence of detected-Ammonium N, about 25% did not show the presence of nitrate-N. In wells in which detected the presence of these contaminants, the levels found were below the maximum allowable by law.

**Keywords:** Mineiros, Guarani Aquifer System, water quality, agricultural inputs

<sup>1</sup> Doutorando do Curso de Ciências Ambientais do CIAMB. Universidade Federal de Goiás - UFG, ariemcarlos@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Instituto Federal de Goiás. Departamento II, Área de Química. dannspb@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Doutor da Universidade Federal de Goiás - UFG, Campus Samambaia - nllantoniosi@hotmail.com

<sup>4</sup> Técnico do Instituto Federal de Goiás - IFG, marcusramos007@hotmail.com

<sup>5</sup> Professor do Instituto Federal de Goiás - Departamento II, Área de Química. giovannibnunes@gmail.com

<sup>6</sup> Mestrando em Química pela Universidade Federal de Goiás - UFG - Campus II-Samanbaia - Instituto de Química. elieserwendt@gmail.com

<sup>7</sup> Secretária do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás. lindolfocaetano@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Em meados da década de 1970, o Centro-Oeste brasileiro sofreu forte expansão da fronteira agrícola através de investimento estatal, sobretudo com a implantação do Programa de desenvolvimento do Cerrado (POLOCENTRO), cuja grande mudança de uso do solo resultou da conversão das coberturas vegetais em áreas para produção agrícola e pecuária extensiva, utilizando-se de modernas tecnologias, cujo objetivo era o incremento da produção e da produtividade mundial, através da tecnologia em melhoramento genético, produção de sementes, uso intensivo de equipamentos e de insumos, como corretivos, fertilizantes e defensivos agrícolas (MIZIARA, 2006).

Castro *et al.* (2004) relatam que o Centro-Oeste brasileiro passou, a partir dessa década (1970) a se destacar pela expansão da produção de grãos, em especial da soja, além de milho, sorgo e algodão, mantendo essa posição até hoje, sendo importante tanto para o consumo interno, quanto para a exportação. Ainda, segundo os mesmos autores, essas mudanças promoveram amplas transformações nas paisagens de um bioma classificado com áreas prioritárias para conservação da biodiversidade mundial (hotspots) (MACHADO *et al.*, 2004), por meio de desmatamentos, acompanhados por impactos sobre a biodiversidade, solos e águas.

O cultivo dessas culturas demanda uso frequente de fertilizantes, como os nitrogenados, fosfatados e potássicos. Dentre as substâncias que podem constituir risco para a saúde humana, incluem-se os compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação: nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. O nitrato é um dos poluentes mais comuns nas águas subterrâneas e causa significativo problema de qualidade da água subterrânea em todo mundo, especialmente em áreas agrícolas Cheong *et al.*, (2011). Segundo Araújo *et al.* (2011), a contaminação de águas subterrâneas por nitrato pode ser um problema quando ocorre o uso intensivo de fertilizantes na agricultura, especialmente em área de recarga de aquíferos livres, como é o caso da área de pesquisa. O nitrato e o nitrito podem reagir com aminas e amidas e formarem agentes cancerígenos a partir de compostos N-nitrosos. Segundo Chapelle (2001), a oxidação da amônia, derivada de fertilizantes com uréia, num processo biológico aeróbio, a transforma em nitrito, sob a ação do grupo de bactérias *Nitrosomanas* e ao final, em nitrato, pelo grupo *Nitrobacter*.

Em áreas agrícolas, o nitrato constitui-se no principal contaminante da água potável (WARD *et al.*, 2007). Os efeitos na saúde devido à transformação dos nitratos em nitritos e, eventualmente, a transformação de nitrito em nitrosaminas, no estômago, pode causar metahemoglobinemia em crianças de até dois anos de vida devido à sua presença na água utilizada para reconstituir o leite para a alimentação (SACCO *et al.*, 2007). Também o aborto espontâneo e o aumento de risco de linfoma não-Hodgkin, têm sido associados à água potável contaminadas por nitrato em baixa concentração como 2,5 a 4 mg L<sup>-1</sup> (GURDAK; QI, 2012).

