

# DELIMITAÇÃO DE ZONAS VULNERÁVEIS A CONTAMINAÇÃO DE NITRATO DO AQUIFERO LIVRE DO SERRA AZUL, ATRAVÉS DO PROCEDIMENTO IV-LU

Ana Clara Gomes de Araújo <sup>1</sup>; Ana Clara de Souza Matos <sup>2</sup>; Julian Cardoso Eleutério <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. anaclara.araujo93@gmail.com

<sup>2</sup> Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. aclaram\_@hotmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. julian.eleuterio@ehr.ufmg.br

**Palavras-Chave:** Vulnerabilidade; DRASTIC; SRTM 1 Arc.

## INTRODUÇÃO

As zonas vulneráveis ao nitrato (ZVN) são áreas que drenam águas contaminadas com nitrato. O nitrato advém de fontes difusas de poluição, principalmente da fertilização agrícola, que é a fonte difusa que mais contribui para a degradação das águas subterrâneas (Sutton *et al.*, 2011 *apud* Arauzo, 2017). A quantificação da presença do nitrato em águas subterrâneas utilizadas para consumo humano é muito relevante visto que este contaminante pode trazer graves consequências à saúde, dentre elas, a síndrome do bebê azul. Reforçando essa importância, em 2008 foi estabelecido pela resolução CONAMA nº. 396 que a máxima concentração permitida de nitrato, para consumo humano, em águas subterrâneas, é de 10 mgN/L ou 45 mgNO<sup>3</sup>/L.

O reservatório Serra Azul, localizado na bacia do Juatuba, afluente do São Francisco, é uma importante fonte de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). A sua bacia de contribuição sofre forte pressão de uso e ocupação do solo relacionada a atividades agrícolas, expansão de zona urbana e mineração (Matos *et al.*, 2017). Esta pressão incide tanto sobre os recursos hídricos superficiais quanto subterrâneos. Uma preocupação mais forte concerne o uso de pesticidas e fertilizantes agrícolas, visto que a bacia é também uma importante área produtora de alimentos para a região.

Nesse contexto, o presente estudo apresenta a aplicação do procedimento IV-LU (desenvolvido por Arauzo (2017) para análise e mapeamento da vulnerabilidade intrínseca e específica à poluição por nitrato, no aquífero livre da bacia de contribuição do reservatório Serra Azul.

## APLICAÇÃO DO MÉTODO IV-LU

O procedimento IV-LU, compreende duas etapas: a primeira (IV) concerne a análise da vulnerabilidade intrínseca, inerente às características físicas da área de estudo; a segunda (LU) concerne a vulnerabilidade específica, associada ao uso e ocupação do solo. A etapa IV considera quatro características físicas da área de estudo para analisar a vulnerabilidade intrínseca à contaminação por nitrato: declividade, pluviosidade, nível potenciométrico e litologia da zona vadosa. A vulnerabilidade intrínseca é avaliada em uma escala de 1 a 10 na qual o valor 1 corresponde à vulnerabilidade insignificante e o valor 10, à vulnerabilidade extrema.

Todos os tratamentos de dados nesse trabalho foram feitos com o auxílio do *software* ArcGIS v.10.5 (licença para estudante). O mapa de declividade (Figura 1.a) foi obtido através de imagens SRTM 1 Arc. Através da ferramenta *Slope* foi calculada a declividade percentual para toda a área da bacia. O mapa de pluviosidade (Figura 1.b) foi obtido através dos dados de 11 estações pluviométricas localizadas na região. Foi utilizado o método dos Polígonos de Thiessen e interpolação por Krigagem<sup>1</sup>. Para analisar a variação do nível potenciométrico ao longo da bacia (Figura 1.c), foram utilizados dados de piezômetros cadastrados na Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas - RIMAS, dados de um poço cadastrado no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS e dados de processos de outorgas de captação de água subterrânea de 17 poços tubulares profundos. A ferramenta *Topo to Raster* foi utilizada para interpolar os valores de níveis de água dos poços e de pontos de nascentes e da rede de drenagem. A localização das

<sup>1</sup> Trabalho realizado pela pesquisadora Nívia C. Rodrigues em 2018, no Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais (EHR/UFMG).

