

# ESTUDO DA VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO CÁRSTICO “GRUTA DO LIMOEIRO”, CASTELO – ES

Ana Carolina Ferreira Xavier<sup>1</sup>; Daniel Vale<sup>1</sup>; José Augusto Costa Gonçalves<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduandos de Geologia da Universidade Federal do Espírito Santo

<sup>2</sup>Professor de Geologia da Universidade Federal do Espírito Santo

Resumo - A crescente exploração dos recursos hídricos subterrâneos, devido, principalmente, ao seu baixo custo e boa qualidade tem exigido a necessidade de controle da sua disponibilidade tanto em quantidade como em qualidade. Com isso, a avaliação da possibilidade à penetração de substâncias contaminantes em sistemas aquíferos, classificada como vulnerabilidade, torna-se uma ferramenta indispensável na tomada de decisões a respeito da utilização deste recurso, uso e ocupação do solo. A Gruta do Limoeiro, localizada no município de Castelo, ao sul do Espírito Santo é parte de um importante sítio arqueológico do estado, e nela foi possível registrar a presença de um manancial de água subterrânea, que dentre inúmeras funções, é a principal responsável por esculpir e dar formas aos terrenos cársticos. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero cárstico, utilizando o método simplificado “GOD”, proposto por Foster e Hirata (1993). Com base nos valores encontrados para os índices de vulnerabilidade, 0,336, 0,360 e 0,378 pode-se classificar a vulnerabilidade natural com moderada em todo o aquífero cárstico.

Abstract - The increasing exploitation of groundwater resources, mainly due to its low cost and good quality, has required the need to control their availability both in quantity and in quality. Thus, the study of vulnerable, it becomes an indispensable tool in making decisions about the use of water, land use and soil. The Limoeiro Cavern, located in the Castelo City, south of Espírito Santo State, is part of an important archaeological site in the mentioned State, and it was possible to record the presence of a source of groundwater, which, among many functions, is primarily responsible for sculpting an shaping the karst terrains. In this sense, the present study was developed to evaluate vulnerability to contamination of the karst aquifer, using the methodology GOD, proposed by Foster & Hirata (1993). Based on the values found for the vulnerability indices, 0,336, 0,360 and 0,378, it was possible to classify the natural vulnerability as moderate, in all karst aquifer.

Palavras-chave: Gruta do Limoeiro, Aquífero Cárstico, Vulnerabilidade, GOD.

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas aquíferos são importantes fontes de água doce, além de possuírem grande valor estratégico em razão do seu potencial hidrogeológico. Assim, torna-se necessário, a todo município, uma base de conhecimento sobre os recursos hídricos existentes, de modo identificá-los, quantificá-los e qualificá-los para uma melhor gestão, visando à proteção ambiental deste recurso, além de oferecer ao meio científico, um melhor entendimento sobre o ambiente cárstico. O objetivo principal deste trabalho consiste em estudar e classificar a vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero cárstico, onde se localiza a “Gruta do Limoeiro”.

## 2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Gruta do Limoeiro encontra-se no distrito do Limoeiro, a nordeste do município de Castelo, no sudeste do estado do Espírito Santo. Tal gruta, considerada o sítio arqueológico mais importante do estado, foi tombada em 1984, como Patrimônio Histórico do Espírito Santo pelo Conselho Estadual de Cultura (CEC), através da Resolução 01/84 (Prefeitura Municipal de Castelo, 2011).

## 3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

O clima da área estudada enquadra-se como tropical úmido (tropical Atlântico) - Aw, conforme classificação de Köppen, caracterizado pela presença de índice pluviométrico anual variando entre 1.000 mm e 1.200 mm, a temperatura média anual em torno de 34° C (Prefeitura Municipal de Castelo, 2011).

A área está inserida no contexto geomorfológico da unidade denominada como Patamares Escalonados do Sul Capixaba devido ao conjunto de relevos que funcionam como degraus de acesso aos seus diferentes níveis topográficos (Radam Brasil, 1983).

Geologicamente a região compreende rochas pertencentes aos domínios metavulcano-sedimentar do Complexo Paraíba do Sul, intrusivas ácidas gnaissificadas e alguns depósitos quaternários (Vieira, 1997). As unidades do Complexo Paraíba do Sul foram agrupadas em dois domínios - Domínio Metassedimentar e Domínio Metavulcanosedimentar (Vieira, 1997).