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 nitrito (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, o ambiente é provavelmente pobre em oxigênio. No Brasil, o nível de concentração máxima permitida de nitratos na água de consumo é de 10 mg L<sup>-1</sup>, para N-amoniacal é 1,5 e, para o nitrito, 1 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as variações dos teores de compostos nitrogenados na forma de N-amoniacal, nitrito e nitrato, bem como outros parâmetros físico-químicos, no Aquífero Guarani, no município de Mineiros, estado de Goiás, considerando-se como principais fontes desses componentes, os fertilizantes aplicados no solo, desta forma, visando fornecer subsídios para a avaliação das implicações decorrentes do uso deste insumo para as águas subterrâneas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

O município de Mineiros está localizado no Sudoeste Goiano (Figura 1), tem área de 8.896 km<sup>2</sup> e se situa geograficamente em altitudes que variam entre 770 metros a 1.100 metros. O município apresenta precipitação média anual de 1.853 mm e, temperatura entre 18 e 20 °C, tendo clima definido basicamente por duas estações, uma seca, com temperaturas amenas, e a outra chuvosa, com temperaturas elevadas. O município ocupa grandes áreas em faixas de afloramentos e recargas do Sistema Aquífero Guarani (SAG), com predominância da Formação Botucatu. Segundo Oliveira e Vieira (2011), essa formação é composta por arenitos eólicos, constituídos predominantemente por areias finas a médias cimentadas por sílica, carbonato e ou limonita. Conforme Oliveira (2009), de todas as unidades geológicas que compõem o SAG em território brasileiro, os arenitos dessa formação são os que apresentam maior área de ocorrência na Bacia Sedimentar do Paraná.

Na região Sul de Goiás, o SAG está distribuído em uma área de 45.575 km<sup>2</sup>. A área de ocorrência compreende três zonas aflorantes, que juntas somam 9.580 km<sup>2</sup> e a porção confinada com 35.994 km<sup>2</sup>, Oliveira (2009). A zona de afloramento mais representativa, com 8.832 km<sup>2</sup>, está localizada na região de Mineiros, que se estende desde o município de Santa Rita do Araguaia até o município de Serranópolis. A segunda área mais expressiva de afloramento, com área de 705 km<sup>2</sup>, localiza-se no município de Jataí.

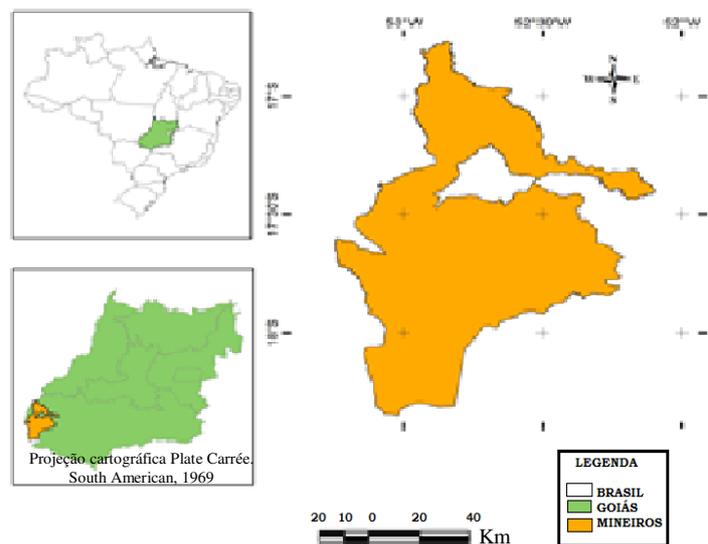
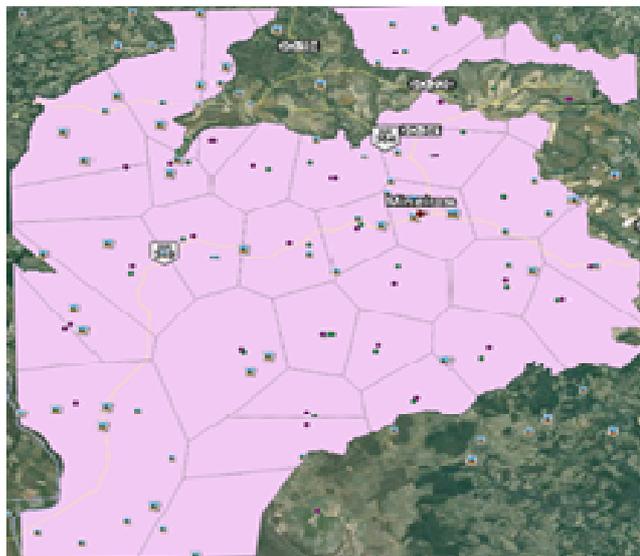