nascentes e rede de drenagem foi obtida através das ferramentas *Hidrology*, e todas as cotas foram estimadas através de interpolação da imagem SRTM 1Arc. No caso da litologia da zona vadosa foram considerados os tipos de solo presentes na região e também os litotipos. A caracterização dos solos foi realizada através do recorte do mapa de solos do estado de Minas Gerais, mapa realizado pela Universidade Federal de Viçosa (2010), e o mapa dos litotipos foi obtido a partir do banco de dados de geodiversidade disponível no portal GeoSGB. No caso das áreas de solos do tipo neossolo lítólico, considerou-se que a zona vadosa seria melhor representada pelos litotipos já que estes solos são caracterizados por baixas profundidades (Ageitec, 2018). Com a união das informações de solo e litotipos obteve-se o mapa da litologia da zona vadosa (Figura 1.d).

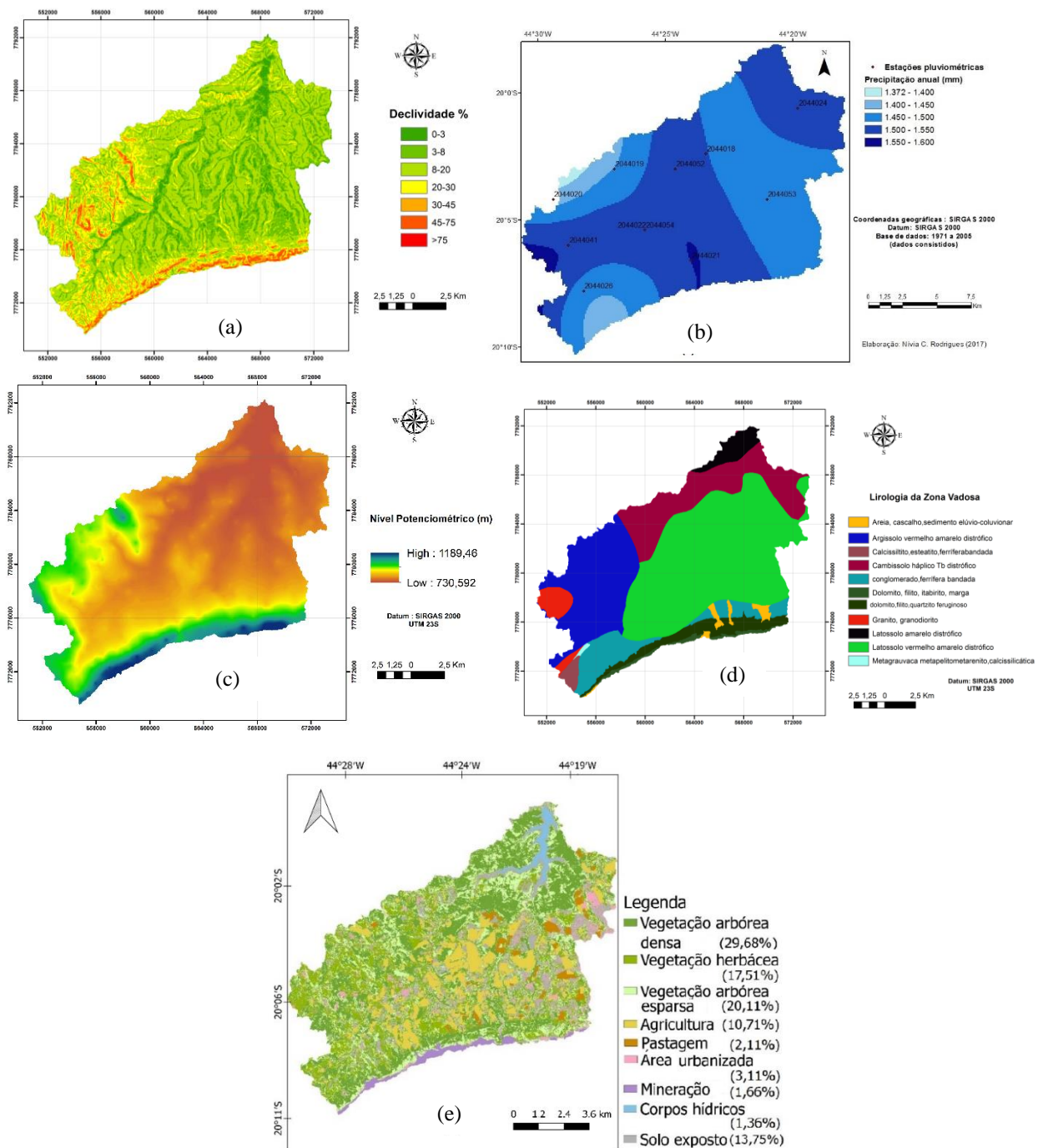


Figura 1. Mapas de: a) Declividade; b) Distribuição espacial da pluviosidade; c) Potenciometria; d) Litologia da zona vadosa; e) Uso e ocupação do Solo.

