

AVALIAÇÃO DO USO DAS RESERVAS RENOVÁVEIS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO LESTE DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

José Augusto Costa Gonçalves¹; Paulo Cyro Baptista Scudino²; Frederico Garcia Sobreira³

Resumo - A área estudada nesse trabalho, situa-se, geograficamente, quase que na totalidade, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais e numa pequena faixa do noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Geologicamente, ela está inserida no contexto geotectônico do bloco crustal Vitória, de idade arqueana e proterozóica. Da avaliação dos volumes dos recursos hídricos, obtiveram-se os seguintes resultados: Reservas Renováveis - $2471,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$; Disponibilidade Explotável - $617,95 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$; Disponibilidade Instalada - $41,26 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$; Disponibilidade Usual - $27,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Abstract - The studied site in this paper has been placed, geographically, in almost its totality, on the Zona da Mata from Minas Gerais and also in one strip on the northwest from Rio de Janeiro State, both in Brazil. Geologically, this area is inserted within the geotectonical context of the crustal block called Vitória, with Archean and Proterozoic age. From the evaluation of the volumes of the hydrical resources, the following results were recorded: the renewable reserves - $2471.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$, exploitable availability - $617.95 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$, installed availability - $41.26 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$, usual availability - $27.50 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$.

Palavras Chave: Água Subterrânea – Reservas Renováveis – Abastecimento Público

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas têm uma importância cada vez maior como fonte de abastecimento doméstico, agropecuário e industrial no Brasil, em parte devido aos crescentes custos de tratamento e outros fatores limitantes do uso das águas dos rios, ou porque as vantagens da utilização das águas subterrâneas vêm sendo melhor entendidas. Não obstante, verifica-se uma demanda cada vez maior de pessoal técnico com adequada capacitação, e a necessidade de melhor cobertura de mapeamentos hidrogeológicos, mesmo que de nível regional, face aos desafios impostos pela atual conjuntura de implementação dos instrumentos legais e normas de gestão, que visem efetivamente subsidiar e garantir as condições de uso e proteção dos aquíferos.

1) ¹ Doutorando em Geologia Ambiental – Departamento de Geologia – UFOP – Morro do Cruzeiro S/N - CEP: 35.400-000 - Ouro Preto/MG/
Tel: (32) 3722.7492 jauocosta@gmail.com

2 - 3) Professor Adjunto do Departamento de Geologia - Universidade Federal de Ouro Preto-Morro do Cruzeiro-CEP: 35.400-000-Ouro Preto/MG

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, abrangendo uma pequena faixa territorial do Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, entre os paralelos 21°00' e 21°24' de latitude sul e os meridianos 42°05' a 43°30' de longitude oeste de Greenwich, perfazendo uma superfície na ordem de 6000 Km². Essa área tem cobertura cartográfica na folha Juiz de Fora (SF-23-X-D), na escala de 1:250.000, Figura 1.

Os principais acessos são feitos pelas rodovias federais BR-116 e BR-356.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Um levantamento geral das condições de uso das águas subterrâneas na área estudada, teve por base um cadastro de 386 de poços, bem como consultas a empresas perfuradoras de poços tubulares, Souza (1995). Foram registrados, os principais tipos de uso, as vazões dos poços, o regime de bombeamento, o consumo médio diário, tipo de equipamento de bombeamento e condições de reservamento. A distribuição por tipo de uso segue abaixo na Tabela 2.