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

### Plano de Amostragem

A seleção dos poços seguiu um planejamento envolvendo análise estatística dos 163 poços existentes na área de estudo, que desse total, 29 poços foram selecionados com um nível de confiança de 90%. Como não há uma distribuição uniforme desses poços, optou-se pelo uso do método dos polígonos de Thiessen, como base na região de influência de cada poço.

Dessa forma, a área de influência decisiva para a seleção dos poços foi obtida pela aplicação do método dos polígonos de Thiessen. Traçaram-se, no mapa, linhas retas que uniu os poços adjacentes, isto é, os mais próximos entre si. Em seguida, traçaram-se as mediatrizes destas retas (linhas médias perpendiculares). Finalmente definiram-se as regiões de influência dos 29 poços, que são os polígonos formados pelas mediatrizes ou de Thiessen (Figura 2).



Legenda: ■ poços selecionados;  
■ Primeiro e segundo poço mais próximo

Figura 2 – Mapa dos polígonos de Thiessen

## Análises Físico-químicas

A coleta das amostras das águas subterrâneas foi realizada no mês de janeiro de 2013. Os poços foram expurgados antes das medições. As medidas de pH e as análises de nitrato, nitrito e N-amoniacal foram realizadas em campo. As medidas de pH foram realizadas em aparelho portátil da marca Hanna. Nas análises de Nitrato, Nitrito, N-amoniacal, utilizou-se colorímetro AT 100p II da marca Alfacit. Para o nitrato e nitrito, o método foi o N-(naftil)-etinodiamina (NDT), adaptado do Standard Methods 21a ed. Para o N-amoniacal pelo método do azul de Indofenol, adaptado do Standard Methods 21a ed.

## RESULTADOS E DICUSSÕES

Os valores dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas no Aquífero Guarani no município de Mineiros-GO, obtidos na época chuvosa, são apresentados na Tabela 1. Os valores físico-químicos analisados refletem os processos químicos e/ou bioquímicos que ocorrem nas zonas: não saturada e saturada do aquífero. Desta maneira, foram determinados o pH, N-nitrato, N-nitrito e N-amoniacal.

Os valores de pH variaram de 4,4 a 6,8; indicando que são ácidas, com exceção do poço P10, e que não se enquadram nos padrões de qualidade ambiental (portaria 2.914/2011 do ministério da Saúde), pois, são inferiores ao limite mínimo de pH igual a 6,5, o que pode ser corrigido por tamponamento no tratamento dessas águas. O não enquadramento dentro dos padrões recomendados, não a descaracteriza como água potável, já que o pH está relacionado à geologia da região, própria de solos de cerrado e de processo de interação água-rocha/solo.

