



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

INFLUÊNCIA DO CRESCIMENTO POPULACIONAL E OCUPAÇÃO DO SOLO NA EVOLUÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO EM AQUÍFERO URBANO

Maurício de Gois Gomes^{1}; Brunna Mariane Neri Donato Moura²; Cleuda Custódio Freire³*

Resumo – A presença de nitrato em concentrações elevadas, acima de 10 mg/L, em águas subterrâneas usualmente é resultante de atividades antrópicas, como exemplo o esgoto sanitário se destaca como uma fonte de contaminação. A ingestão dessas águas contaminadas por nitrato podem causar efeitos adversos à saúde humana. Em Maceió, mais de 65% da população é abastecida por poços tubulares e apenas cerca de 35% de sua população tem o esgoto coletado por uma rede, sendo o solo o principal destino. Com isso este trabalho tem como objetivo avaliar a relação do crescimento populacional e ocupação do solo com a evolução espacial e temporal de nitrato nas águas subterrâneas. Para tal, coletaram-se informações referentes à qualidade da água, localização geográfica e data de coletas realizadas em poços tubulares de Maceió. Comparações e análises estatísticas foram realizadas com esses dados, relacionando a evolução de nitrato observada nos anos, crescimento populacional e ocupação do solo, utilizando-se informações da SEMARH, CASAL, IBGE e Google Earth. Os resultados destacaram a relação direta entre o aumento da concentração de nitrato com o crescimento da população e ocupação do solo, além da presença de poços contaminados próximos a outras fontes contaminantes, como cemitérios e indústrias fertilizante e farmacêutica.

Palavras-Chave – Maceió; Águas Subterrâneas; Atividades antrópicas.

INFLUENCE OF POPULATION GROWTH AND SOIL OCCUPATION IN THE EVOLUTION OF NITRATE CONTAMINATION IN URBAN AQUIFEROUS

Abstract – The presence of nitrate in high concentrations, above 10 mg / L, in groundwater usually results from anthropogenic activities, for example, sanitary sewage stands out as a source of contamination. Intake of these nitrate contaminated waters may cause adverse effects to human health. In Maceió, more than 65% of the population is supplied by tubular wells and only about 35% of its population has the sewage collected by a sewage pipe, the soil being the main destination. This work aims to evaluate the relationship between

¹Afiliação: Universidade Federal de Alagoas, mauriciogomes95@gmail.com.

²Afiliação: Universidade Federal de Alagoas, brunnaneri@hotmail.com.

³Afiliação: Universidade Federal de Alagoas, ccf@ctec.ufal.br

* Autor Correspondente: Inserir * no autor responsável pela submissão.



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

population growth and soil occupation with the spatial and temporal evolution of nitrate in groundwater. For this, information on water quality, geographic location and collection date were collected in Maceió tubular wells. Comparisons and statistical analysis were performed with these data, relating the evolution of nitrate observed in the years, population growth and soil occupation, using information from SEMARH, CASAL, IBGE and Google Earth. The results highlighted the direct relationship between the increase of the nitrate concentration with the population growth and occupation of the soil, besides the presence of contaminated wells near other contaminating sources, such as cemeteries and fertilizer and pharmaceutical industries.

Keywords – Nitrate Contamination; Groundwater; Population growth.

INTRODUÇÃO

Os aquíferos urbanos, em função do crescimento populacional e dos vários usos do solo na superfície, como a falta de destinação adequada de esgoto doméstico e industrial, estão mais propensos à contaminação, sendo o nitrato o contaminante com maior frequência em aquíferos no mundo (Reynolds-Vargas et al. 2006). De acordo com Barbosa (2005), o nitrato ocorre naturalmente em águas subterrâneas, mas a sua presença em concentrações elevadas usualmente é resultante de atividades humanas. Segundo a USEPA (2000) isso ocorre porque essa substância não é encontrada em rochas da crosta terrestre e representa o estágio final de degradação da matéria orgânica. Dentre essas atividades, ele se origina, principalmente, de quatro fontes: Aplicação de fertilizantes com nitrogênio, bem como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; Cultivo do solo; Esgoto humano depositado em sistemas sépticos; e Deposição atmosférica (Baird e Cann, 2011).