Tabela 1 – Distribuição de poços quanto ao tipo de uso

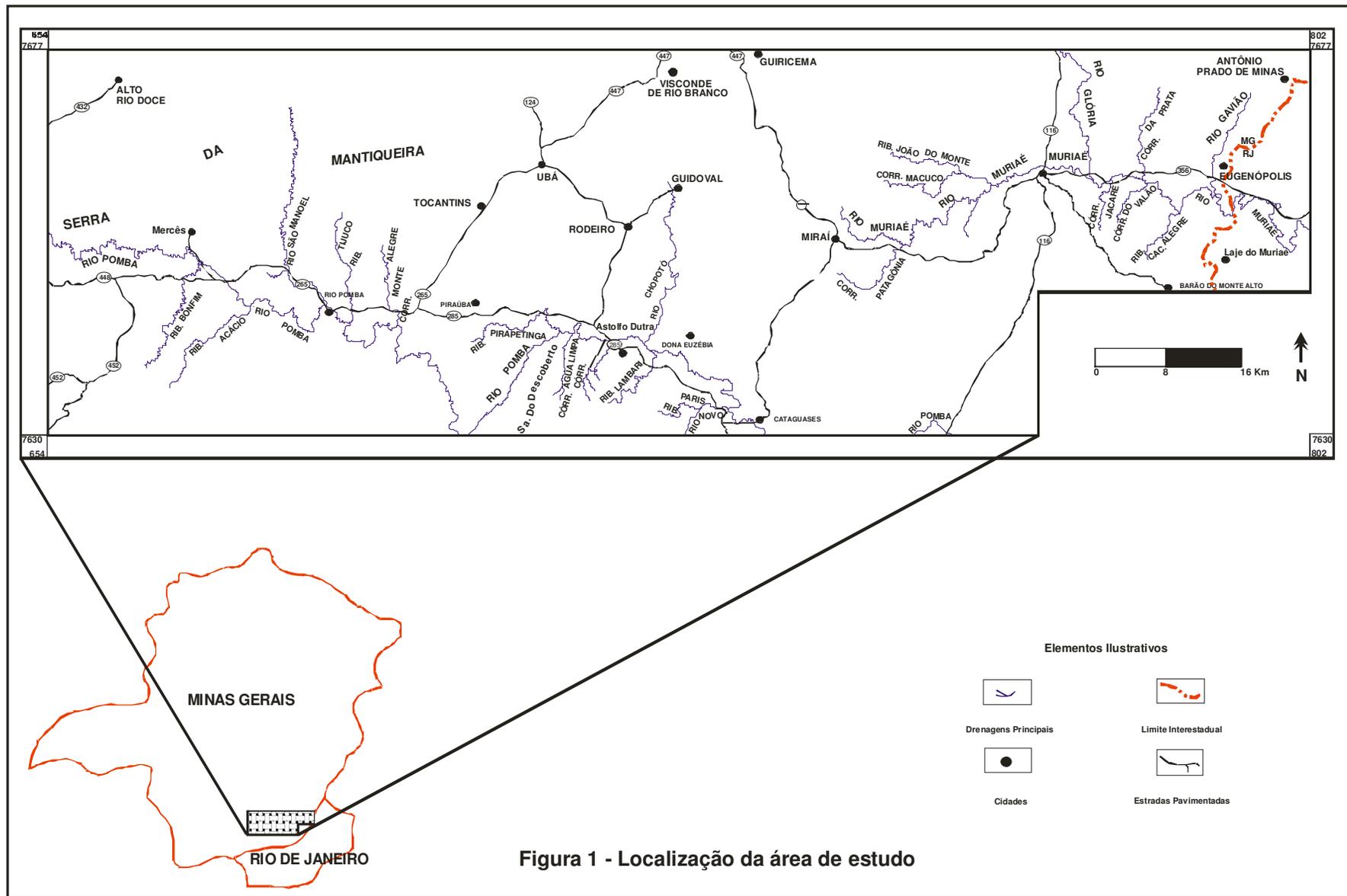
Tipo de Uso	Número de Poços	%
Público (Sedes Municipais)	96	24,9
Público (Distritos e Povoados)	43	11,1
Diversos (Comércio, Serviços, Indústria, etc)	247	64,0

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em virtude das características e dos recursos naturais, da vocação e dos fatores sócio-econômicos, os municípios situados na área pesquisada têm no comércio e na prestação de serviços suas principais atividades de desenvolvimento, como se observa na Tabela 2, segundo dados do Banco de Desenvolvimento Minas Gerais (2008) e da Confederação Estadual das Indústrias (2008).

