

AQUÍFERO BARREIRAS: ALTO POTENCIAL HÍDRICO SUBTERRÂNEO NA PORÇÃO DO BAIXO RIO DOCE NO ESTADO ESPÍRITO SANTO

José Augusto Costa Gonçalves¹, Eliane Maria Vieira²

^{1,2}Universidade Federal de Itajubá-Itabira (MG) Brasil. jaucosta@unifei.edu.br

Palavras-Chave: Aquífero Barreiras; Hidrogeologia; Bacia do Rio Doce

INTRODUÇÃO

As águas superficiais e subterrâneas devem ser consideradas os mesmos recursos naturais, indissociáveis e de interação contínua entre os deflúvios superficiais e os aquíferos na composição do ciclo hidrológico. As águas subterrâneas têm um importante e extraordinário papel no abastecimento público e na irrigação das lavouras no norte do Espírito Santo. Com comprimento de 853 km, a bacia hidrográfica do rio Doce ocupa 82.000 km², sendo que 14% do total estão no Espírito Santo. O clima regional é classificado de tropical quente úmido, com precipitação pluviométrica média anual é de 1.200 mm, a evaporação média anual variando de 70 mm em junho a 110 mm em janeiro. A área estudada, com 3.568,4 Km², está assentada na bacia sedimentar do Espírito Santo, no sistema de drenagem do rio Doce em seu baixo curso, na região de desembocadura com o mar, entre as cidades de Linhares, São Mateus, Jaguaré e Nova Venécia. Para realizar este trabalho, em toda região foram cadastrados 107 poços tubulares, dando uma ótima densidade de 33,4 poços por Km², cuja disposição contempla todo terreno estudado, Figura 1A, e que exploram concomitantemente expressivas vazões dos mananciais subterrâneos. A grande produtividade aquífera, deste manancial tem atraído um grande número de usuários públicos e privados. Este trabalho teve como principal objetivo caracterizar e avaliar os condicionantes físicos naturais, bem como os parâmetros hidrodinâmicos do Aquífero Barreiras no norte do Espírito Santo, vislumbrando uma exploração sustentável do manancial subterrâneo.

GEOLOGIA

O Grupo Barreiras (Vieira e Menezes, 2015) é constituído por sedimentos detríticos terciários inconsolidados de origem continental, dispostos em estreita faixa ao longo da costa, desde o estado do Rio de Janeiro até o Pará. No Espírito Santo, este grupo está presente em toda porção do leste e nordeste, com largura aproximada de 30 km (Costa, 1980) e espessura decrescendo rumo oeste. O relevo do Grupo Barreiras apresenta-se em camadas sedimentares com feições topográficas típica de tabuleiros, com vales rasos e amplos com superfície aplainada e com declividade de 1,2 km/m, rumo ao mar, obedecendo a inclinação imposta pelas estruturas escalonadas presentes na costa. Regionalmente a composição sedimentar do Grupo Barreiras apresenta uma grande heterogeneidade granulométrica, com variações faciológicas, com arenitos de granulometria média/fina/grossa, siltitos e argilitos. Os sedimentos são imaturos, grosseiros, mal classificados, com lentes de argila e areia quartzosa fina, coloração variando entre rósea, vermelha, arroxeadada, amarelada ou esbranquiçada e apresentam estratificação cruzada (Costa, 1980). Sua composição é variável de região para região, mas o mineral que mais contribui é o quartzo, seguido dos minerais de argila e do feldspato já bastante alterado. Os acessórios são: magnetita, limonita, zircônio, barita, micas, fluorita, turmalina, (Leal, 2007).

HIDROGEOLOGIA DO AQUÍFERO BARREIRAS

O Aquífero Barreiras é poroso, livre, em determinados locais pode ser semiconfinado, com grande distribuição espacial. Apresenta geralmente boa porosidade e permeabilidade. É composto por sedimentos aluvionares e fluviais em complexa associação de estratos permeáveis/impermeáveis. A grande heterogeneidade existente é proveniente da descontinuidade dos aquíferos (geometria lenticular) associados com barreiras de permeabilidade que são ocasionadas por fácies mais argilosas. Esta associação litológica afeta as características permo-porosas das camadas. Dos valores apresentados na Tabela 1 e das análises das características hidráulicas do Aquífero Barreiras, indicam a grande heterogeneidade deste manancial subterrâneo em toda a sua ampla área de ocorrência. A alimentação do Aquífero Barreiras se baseia, fundamentalmente, na precipitação pluvial sobre

sua área de afloramento. Há também a contribuição fluvial nos períodos de enchentes. A espessura do pacote é muito variável, já que o embasamento chega a aflorar em alguns pontos, indo de alguns metros até 150 metros na região costeira (Mourão, 2002), com valores médios de 60 metros, estimados a partir de relatórios construtivos de poços tubulares. Os sedimentos do Grupo Barreiras constituem um aquífero eminentemente transmissor de água para os exutórios comuns: o mar, os rios, as fontes e surgências difusas, havendo também, infiltrações verticais para a Formação Rio Doce e embasamento cristalino, além da evapotranspiração que é um exutório importante.