Existem também as fontes de contaminação pontuais por nitrato, destacando-se os cemitérios (Campos, 2007) e determinados setores industriais. Segundo Ministério do Meio Ambiente (2008), indústrias farmacêuticas e de fertilizantes geram efluentes com presença de compostos nitrogenados.

A ingestão de água com presença do nitrato está associada a dois efeitos adversos à saúde: a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas e a indução à metemoglobinemia, composto que diminui a capacidade do sangue de transportar oxigênio. (Alaburda et al., 1998).

Sendo assim, de acordo com a Portaria MS Nº 2914/2011 e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) a partir da resolução nº 396/2008 é estabelecido que o valor máximo permitido (VMP) de nitrato para águas potáveis é de 10 mg/L. Porém, estudos mostram que o nitrato ocorre em água subterrâneas em concentrações que variam de 0,1 a 5 mg/L. Logo, valores de concentrações acima de 5mg/L devem ser investigados e valores superiores a 10 mg/L são indícios de contaminação antrópica (IGAM, 2013).



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

O nitrato apresenta características de alta mobilidade (muito solúvel) e persistência em águas subterrâneas, podendo então contaminar extensas áreas (IGAM, 2013). Esse fator é preocupante diante do crescimento populacional e urbano da Região Metropolitana de Maceió, onde, segundo a CASAL (2017), o sistema de coleta de esgotos sanitários atende apenas cerca de 35% da população, sendo o principal sistema utilizado as fossas sépticas e sumidouros. Somado a isso, a principal fonte de abastecimento de água são os aquíferos, que abastecem mais de 65% da população (CASAL, 2017), podendo então a água subterrânea captada estar contaminada por nitrato devido aos possíveis vazamentos das fossas sépticas.

Com isso este trabalho tem como objetivo avaliar a relação do crescimento populacional e ocupação do solo com a evolução espacial e temporal das concentrações de Nitrato nas águas subterrâneas.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido no município de Maceió, nos aquíferos Barreiras/Marituba, em uma área de 233 km². Para a obtenção dos resultados utilizou-se 415 dados provenientes de amostras de qualidade de águas solicitados pela Secretaria do Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) para os processos de outorga de captação subterrânea e 115 dados fornecidos pela Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL), responsável pelo abastecimento público na área de estudo. O estudo iniciou-se a partir da construção de um banco de dados com informações referentes à qualidade da água, localização geográfica e data de coletas realizadas em poços da cidade de Maceió – AL.

Com esses dados, comparou-se a localização dos poços que apresentaram em suas águas valores de Nitrato superiores a 10 mg/L, valor recomendado para água potável, e acima de 5 mg/L, já considerado como possível indicativo de influência antrópica, com o avanço da ocupação do solo na área de estudo. Para o conhecimento disso foi necessário analisar imagens satélites em diferentes períodos com o uso da ferramenta *Google Earth*.

Para a análise e relação desses dados com o crescimento populacional, foram utilizados dados de população do município de Maceió disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para a realização de estudos estatísticos.

RESULTADOS

A figura 1 apresenta a área estudada e os limites dos bairros de Maceió, observa-se também a localização dos poços analisados em cada intervalo de tempo considerado para o estudo. Os poços de cor azul representam valores de nitrato dentro dos padrões de qualidade, os de cor amarela valores de nitrato $\geq 5\text{mg/L}$ e $< 10\text{mg/L}$, e os de cor vermelha caracterizam contaminação, concentrações de nitrato superiores e iguais a 10 mg/L.

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

A tabela 1 apresenta a evolução do nitrato por bairro em diferentes períodos. Observa-se na maior parte dos bairros analisados Barro Duro, Cruz das Almas, Farol, Jardim Petrópolis, Mangabeiras e Tabuleiro dos Martins um aumento significativo da concentração de nitrato no valor do percentil de 75%. Além disso, verifica-se um aumento nas concentrações mínimas e máximas de nitrato, exceto para o bairro Tabuleiro, quando se comparam os dois períodos analisados. Vale salientar que as amostras citadas são referentes a poços ativados no período correspondente.