Após a obtenção dos dados de declividade, pluviosidade, nível potenciométrico e litologia da zona vadosa, foi necessário atribuir pesos na escala de 1 a 10 para cada uma das classificações com o auxílio da ferramenta *Reclassify* (Tabela 1). Os pesos para cada classificação dentro dos parâmetros declividade e litologia da zona vadosa foram escolhidos de acordo com Aller *et al.*, (1987). Já os pesos para as classificações de pluviosidade e potencimetria foram divididos igualmente entre quantidades de classes. No caso do uso do solo, foram consideradas as atribuições de Secunda *et al.* (1998) *apud* Arauzo (2017). Às classificações de uso do solo e litotipos as quais não se encontrou informações na literatura foram atribuídos o peso 5.

Tabela 1. Classificações e pesos atribuídos aos parâmetros para aplicação do procedimento IV-LU.

Parâmetro	Classificações	Pesos	Parâmetro	Classificações	Pesos
Declividade	0-2%	10	Litologia da Zona Vadosa	Latossolo Amarelo Distrófico	3
	2 - 6 %	9		Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico	3
	6 - 12 %	5		Cambisolo háplico Tb Distrófico	3
	12 - 18 %	3		Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico	3
	>18 %	1		Granito	4
Nível Potenciométrico	730 - 790 m	1	Uso do Solo	Areia, Cascalho, sedimento elúvio-coluvionar	8
	790 - 820 m	2		Demais classificações	5
	820 - 854 m	3		Vegetação arbórea densa	1
	854 - 892 m	4		Vegetação herbácea	6
	892 - 930 m	5		Agricultura	9
	930 - 968 m	6	Pluviosidade	Área urbanizada	7
	968 - 1009 m	7		Demais classificações	5
	1009 - 1054 m	8		1372 - 1400 mm	2
	1054 - 1099 m	9		1400 - 1450 mm	4
	1099 - 1189 m	10		1450 - 1500 mm	6
			1500 - 1550 mm	8	
			1550 - 1600 mm	10	

O mapa de vulnerabilidade intrínseca foi gerado com a ferramenta *Raster Calculator*, através da soma dos valores dos parâmetros ponderados pelos pesos dos mapas de declividade, pluviosidade, nível potenciométrico e litologia da zona vadosa. Aplicou-se a equação do índice IV considerando igual peso para esses quatro parâmetros (Arauzo, 2017). No caso da vulnerabilidade específica, também é considerado o uso e ocupação do solo para análise. A partir da imagem de satélite Sentinel-2, Matos *et al.* (2017) fez a classificação semiautomática e obteve o mapa de uso do solo da bacia utilizado (Figura 1.e). Para unir os dados de uso e ocupação do solo com a vulnerabilidade intrínseca calculada inicialmente foi feita uma reclassificação do mapa de vulnerabilidade intrínseca com a ferramenta *Reclassify*, seguindo o mesmo procedimento proposto por Arauzo (2017). Da mesma forma, foi feita a reclassificação do uso do solo para uma escala de 1 a 10 (Tabela 1). Finalmente, com o *Raster Calculator*, foi gerado o mapa de vulnerabilidade específica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de vulnerabilidade intrínseca (Figura 2.a) revelou que as áreas mais vulneráveis fisicamente à contaminação por nitrato estão localizadas nas fronteiras sul e oeste e também nas planícies de inundação da rede de drenagem. Já o mapa de vulnerabilidade específica (Figura 2.b) mostrou uma maior vulnerabilidade na região central da bacia, associado principalmente às áreas agrícolas. Aproximadamente 80% da área da bacia apresenta, vulnerabilidade específica *Insignificante*; 13% apresenta índice IV-LU 5-6, indicando vulnerabilidade *Moderada*; 0,6 e 2,2% apresentam respectivamente índice IV-LU 7 e 9, indicando vulnerabilidade *Alta e Extrema*.