Tabela 1 - Características hidráulicas do Aquífero Barreiras e estatística baseada em 107 poços cadastrados.

AQUÍFERO BARREIRAS	MEDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO	Nº de poços
Profundidade – P - (m)	100,81	105	190,00	15,00	107
Nível Estático – NE - (m)	14,18	10,25	80,00	0,00	
Nível Dinâmico – ND - (m)	51,48	49,77	139,00	5,50	
Rebaixamento – S - (m)	37,30	32,00	115,2	1,70	
Vazão – Q - (m ³ /h)	43,52	27,46	216,00	0,21	
Vazão Específica - Q/S (m ³ /h.m)	2,3681	1,0067	21,1752	0,0066	
Espessura saturada (m)	85,86	85,00	179,70	13,00	46
Transmissividade – T - (m ² /dia)	175,54	167,67	302,23	110,00	

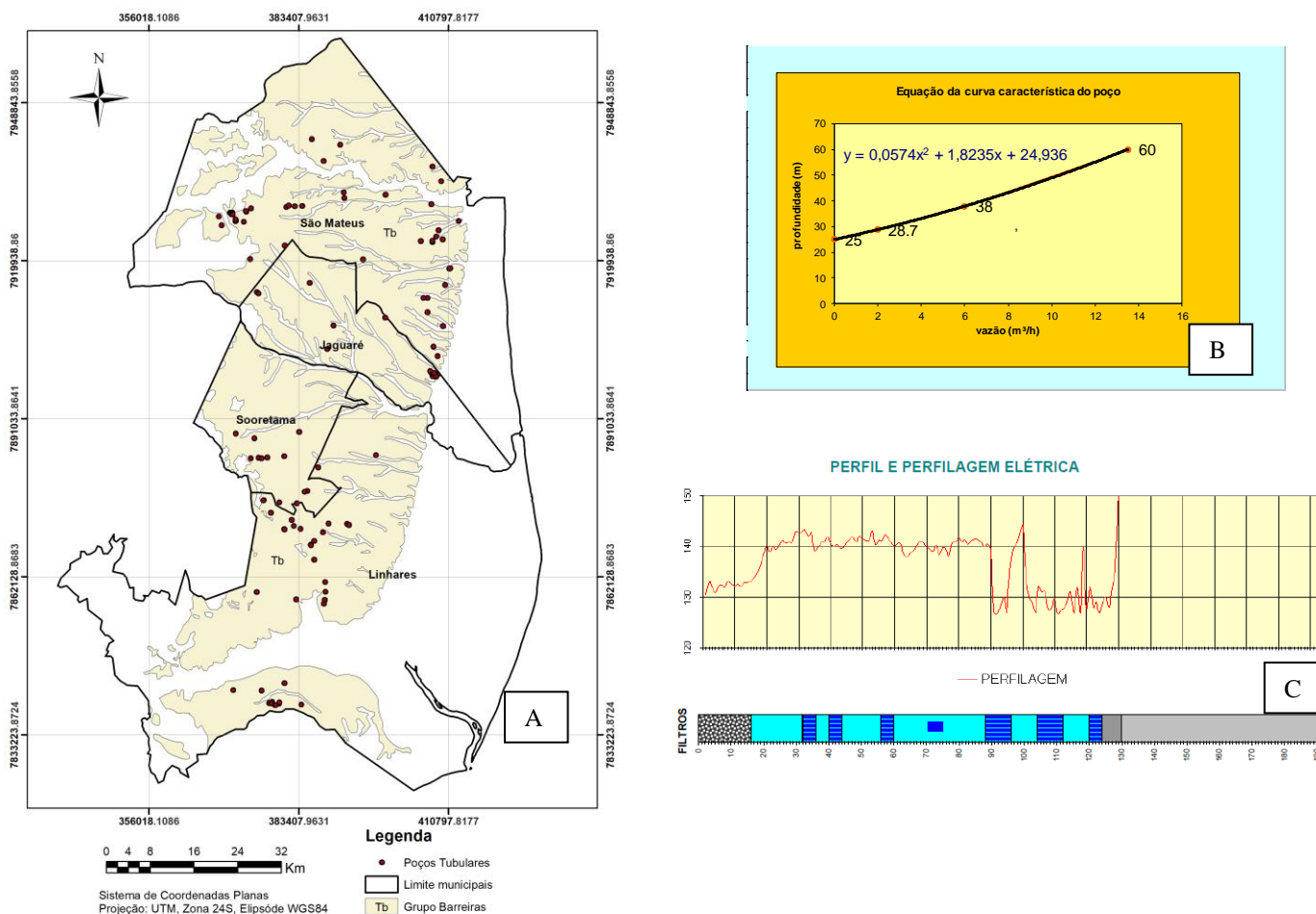


Figura 1 – A) Mapa de localização dos poços, B) Gráfico da equação da curva do teste de bombeamento, C) Perfil típico da disposição do revestimento/filtro e gráfico de perfilagem elétrica dos poços perfurados no Grupo Barreiras.

Ao valores de transmissividade (T) foram obtidos através de teste de bombeamento de vazão máxima, Figura 1B, e de recuperação, interpretados pelo método de Cooper e Jacob (1946) em 46 poços tubulares, inclusos na listagem de 107 poços avaliados estatisticamente e apresentados na Tabela 1. Embora esse método tenha sido criado para avaliar aquíferos confinados, foi a alternativa utilizada para se estimar, a transmissividade em aquíferos desde livres a confinados (Domenico e Schwartz, 1990), quando não se dispunha de testes de aquíferos. A falta dos dados de transmissividade para os poços implicou na determinação da relação entre estes e a capacidade específica (Q/s), como visto na Figura 1B, mostrando nítida a relação entre estes parâmetros. A avaliação da T não levou em consideração as correções necessárias para penetração parcial dos poços no aquífero, considerando que não havia dados suficientes sobre a profundidade total do aquífero, (Hirata, 2012).

RESULTADOS