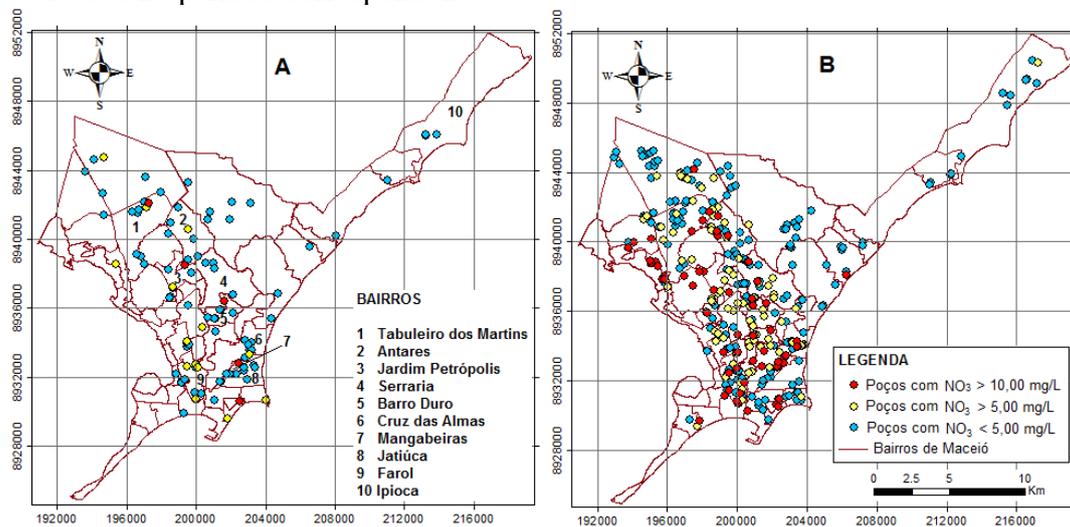


Figura 1 – Mapa da área de estudo com localização dos bairros e poços analisados nos períodos: A – 1990 - 2010 e B – 2011 - 2016.

Tabela 1 – Análise da influência da ocupação do solo nos bairros de Maceió.

Bairro	Anos	N° Amostras	Mín.	Máx.	25%	50%	75%
Antares	1990 - 2010	4	0	13.9	0	3.04	8.03
	2010 - 2016	13	0.5	14.3	3.05	3.84	9.15
Barro Duro	1990 - 2010	10	0	5.24	0.78	2.8	4.61
	2010 - 2016	7	1.27	23.12	4.96	6.79	7.34
Cruz das Almas	1990 - 2010	5	0.8	3.6	0.85	0.95	2.7
	2010 - 2016	6	1.34	22.54	6.72	8.98	16.94
Farol	1990 - 2010	10	0	7.73	0.17	1.31	4.97
	2010 - 2016	30	0	23.55	1.73	4.45	9.37
Ipioca	1990 - 2010	4	0	1.45	0	0.7	1.41
	2010 - 2016	14	0	5.03	0.2	1.46	3.02
Jardim Petrópolis	1990 - 2010	4	0	4.75	0	0.6	2.09
	2010 - 2016	8	3.9	13.33	4.81	5.41	7.38
Jatiúca	1990 - 2010	6	0	1.9	0.58	0.85	1.16
	2010 - 2016	5	0	6.46	0.13	2	2.69
Mangabeiras	1990 - 2010	12	0	15.34	0.05	1.97	3.86
	2010 - 2016	12	0	21.34	0.01	0.3	8.18
Serraria	1990 - 2010	4	0.15	15.59	3.21	4.59	7.61
	2010 - 2016	37	0.67	20.91	3.23	5.25	7.15
Tabuleiro dos Martins	1990 - 2010	18	0	35.1	0.02	1.8	3.05
	2010 - 2016	30	0.07	15.8	1.74	3.69	7.24

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

Nas imagens de satélite apresentadas na figura 2 são analisados bairros em que se verifica avanços na ocupação do solo ao longo dos anos, acarretando numa redução da água infiltrada e conseqüentemente aumentando a concentração do nitrato, como também a construção de novas residências e edifícios em bairros não contemplados com o sistema de coleta de esgotos, nos quais o sistema para destinação final de esgoto é Fossa Séptica e Sumidouro, considerado como um potencial contaminante da água subterrânea por nitrato. Apenas os bairros Jatiúca, Mangabeiras e parte de Cruz das Almas apresentam rede coletora de esgoto, porém observa-se um aumento considerável da concentração de nitrato no bairro Mangabeiras, o que mostra que há incidência do contaminante, podendo ser inclusive por esse mesmo tipo de fonte, fato que pode ocorrer devido a lançamentos clandestinos no solo ou a vazamentos dessa rede.