O nitrogênio amoniacal tem sua origem no uso de fertilizantes durante a preparação do solo para o plantio. Dentre os poços analisados, em 20,6% não se detectou a sua presença, já nos poços em que se detectou a presença de N-amoniacal, a variação foi de 0,01 a 0,11 mg L<sup>-1</sup> (Figura 3), sendo que esses valores encontrados estão bem abaixo do padrão estabelecido legalmente, que é 1,5 mg N-amoniacal L<sup>-1</sup> (CONAMA-396).

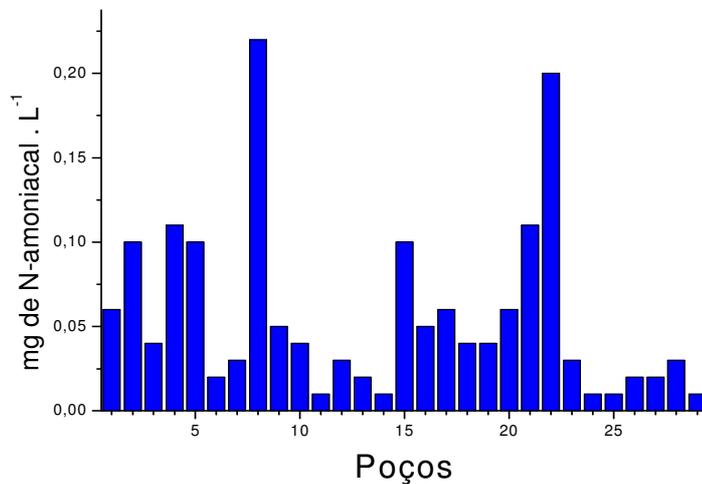


Figura 3 – Teores de N-Amoniacoal

Os teores de N-nitrato apresentaram valor mínimo de 0,1 e máximo de 0,40 mg L<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub><sup>-1</sup> (Figura 4), portanto, bem abaixo do valor máximo permissível para águas destinadas ao consumo humano, que é de 10 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-1</sup> L<sup>-1</sup>. Essas baixas concentrações encontradas de nitrato pode ser justificadas, pois a principal cultura praticada no município é a cultura de soja, sendo que a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é a principal fonte de nitrogênio para essa cultura. As bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, quando em contato com as raízes da soja, infectam-nas formando os nódulos. A FBN, dependendo de sua eficiência, pode fornecer todo o N que a soja necessita, nesse caso, não há necessidade de adubação nitrogenada (EMBRAPA, 2003). Quanto ao N-nitrito, não foi encontrada a sua presença em nenhum dos poços pesquisados.

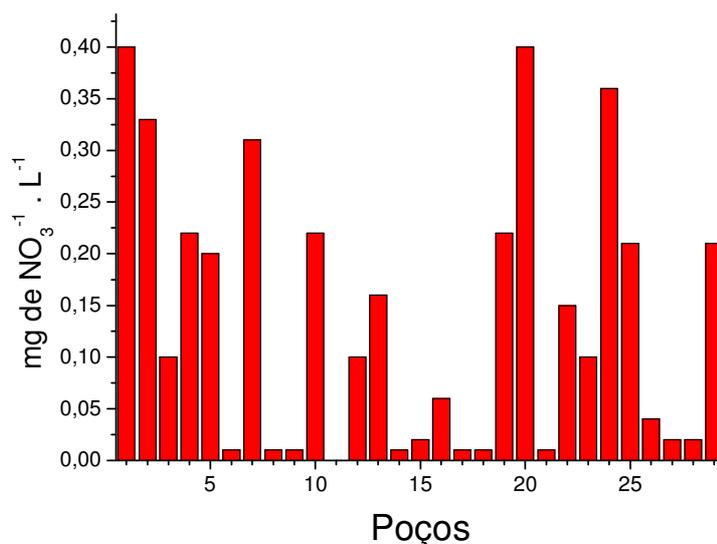


Figura 4 – Teores de nitrato

## CONCLUSÕES

De acordo com os parâmetros analisados, verificou-se que a qualidade das águas subterrâneas do SAG, no município de Mineiros é de boa qualidade, sendo apropriada para o consumo humano e industrial, uma vez que foram determinadas concentrações baixas da maioria dos constituintes dissolvidos, inserindo-se todos eles no contexto dos padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA 396 (2008) e dos padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria 2.914, 2011.