A partir dos mapas potenciométricos, verificou-se que o fluxo subterrâneo nos pontos mais elevados tem gradientes da ordem de 3%, e, no domínio das planícies aluviais os gradientes variam de 0,1% a 0,06%. Há um domínio de gradientes da ordem de 0,25%. A partir das curvas potenciométricas, com dados do período seco, foi feita uma estimativa da descarga do fluxo subterrâneo natural, de forma que o cálculo do escoamento natural do Aquífero Barreiras “Q” gerada no domínio da área a partir da fórmula representativa da Lei de Darcy:

$Q = TIL$ (1) onde: Q = vazão do escoamento natural (m^3/ano)

T = coeficiente de transmissibilidade (m^2/s) - $175,54 m^2/dia$ (média de valores obtidos em 46 poços)

I = gradiente hidráulico da superfície piezométrica - $2,5 \cdot 10^{-3}$ ou 0,25%

L = largura da frente de escoamento (m) - 185 km ou $185 \cdot 10^3$ m (largura da frente de escoamento);

Assim:

$Q = 296 \cdot 10^6 m^3/ano$, que em termos de lâmina de água corresponde a 26,7 mm.

Este volume usualmente pode ser considerado como sendo das reservas exploráveis do aquífero.

A vazão do fluxo subterrâneo foi avaliada para uma condição no qual o aquífero estaria sendo explorado, e assim sendo, para se ter o montante do fluxo total anual, é necessário somar o correspondente a exploração anual por poços cadastrados, contudo os dados existentes são insuficientes para o cálculo.

Para o cálculo da Taxa de Infiltração, utilizou-se da expressão:

$Ti = Q/V_{PA}$ (2) onde Ti = taxa de infiltração (%)

Q - volume escoado dos aquíferos - $296 \cdot 10^6 m^3/ano$

V - volume precipitado anualmente - $3,6 \cdot 10^9 m^3/ano$

Taxa de Infiltração - $Ti = 296 \cdot 10^6 / 3,6 \cdot 10^9 \cdot 10^2 = 0,82\%$

Para o cálculo das Reservas Reguladoras, utilizou-se dois métodos:

1º - cálculo pelo volume de água infiltrado anualmente - $V_{AI} = A \cdot PPT \text{ ANUAL} \cdot Ti$ (3)

V_{AI} = Volume anual infiltrado

A - área em $m^2 = 3568 \cdot 10^6 m^2$

PPT ANUAL - precipitação anual - 1100 mm

Ti - Taxa de infiltração - 0,82%

$V_{AI} = 321 \cdot 10^6 m^3/ano$ (Este volume representa os recursos hídricos anualmente disponíveis para exploração).