Vale enfatizar que na área de estudo além da ocupação do solo, há também o aumento de habitantes em áreas já ocupadas, em decorrência da verticalização, fato observado nos bairros Cruz das Almas, Farol e Mangabeiras.



Figura 2 – Avanço da ocupação do solo visto em imagens satélites nos anos de 2002 e 2016.

Segundo os dados do IBGE a população de Maceió teve um crescimento contínuo ao longo dos anos, com uma estimativa de população para 2016 de 1.021.709 habitantes. Sendo assim, foram realizados estudos estatísticos com os valores de nitrato para os intervalos de anos de 1970 até 1990, 1991 até 2010 e 2011 até 2016 relacionando o aumento da população no final de cada intervalo com o aumento da concentração de nitrato na área de estudo (tabela 2), bem como a porcentagem de poços contaminados por nitrato.

Já a tabela 3 apresenta o resultado da análise da evolução temporal da contaminação dos poços por nitrato. Comparou-se então para o mesmo poço os valores de nitrato nas amostras coletadas em diferentes anos. Na tabela 3, observa-se um aumento significativo da concentração de nitrato para os poços P1, P5, P6, P7, P8 e P9 ao passar dos anos.

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

Tabela 2 – Resultados da análise da relação do crescimento populacional com o aumento da concentração de nitrato.

Período	N° de Amostras	Mín.	Máx.	25%	50%	75%	% NO ₃ > 5 mg/L	% NO ₃ > 10 mg/L	População Final
1970-1990	85	0	34.3	0.1	0.88	2.20	12.94	7.06	629041
1991-2010	127	0	35.1	0.56	1.85	4.97	24.4	9.4	932748
2011-2016	409	0	45.4	1.72	4.91	8.66	49.4	18.8	1021709

Tabela 3 –Análise da evolução temporal da concentração de nitrato no mesmo poço.

Poço	Bairro	Data de Coleta	NO ₃ (mg/L)	Poço	Bairro	Data de Coleta	NO ₃ (mg/L)
P1	Barro Duro	9/1/01	0.6	P6	Santos Dumond	23/8/06	1.7
		13/7/06	4.97			14/3/14	20.91
P2	Bendito Bentes	26/1/10	1.12	P7	Serraria	8/7/07	15.59
		11/10/16	1.93			10/4/12	20.91
P3	Farol	4/4/94	0.5	P8	Serraria	29/3/10	2.64
		16/5/01	0.65			27/2/15	6.13
P4	Jardim Petrópolis	8/7/10	4.75	P9	Tabuleiro dos Martins	19/10/09	5.22
		14/4/14	5.41			11/10/13	12.83
P5	Mangabeiras	2/2/06	0.07				
		23/9/16	11.76				

Na figura 3, pode-se observar a proximidade de poços contaminados com nitrato a cemitérios e indústrias que geram efluentes contendo tal contaminante. Para avaliação de uma possível contaminação relacionadas aos agentes destacados, considerou-se um raio de até 3km entre pelo menos uma dessas potenciais fontes poluidoras e o poço contaminado para atribuir a contaminação à influência da proximidade entre esses.