Tabela 2 – Composição Setorial do Produto Interno Bruto - Zona da Mata - 1995 – 2007

Anos	PIB Agropecuário	PIB Industrial	PIB Serviços/Comércio
1995	13,3	27,0	59,8
2000	10,5	27,8	61,7
2005	11,8	27,5	60,6
2007	11,4	28,8	59,8



De acordo com as distribuições de uso da Tabela 1, podem-se fazer estimativas dos volumes demandados e explorados conforme as inferências admitidas para as categorias de utilização.

Água para abastecimento público das sedes dos municípios

Conforme dados fornecidos pela COPASA/MG e pelas prefeituras dos municípios pertencentes à região de estudo, 40% desses municípios são abastecidos por mananciais subterrâneos, 28% possuem sistema de abastecimento superficial e 32% utilizam sistema misto superficial/subterrâneo.

Na Tabela 3, são listados esses municípios com os respectivos sistemas de abastecimento juntamente com as estimativas populacionais para as sedes municipais, consideradas pela COPASA/MG e de demanda de água para o ano 2000 e projeção para 2025, aplicando-se o índice estipulado pela empresa estatal de 180 litros/hora per capita. Importante considerar que apesar de um maior número de municípios serem abastecidos por água subterrânea, são localidades cuja população apresenta em média um número na ordem de 5000 habitantes.

Considerando os dados populacionais (Tabela 3), o total explorado das águas subterrâneas para o ano de 2000, referente ao abastecimento público para as sedes dos municípios é:

$$96 \text{ poços} \times 12,2 \text{ m}^3/\text{hora} \times 16 \text{ horas} = 18.739,2 \text{ m}^3/\text{dia} = 6,84 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Água para abastecimento público dos distritos e povoados

O volume explorado de água subterrânea, para os distritos e pequenos povoados, sobre os quais não se dispõe de muitas e consistentes informações, foi estimado em função da vazão média dos poços da área estudada, do número de poços dessa categoria e do regime médio de bombeamento diário, obtendo-se um valor da ordem de :

$$43 \text{ poços} \times 12,2 \text{ m}^3/\text{hora} \times 16 \text{ horas} = 8393,6 \text{ m}^3/\text{dia} = 3,06 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Água para abastecimentos diversos (Comércios, Serviços, Indústrias, Etc)

Devido à grande variedade e diversidade no uso da água por diversos setores da economia, utilizou-se do método acima para estimar as vazões exploradas dessa categoria, resultando no seguinte valor: $247 \text{ poços} \times 12,2 \text{ m}^3/\text{hora} \times 16 \text{ horas} = 48214,4 \text{ m}^3/\text{hora} = 17,60 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$

Tabela 3 – Relação dos municípios, tipos de sistemas de abastecimentos e dados populacionais da área de estudos.