Na área de estudo, aparecem apenas as unidades correspondentes ao Domínio Metavulcano-sedimentar, constituído principalmente de biotita anfibólio gnaisse, bandado, de coloração cinza, granulação fina a grossa, contendo níveis de anfibolito, quartzito, rochas calcissilicáticas e mármore.

## 5. METODOLOGIA

Em campo, foram realizados a caracterização, descrição e registro fotográfico dos litotipos encontrados. Com GPS (Geographical Positioning System) de navegação, foram posicionados e cadastrados os pontos litológicos, poços e lagoas. Foi medido o nível estático dos poços, bem como o nível das lagoas da área e verificou-se a litologia da zona não saturada e dos tipos de aquíferos

presentes em cada um dos pontos de água. Na fase final foi utilizada a metodologia GOD, desenvolvida por Foster e Hirata (1993), bem como os programas ArcGis e Surfer8 para a elaboração de mapas.

## 6. RESULTADOS

As características hidrogeológicas encontradas na região da Gruta do Limoeiro estão apresentadas no Quadro 2, juntamente com os resultados obtidos através da metodologia utilizada.

Quadro 2 – Utilização do método GOD na determinação da vulnerabilidade do aquífero cárstico da “Gruta do Limoeiro”.

Pontos	Tipo de Aquífero -G		Litologia - O		Profundidade do Nível Estático - D		Vulnerabilidade do Aquífero	
	Tipo	Índice	Litologia	Índice	Metros	Índice	Total	Classificação
01	Livre	1,0	Solo Residual	0,4	0,65	0,9	0,360	Moderada
02	Livre	1,0	Solo Residual	0,4	1,90	0,9	0,360	Moderada
03	Livre com Cobertura	0,6	Mármore	0,7	6,00	0,8	0,336	Moderada
04	Livre	1,0	Solo Residual	0,4	0,63	0,9	0,360	Moderada
05	Livre com Cobertura	0,6	Mármore	0,7	6,00	0,8	0,336	Moderada
06	Livre com Cobertura	0,6	Mármore	0,7	3,90	0,9	0,378	Moderada
07	Livre com Cobertura	0,6	Mármore	0,7	9,50	0,8	0,336	Moderada
08	Livre	1,0	Solo Residual	0,4	0,90	0,9	0,360	Moderada
09	Livre	1,0	Solo Residual	0,4	2,20	0,9	0,360	Moderada

Com base nos resultados, é possível classificar a área com a ocorrência de água subterrânea de forma livre e livre com cobertura, com valores de índice entre 0,6 e 1,0. Quanto à caracterização dos estratos de cobertura, constata-se a presença de rochas metamórficas, como mármores e biotita-gnaisses, além de solos residuais, conferindo uma variação do índice O entre 0,4 e 0,7.

Com relação à metodologia proposta por Foster e Hirata (1998), os poços e as lagoas mais rasos, de nível estático entre 0,6 e 4,0 metros receberam índices iguais a 0,9, ao passo que os outros poços, cujas profundidades encontravam-se entre 6,0 e 10,0 metros, receberam índices com o valor de 0,8.

Considerando os resultados obtidos, pode-se afirmar que a vulnerabilidade natural é moderada, com índices variando de 0,336 a 0,378, sendo que o valor limite para esta categoria é 0,5.

Os dados obtidos a partir da cota altimétrica e da carga hidráulica total – potenciométrica – permitiram a elaboração de um mapa de fluxo hídrico subterrâneo (Figura 1), que possibilita a localização de áreas de recarga e descarga, indicando regiões onde não podem ser locadas fontes de contaminação, obras de engenharia, entre outros.

Com base nos índices de vulnerabilidade dos aquíferos analisados, foi possível elaborar um mapa de vulnerabilidade (Figura 2) para a área. Esse mapa constitui uma ferramenta importante, a qual pode indicar áreas suscetíveis à contaminação, planejar o uso do solo e selecionar locais adequados para a deposição de resíduos sólidos e outras atividades de impacto ambiental.