Espera-se que os resultados apresentados nesse trabalho possam contribuir para prosseguimento de estudos mais específicos do SAG, já que esse sistema precisa de estudos de melhores detalhes em toda sua extensão, principalmente em áreas de recargas, quanto à qualidade de suas águas e a exploração dessas de modo sustentável. Espera-se também que o trabalho possa orientar o gerenciamento do uso, ocupação das terras e da gestão dos recursos hídricos subterrâneos da área em questão.

## REFERÊNCIAS

ALVES, T. M.; CASTRO, S. S. Vulnerabilidade e Risco à Contaminação dos Solos da Área de Recarga do Aquífero Guarani no Estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 29, no1, p. 135-150, 2009.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011. **Estabelece normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano**. Diário Oficial da União, Brasília, 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 de Abr. 2008. Seção Resoluções, 71p. 2008.

CASTRO, S. S. de; XAVIER L. S. de; BARBALHO, M. G. S. da (Orgs.). **Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares**. Goiânia: SEMARH, 2004. 74p.

CHAPELLE, F. H. **Ground-water microbiology and geochemistry**. 2a Ed., John Wiley & Sons, New York, 2000, 468p.

CHEONG, J. Y.; HAMM, S. Y., LEE, J. H.; LEE, K. S., WOO, N. C. Groundwater nitrate contamination and risk assessment in an agricultural area, South Korea. **Environ Earth Sci**. Springer-Verlag, 2011, p. 1127-1136.

EMBRAPA SOJA. Tecnologia da Produção de soja na região central do Brasil 2003. Sistema de Produção 1. Versão Eletrônica, São Pedro, SP, 2003.

MACHADO, R. B.; NETO, M. B. R.; PEREIRA, P. G.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativa de perda do Cerrado brasileiro. Conservação Internacional.** Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.conservation.org.br/arquivos/RelatDesmatamCerrado.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2012.

GURDAK, J. J.; QI, S. L., Vulnerability of Recently Recharged Groundwater in Principle Aquifer of the United States To Nitrate Contamination. **Environmental Science & Technology. American Chemical Society**, 2012, p. 6004-6012.

MIZIARA, Fausto. Expansão de fronteiras e ocupação do espaço no cerrado: o caso de Goiás. In: Guimarães, L. D. A; SILVA, M. A. D; ANACLETO, T. C. (Org.). **Natureza Viva Cerrado: Caracterização e conservação.** Cap. VII. 1ª ed. Goiânia: Editora UCG, 2006.

OLIVEIRA, L. A. **Sistema Aquífero Guarani no Estado de Goiás: Distribuição, Caracterização, Hidrodinâmica, Hidroquímica, Composição Isotópica e CFCs.** Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. Brasília – DF, 2009.

OLIVEIRA, L. A. de; VIEIRA, A. S. Estado da Arte do Sistema Aquífero Guarani. Caminhos de Geografia – Revista on line. **Instituto de Geografia UFU.** V.11, n.34, p.174-189, junho/2010. disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html> Acesso em: 12/01/2013.

SACCO, D.; OFI, M.; DE MAIO, M.; GRIGNANI, C. Groudwater nitrate contamination risk assessment: a comparison of parametric systems and simulation modeling. **American Journal of Environmental Sciences**, v. 3, p. 177-125, 2007.

SHARPLEY, A. N.; MENZEL, R. G. The impact of soli and fertilizer phosphorus on the environmental. **Advances in Agronomy.** v. 41, p-297-324, 1987.

WARD, M. H.; RUSIECKI, J. A.; LYNCH, C. F.; CANTOR, K, P. Nitrate in public water supplies and the risk of renal cell carcinoma. **Cancer Causes Control.** Vol.. 18 p. 1141-1151, 2007.