Município	Tipo de Sistema de Abastecimento (Curso captado)	População 2000	Demanda(m ³ /ano) Superficial (1) Subterrâneo(2)	População 2025	Demanda(m ³ /ano) Superficial (1) Subterrâneo (2)
Alto do Rio Doce	Superficial (Rio Xopotó)	4206	2,7 . 10 ⁵ (1)	7028	4,6 . 10 ⁵ (1)
Antônio Prado de Minas	Subterrâneo	1203	7,9 . 10 ⁴ (2)	1483	9,7 . 10 ⁴ (2)
Astolfo Dutra	Superficial (Córrego Boa Vista)	9838	6,4 . 10 ⁵ (1)	13018	8,5 . 10 ⁵ (1)
Barão do Monte Alto	Misto (Córrego Onça)	2099	9,1 . 10 ⁴ (1) 3,9 . 10 ⁴ (2)	2927	1,33 . 10 ⁵ (1) 5,7 . 10 ⁴ (2)
Cataguases	Superficial (Rio Pomba)	65855	4,3 . 10 ⁶ (1)	90027	5,9 . 10 ⁶ (1)
Desterro de Melo	Subterrâneo	1114	7,3 . 10 ⁴ (2)	1364	8,9 . 10 ⁴ (2)
Dona Euzébia	Misto (Rio Pomba)	3849	1,75 . 10 ⁵ (1) 7,5 . 10 ⁴ (2)	6827	3,08 . 10 ⁵ (1) 1,32 . 10 ⁵ (2)
Eugenópolis	Misto (Rio Gavião)	6086	2,73 . 10 ⁵ (1) 1,17 . 10 ⁵ (2)	10377	4,76 . 10 ⁵ (1) 2,04 . 10 ⁵ (2)
Guarani	Subterrâneo	5952	3,9 . 10 ⁵ (2)	8851	5,8 . 10 ⁵ (2)
Guidoval	Misto	4773	2,17 . 10 ⁵ (1) 9,3 . 10 ⁴ (2)	8551	3,92 . 10 ⁵ (1) 1,68 . 10 ⁵ (2)
Guiricema	Subterrâneo	3249	2,1 . 10 ⁵ (2)	4378	2,8 . 10 ⁵ (2)
Laranjal	Misto (Córrego Patrícios)	4435	2,03 . 10 ⁵ (1) 8,7 . 10 ⁴ (2)	6156	2,8 . 10 ⁵ (1) 1,2 . 10 ⁵ (2)
Mercês	Superficial (Córrego das Flores)	6599	4,3 . 10 ⁵ (1)	11480	7,5 . 10 ⁵ (1)
Miraf	Misto (Córrego Criciúma)	10705	4,9 . 10 ⁵ (1) 2,1 . 10 ⁵ (2)	18624	8,4 . 10 ⁵ (1) 3,6 . 10 ⁵ (2)
Muriaé	Misto (Rio Glória)	75536	3,43 . 10 ⁶ (1) 1,47 . 10 ⁶ (2)	104326	4,76 . 10 ⁶ (1) 2,04 . 10 ⁶ (2)
Oliveira Fortes	Superficial	1599	1,0 . 10 ⁵ (1)	2220	1,4 . 10 ⁵ (1)
Patrocínio do Muriaé	Subterrâneo	3689	2,4 . 10 ⁵ (2)	5623	3,6 . 10 ⁵ (2)
Piraúba	Subterrâneo	9655	6,3 . 10 ⁵ (2)	18429	1,2 . 10 ⁶ (2)
Rio Pomba	Superficial (Rio Pomba)	14489	9,5 . 10 ⁵ (1)	21546	1,4 . 10 ⁶ (1)
Rodeiro	Subterrâneo	4090	2,7 . 10 ⁵ (2)	9433	6,1 . 10 ⁵ (2)
São Sebastião Vargem Alegre	Subterrâneo	1237	8,1 . 10 ⁴ (2)	1959	1,2 . 10 ⁵ (2)
Silveirânia	Subterrâneo	1132	7,4 . 10 ⁴ (2)	1950	1,2 . 10 ⁵ (2)
Tocantins	Subterrâneo	11390	7,5 . 10 ⁵ (2)	21033	1,3 . 10 ⁶ (2)
Ubá	Superficial (Ribeirão Ubá)	75716	4,9 . 10 ⁶ (1)	110947	7,2 . 10 ⁶ (1)
Visconde do Rio Branco	Misto	28627	1,26 . 10 ⁶ (1) 5,4 . 10 ⁵ (2)	41020	1,82 . 10 ⁶ (1) 7,8 . 10 ⁵ (2)

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Reservas Permanentes – Não foi avaliada devido a anisotropia do meio, em decorrência da grande variação da profundidade da zona de fraturamento, da heterogeneidade na distribuição das fraturas e do nível de conhecimentos sobre o aquífero fissural, impossibilitando o estabelecimento de estimativas aceitáveis das reservas permanentes na região pesquisada.