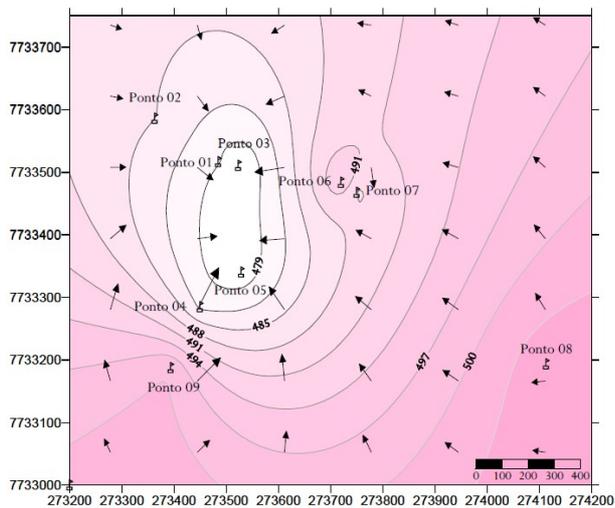


Figura 1: Mapa de Fluxo de água Subterrâneo.

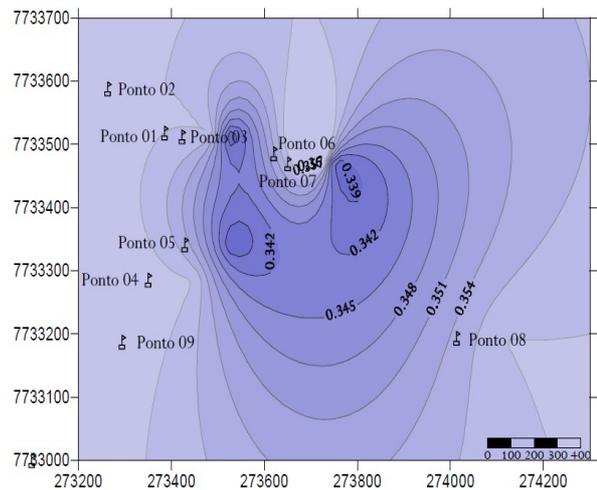


Figura 2: Mapa de Vulnerabilidade Natural.

## 7. CONCLUSÕES

Os sistemas aquíferos estudados são os do tipo livre e livre com cobertura. As principais litologias encontradas são os solos residuais e os mármore. As profundidades dos níveis de água variam de 0,63 a 9,5 metros. De acordo com os índices de vulnerabilidade obtidos, em todos os pontos e sistemas aquíferos, foi possível definir a vulnerabilidade natural como moderada.

De acordo com Araújo et al. (2002) e Costa (1997), zonas onde o índice de vulnerabilidade natural é classificado como moderada, as águas dos aquíferos podem, a longo prazo, ser atingidas por substâncias contaminantes moderadamente móveis e persistentes como hidrocarbonetos halogenados ou não halogenados, por alguns metais pesados e sais menos solúveis.

Tal investigação, de caráter preventivo, pode auxiliar às autoridades responsáveis quanto as estratégias para um melhor e mais sustentável planejamento e de ordenamento territorial, visando à preservação do recurso hídrico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Esri. ArcGIS – AcrMap 9.3 Help On Line. Redlands: ESRI, 2008.
- Foster S. S. D. & Hirata, R. 1993. Poluição das Águas Subterrâneas: Um Documento Executivo da Situação da América Latina e Caribe com Relação ao Abastecimento de Água Potável. São Paulo, Instituto Geológico, 55 p.
- Foster, S. & Hirata, R. 1998 Groundwater pollution risk evaluation: A Methodology Basead on Available Data. CEPIS/PAHO Technical Report Lima/Peru, 78p.
- Prefeitura Municipal de Castelo. Disponível em <http://www.castelo.es.gov.br/>. Acessado em 22 ago. 2011.
- Radam Brasil, Projeto. Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. v. 32. Rio de Janeiro, 1983. 780 p.
- Surfer 8. Contouring and 3D surface mapping for scientists and engineers. User's Guide. Golden Software Inc. 2004. Versão 8. Colorado - U.S.A.
- Vieira, V.S. 1997. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Carta Geológica Cachoeiro de Itapemirim, Folha SF24Z-V-A. Escala 1:250.000, Brasília, CPRM.