



## Proposta de Barragens Subterrâneas para Abastecimento Complementar Urbano e Rural no Município de Jenipapo de Minas, Região dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Autores Jorge L. S. Gomes, Univ. Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e Valiya M. Hamza, Observatório Nacional.

Copyright 2015, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

This paper proposes an evaluation of water resources to enable the construction of underground dams in the municipality of Jenipapo de Minas, in the area covered by the valleys of Jequitinhonha and Mucuri, based on geophysical data, geothermal, petrophysical, hydrogeological and geological relevant. It is planned resistivity profiles aiming identification of geological structure, sediment thickness, location of groundwater. The objective also includes thermal profiles of wells to determine the water flow velocity in the sedimentary rocks of the study area. In secondary objectives also will do field survey of geophysical and hydrogeological data for determination of porosity, permeability and flow rate of ground layers in the study area.

### Introdução

Os Vales do Jequitinhonha e Mucuri se encontram em regiões semiáridas com precipitações pluviométricas escassas e concentradas dos meses de Outubro a Abril, além de elevada taxa de evaporação regional. Em Minas Gerais, o semiárido possui uma área estimada em 103.590 km<sup>2</sup> distribuída em 85 municípios, e que representa 10,54% da área do Semiárido Brasileiro (DAYRELL, 2012).

O clima semiárido é um tipo de clima caracterizado pela baixa umidade e baixo índice pluviométrico, estando presente no Brasil nas regiões Nordeste e Sudeste, principalmente no norte de Minas Gerais na qual se situa o Município de Jenipapo de Minas. Neste sentido, a construção de barragens subterrâneas é uma alternativa para agricultura e para o abastecimento desta região durante o período de estiagem. Atividades intensas de agricultura e pecuária, desmatamento, ecossistemas frágeis, baixa capacidade de regeneração, levaram à perda da capacidade produtiva do solo e ao desaparecimento de córregos e nascentes (BAUR ET AL, 2013).

O maior desafio a ser enfrentado nas regiões semiáridas é o de fixar o homem do campo na sua terra, evitando o aumento de desempregados e da marginalidade nas grandes cidades. Uma das melhores alternativas é proporcionar meios de acumulação de água no próprio terreno do agricultor (COSTA ET AL, 1998).

Os estudos sobre as técnicas de barragens subterrâneas, em especial para uso agrícola, no semiárido do Brasil nas regiões de rochas cristalinas possibilitará análises e estudos para futura aplicação nos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

### Contexto Geológico

O contexto geológico regional da área de estudo pode ser compreendido com base nos trabalhos de DE WIT ET AL (1988) e PEDROSA-SOARES ET AL (1992) que apresentaram descrições sintetizadas da quebra do continente Gondwana, após a separação da placa Africana e da Sul Americana.

As principais unidades que representam a geologia e geomorfologia regional, incluem coberturas fanerozóica e Neoproterozóica, coberturas cratônicas, sequências metamórficas e metaltramáficas, corpos máficos (na região cratônica), complexos alcalinos, granitos tardi- a pós-tectônicos, formações de idade. Mesoproterozóica, terrenos de médio a alto grau metamórfico, embasamento parcialmente retrabalhado e embasamento cratônico (COMIG, 1997).

As coberturas detríticas (NQd), em parte colúvio-eluviais e, eventualmente, lateritas, recobrem parte das sequências anteriores e ocupam, em geral, as cotas mais elevadas. Para esses sedimentos pode-se atribuir uma origem residual pela atuação de ciclo erosivo em rochas mais antigas, resultando na desagregação, alteração e laterização. Esses depósitos superficiais são caracterizados por sedimentos diversificados, tanto na sua composição, quanto na sua distribuição; via de regra são formados de cascalho fino, areia, material síltico-argiloso, e porções limonitizadas, em finas camadas ou em blocos e concreções (CPRM, 2005). O contexto geológico do município de Jenipapo de Minas foi tratado em detalhe por HEINECK (2004) e por SOUZA (2004). Foram posteriormente reavaliados por CPRM (2003). A localização da área do estudo proposta é indicada pelo número de folha 11, no mapa da figura (1).

### Aspectos Hídricos e Hidrogeológicos

Em relação às águas subterrâneas no município de Jenipapo podem-se distinguir dois domínios hidrogeológicos: 1) de rochas metamórficas do Neoproterozóico e granito do Paleozóico; 2) coberturas detríticas do Cenozóico. Esses domínios hidrogeológicos podem ser enquadrados nos sistemas aquíferos granular e fissurado. Todo o conjunto é explotado por um total de 14 (quatorze) poços tubulares profundos no município de Jenipapo de Minas (CPRM, 2005).