Reservas Renováveis – O conhecimento das reservas renováveis possibilita o dimensionamento da capacidade de exploração dos aquíferos preservando o equilíbrio hidráulico do sistema. Essas reservas, representadas pela capacidade de armazenamento das sub-bacias, estudadas e avaliadas por Gonçalves (2005), a partir do cálculo do coeficiente de armazenamento, que é função variável anualmente em consequência dos aportes sazonais de água superficial, do escoamento subterrâneo e dos exutórios. Para o somatório de todas as sub-bacias analisadas, cujos aportes de águas de água subterrâneas dão contribuição para a área estudada, as reservas renováveis foram avaliadas na ordem de $2471,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Disponibilidade Explotável – De acordo com Rebouças et al. (1994), 25% do volume estimado para as reservas renováveis representaria a disponibilidade explotável dos aquíferos, que no referido caso da região estudada corresponde a $617,95 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Disponibilidade Instalada – Levando em consideração a vazão média dos poços cadastrados em função do número de poços estimados em atividade, obteve-se o valor de :
 $386 \text{ poços} \times 12,2 \text{ m}^3/\text{hora} \times 24 \text{ horas} \times 365 \text{ dias} = 41,26 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Disponibilidade Usual – É o resultado da soma dos volumes de água explotados das diversas categorias de consumidores, tanto para o segmento público como para o setor privado, chegando ao resultado de $23,39 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Na Tabela 4, estão resumidos os valores que de forma razoável quantificam os recursos hídricos subterrâneos, que são os objetivos desse trabalho.

Tabela 4 – Volumes Estimados dos Recursos Hídricos

Reserva Renovável	$2471,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$
Disponibilidade Explotável	$617,95 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$
Disponibilidade Instalada	$41,26 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$
Disponibilidade Usual	$27,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O volume total explorado dos mananciais subterrâneos nas diversas categorias discriminadas é da ordem de : $27,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. A região estudada é privilegiada, quando correlacionada a outras de condicionantes hidrogeológicas semelhantes, pois o seu perfil favorece a captação dos mananciais de água potável para uso e abastecimento indiferenciado. Conforme as estimativas das reservas renováveis de cerca de $2471,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, desse montante apenas 1% representa o volume explorado anualmente, 25% é o volume disponível para a exploração e 1,5% refere-se à capacidade instalada. Esse potencial de recursos hídricos subterrâneos pode e deve ser usado para o conforto e bem-estar social pois estão intimamente ligados às necessidades básicas da população como também para alavancar de projetos de desenvolvimento econômico nos setores agro-industriais.

Diante desse quadro, tais reservas poderiam ser atualmente mais aproveitadas, em relação às águas superficiais, pois sua exploração e uso requerem um custo mais baixo do que os convencionais sistemas de captação e tratamento. O insuficiente conhecimento hidrogeológico dos meios fissurais e especificamente da área em questão, levam a um impreciso cálculo das reservas hídricas, cabendo aqui, certas considerações para futuras pesquisas como: um eficiente controle e monitoramento dos parâmetros quantitativos e qualitativos do meio aquífero, como tempo de residência das águas e das restituições subterrâneas; as áreas mais favoráveis para exploração e seus referidos limites. Não é por se tratar de uma região onde há a abundância relativa dos recursos subterrâneos, que não mereça cuidados, controles e políticas de gerenciamento e preservação. No sentido de estratégia e na disponibilidade desse bem para as futuras gerações é que se faz necessária a criação de dispositivos institucionais e legais voltados a conservação da água

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS, 2008 - http://www.bdmg.mg.gov.br/estudos/estudos_cadernos.asp

CONFEDERAÇÃO ESTADUAL DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2008 - <http://www.fiemg.org.br/admin/BibliotecaDeArquivos>

GONÇALVES, J. A. C.; Scudino, P. C. B.; Sobreira, F. G.; 2005. Reservas Renováveis e Caracterização dos Aquíferos Fissurais do Leste da Zona da Mata de Minas Gerais e Adjacências. Revista Geologia USP, Série Científica, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 19-27.

REBOUÇAS, A. C.; Riccomini, C.; Ellert, N.; Duarte, U.; Melito, K.M.; Senf, L.A. ; Souza, J.C.S., 1994. Diagnóstico Hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo, Uso e Proteção. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 8, Recife. Anais... Recife, ABAS/DNPM/CPRM, p. 93-102.

SOUZA, S. T. 1995. Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte; Copasa-Hidrosistemas, 525 p.