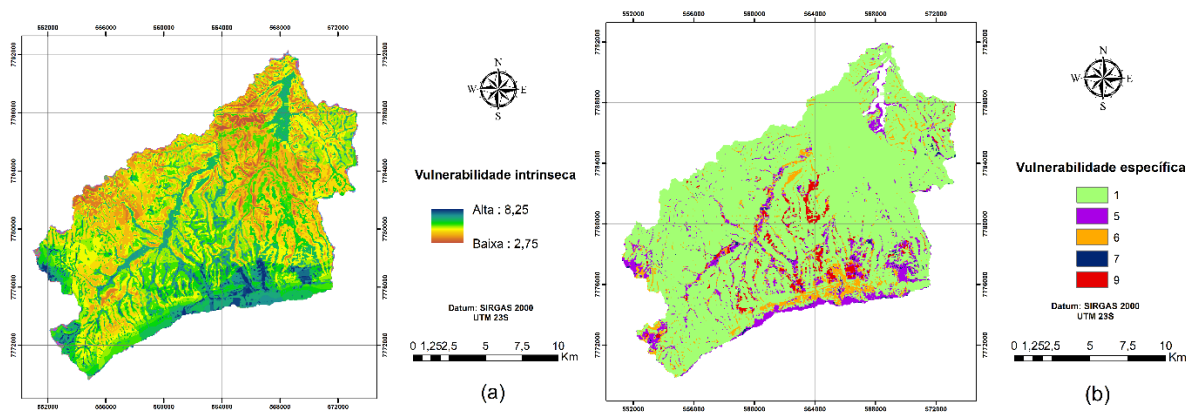


Figura 2. Mapas de: a) Vulnerabilidade Intrínseca; b) Vulnerabilidade Específica.

## CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O procedimento IV-LU se mostrou fácil de ser aplicado devido a necessidade de dados de entrada mais acessíveis, se comparado com outros procedimentos como o DRASTIC. Ele revelou, que a bacia apresenta maior parte de sua área com vulnerabilidade insignificante. Segundo aplicação desse método em Arauzo (2017), o método IV-LU apresenta bons resultados quando comparado ao DRASTIC e a dados medidos. Entretanto, para que este procedimento seja validado sugere-se que seja realizado levantamento de dados de concentrações de nitrato na água subterrânea ao longo da bacia. Através de métodos de interpolação é possível gerar um mapa de distribuição da concentração de nitrato e comparar os valores das concentrações com os índices de vulnerabilidade. A próxima etapa desse trabalho consistirá na validação desse método para a área de estudo, com base em dados de monitoramento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ageitec – Agência Embrapa de Informações Tecnológicas. Neossolos Litólicos. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html). Acesso em: 05 de maio de 2018.
- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H., Petty, R.J., DRASTIC. A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. U.S. EPA Report 600/2-87-035, Oklahoma, 1987.
- Arauzo, M.: Vulnerability of groundwater resources to nitrate pollution: A simple and effective procedure for delimiting Nitrate Vulnerable Zones, *Sci. Total Environ.*, 575, 799-812, 2017.
- Biguelini, Cristina Poll; Gumy, Mariane Pavani. SAÚDE AMBIENTAL: Índices de Nitrato em Águas Subterrâneas de Poços Profundos na Região Sudoeste do Paraná. *Revista Faz Ciência*, Francisco Beltrão, v. 14, n. 20, p.153-175, dez. 2012.
- Bouchard, D.C.; William, S.M.K. Nitrate contamination of groundwater; sources and potential health effects. *Journal of the American Water Works Association*. 1992.
- Fernandes, D. Índícios de degradação ambiental em um reservatório oligotrófico (Reservatório de Serra Azul, MG – Brasil): avaliação limnológica, morfometria, batimetria e modelagem hidrodinâmica. 2012. 113f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, UFMG, 2012.
- Matos, A.; Lemos, R.; Silva, T; Eleutério, J; Nascimento, N., Evolução do uso e ocupação do solo em mananciais de abastecimento metropolitano na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis – SC, 2017.
- Secunda, S., Collin, M.L., Melloul, A.J., 1998. Groundwater vulnerability assessment using a composite model combining DRASTIC with extensive agricultural land use in Israel's Sharon region. *J. Environ. Manag.* 54, 39–57.
- Universidade Federal de Viçosa (2010). UFV-CETEC-UFLA-FEAM. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p.