2º - cálculo do Volume da Reserva Reguladora ou Recarga (V_{RR})

Seja $V_{RR} = A \times \Delta h \times \mu$ (4)

Onde: V_{RR} = Volume da Reserva Reguladora

A - área em $m^2 = 3.568,4 Km^2$

Δh - variação média de altura da superfície potenciométrica no ano - 1,80 m

μ - porosidade efetiva - 5%

$V_{RR} = 321 \cdot 10^6 m^3$

Verificou-se o mesmo resultado para ambos os métodos.

Considerando o Aquífero Barreiras um aquífero livre, a reserva permanente representa o volume de água acumulado nos interstícios da rocha em função da porosidade efetiva, sendo:

$V_{RP} = A \cdot h \cdot \mu$ (5) onde: V_{RP} = Volume da Reserva Permanente

A = área de estudo – 3.568,4 Km²

h = espessura saturada média – nível estático médio = 71,68 m

μ = porosidade efetiva – 5%

$V_{RP} = 1,27 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$

A potencialidade de um aquífero representa o volume de água que pode ser utilizado anualmente, num determinado período de tempo utilizando uma parcela do volume da reserva permanente.

Potencialidade - PO = ($V_{RP} \times 0,002$) + V_{RR} (6)

Onde: V_{RP} – Volume da reserva permanente - $1,27 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$

V_{RR} – Volume da reserva reguladora - $321 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$

Percentual máximo de depleção em um ano da reserva permanente (“safe yield”) – 0,002.

PO = $346 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$

CONCLUSÕES

1-As características hidrodinâmicas do Aquífero Barreiras mostram um bom manancial hídrico subterrâneo.

2-Os valores de transmissividade (T) indicam uma heterogeneidade do aquíferos.

3-É recomendado a perfuração de poços até 150 metros, isolando as camadas superficiais até 70 metros.

5-Todos os usuários (abastecimento público, irrigantes e indústria) dependentes das águas subterrâneas, que façam avaliações periódicas da evolução do rebaixamento do nível de água e das vazões exploradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cooper, H. H.; Jacob, C. E. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history. American Geophysical Union, v. 27, p. 526-534, 1946.

Costa, F.G. Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo, folha Rio Doce – SO. 1980. Belo Horizonte, s.ed., (Relatório inédito DNPM/CPRM). 1980.

Domenico, P. A.; Schwartz, W. Physical and chemical hydrogeology. John Willey & Son. 824 p. 1990.

Foster, S.; Hirata, R.; Howard, K. Groundwater use in developing cities – Policy issues arising from current trends. Hydrogeology Journal, v. 19, p. 271-274, 2011.

Hirata, R., Ucci, M. S., Wahnfried, I., Lima, J. B. V. Exploração do Sistema Aquífero Guarani em Araraquara. Revista Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 12, n. 2, p. 11-127, 2012.

Leal, C. A. L. Geofísica Aplicada na Avaliação de Recursos Hídricos Subterrâneos e Meio Ambiente da Zona Costeira do Campo Petrolífero de Fazenda Alegre, Norte Capixaba – Espírito Santo. Dissertação de Mestrado, UFC. 182 p. 2007.

Martin, L., Suguio, K., Dominguez, J.M.L., Flexor, J.M. Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Belo Horizonte; CPRM/FAPESP. 112p. 1997.

Mourão, M. A. A.; Lima, J. E. S., Monteiro, E. A. Os Sistemas Aquíferos do Norte do Estado do Espírito Santo: Potencial de Exploração e Diagnóstico Atual de Aproveitamento. In XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. www.abas.org.br. 2002.

Nunes, F. C., Silva, E. F., Boas, G. S. V. Grupo Barreiras: Características, Gênese e Evidências de Neotectonismo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 194. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 32 p. 2011.

PETROBRAS. Estudos hidrogeológicos dos aquíferos das formações de barreiras e rio Doce: região norte do Estado do Espírito Santo. Relatório Técnico. Vitória/ES. 40p. 2005.

Vieira, V. S., Menezes, R. G. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo. Texto Explicativo dos Mapas Geológicos e Recursos Minerais do Estado Espírito Santo, Escala 1:400.000. 2015.