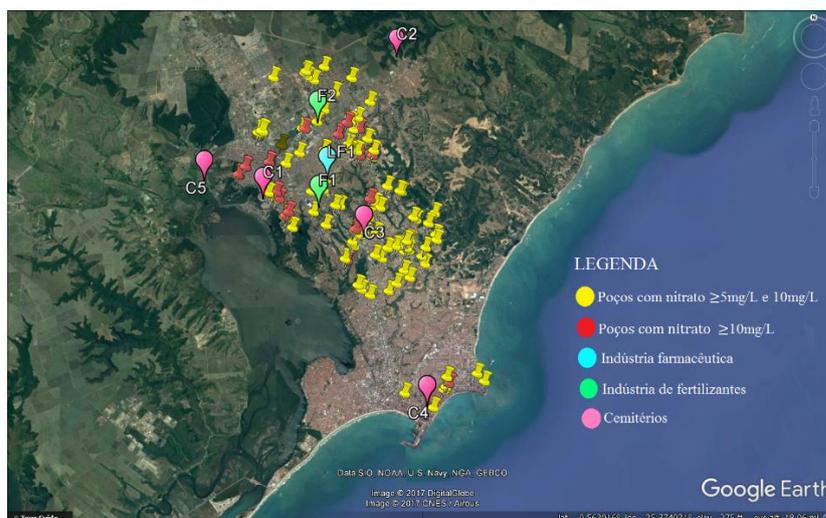


Figura 3 – Maceió - Poços contaminados na proximidade de cemitérios e indústrias farmacêuticas e de fertilizantes.



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados, uma relação direta entre o crescimento da população e ocupação do solo com o aumento da concentração de nitrato dos poços analisados a cada período foi constatado. Entre os anos de 1970 e 1990 quando a população final era de 629.041 habitantes, 50% dos poços apresentavam concentrações de nitrato igual ou inferior a 0,88 mg/L. Já entre 2011 e 2016, com uma população final de 1.021.709 habitantes, 50% dos poços analisados apresentaram concentrações iguais ou superiores à 4,91 mg/L. Verificando-se também um aumento do percentil de 75% nos bairros analisados que varia de 1,12% a 14,24%, com média de 3,90 %, próximo ao aumento de 3,70 % verificado em toda a área de estudo durante o mesmo período analisado.

Notou-se também que nos três períodos de tempo em que foi analisado paralelamente o crescimento populacional e a concentração de nitrato medida nos poços, a porcentagem de poços com valores de nitrato acima de 5,00 mg/L e 10,00 mg/L aumentou em quatro vezes e em quase três vezes, respectivamente, em relação ao período inicial.

Tais fatos podem ser em decorrência do avanço da ocupação do solo nos bairros citados que não são atendidos pela rede de coleta de esgotos sanitários, tendo-se conseqüentemente um acréscimo na utilização do sistema fossa séptica e sumidouro, que são possíveis contaminantes da água subterrânea por nitrato.

Além da influência da fossa séptica, existem os cemitérios e esgotos das indústrias de fertilizantes e farmacêuticas localizadas na área de estudo que podem ser a causa das altas concentrações de nitrato observadas em poços próximos a esses locais.

Assim, constata-se pelo estudo a tendência de aumento da concentração de nitrato à medida que a população e ocupação do solo aumentam, logo se não houver uma ação que controle esta situação, o aquífero da área de estudo, principalmente nos bairros com maior densidade demográfica, poderá atingir um percentil de 75% maior que 10mg/L, caracterizando uma maior quantidade de poços contaminados.

REFERÊNCIAS

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

BAIRD, C.; CANN, M. (2011). *Química Ambiental*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman.

BARBOSA, C. F. (2005) Hidro geoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema, Seropédica-RJ. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Geociências no Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Campinas – São Paulo.



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

Companhia de Saneamento de Alagoas - CASAL (2017). Disponível em: <http://casal.al.gov.br/atuacao/esgotamento-capital/>. Acessado em 07/06/2017.

CAMPOS, A. P. S. (2007). Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemitérial. 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

CONAMA 396. Conselho Nacional de Meio Ambiente (2008). Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Resolução nº 396 de 03 de abr. de 2008. Diário Oficial, Brasília, DF. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/CONAMA>>.

Instituto Brasileiro Geografia e Estatísticas - IBGE (2017). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/al/maceio/panorama> . Acessado em 08/06/2017

Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM (2013). Monitoramento da qualidade das águas subterrâneas de Minas Gerais: Guarani e Bambuí. Belo Horizonte, p. 62 – 155.

Ministério do Meio Ambiente - MMA (2008). Lançamento de efluentes. Informação Técnica nº 175/08/CGASQ/DIQUA.

REYNOLDS-VARGAS, J.; FRAILE-MERINO, J.; HIRATA, R. (2006). Trends in nitrate concentrations and determination of its origin using stable isotopes (^{18}O and ^{15}N) in groundwater of the Western Central Valley, Costa Rica. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 35(5), p.229-236.

U.S. Environmental Protection Agency – USEPA. (2000). Onsite Wastewater Treatment Systems Manual. EPA 625/R-00/-012. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Programs, Washington, DC.