Em relação às águas superficiais a rede de drenagem do município é do tipo dendrítico predominante, e em menor

escala retangular e paralela. O curso d'água mais importante é o rio Setúbal, havendo disponibilidade de água superficial.

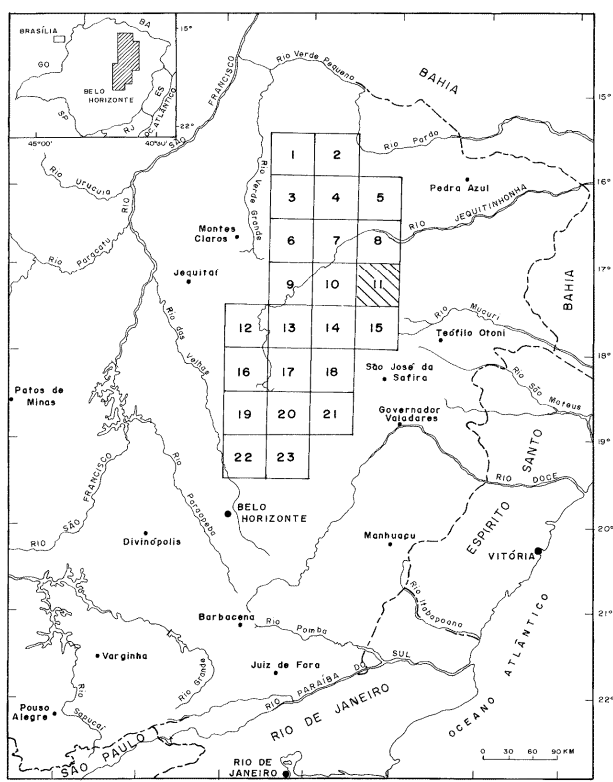


Figura 1 – Mapa regional e localização da folha 11 de Jenipapo (COMIG, 1997).

1. Janaúba	13. Carbonita
2. Rio Pardo de Minas	14. Capelinha
3. Francisco Sá	15. Malacacheta
4. Padre Carvalho	16. Diamantina
5. Salinas	17. Rio Vermelho
6. Botumirim	18. S. Maranhão
7. Grão Mogol	19. Pres. Kubitschek
8. Araçuaí	20. Serro
9. Itacambira	21. Guanhães
10. Minas Novas	22. Baldim
11. Jenipapo	23. C. Mato Dentro
12. Curimatá	

O sistema aquífero granular é representado por sedimentos pouco consolidados que constituem as coberturas detríticas de composição areno-argilosa, eventualmente laterizadas. Em termos hidrogeológicos possuem porosidade primária e boa permeabilidade (CPRM, 2005). O sistema aquífero fissurado ocorre em toda extensão do município estando relacionado às rochas xistosas do Grupo Macaúbas (Formação Ribeirão da Folha) e ao granito Mangabeiras. De um modo geral, apresenta baixo potencial hidrogeológico, sendo as feições estruturais responsáveis por variações locais de produtividade.

O potencial hidrogeológico é dependente da densidade e intercomunicação das descontinuidades, aspecto que geralmente se traduz em reservatórios aleatórios e de

pequena extensão (CPRM, 2005). Apresenta-se na Figura (2) o mapa da rede de drenagem do Município de Jenipapo de Minas (CPRM, 2005).

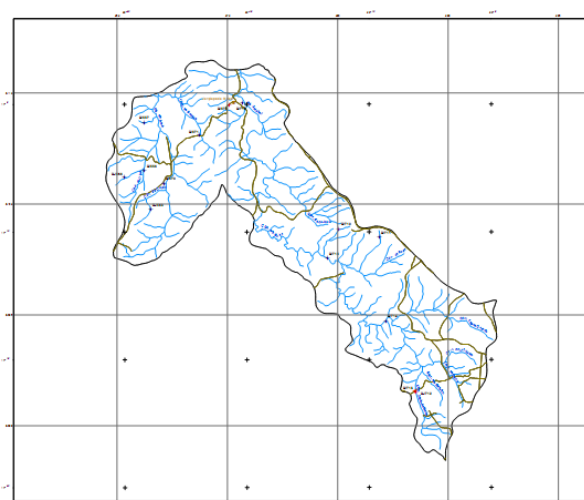


Figura 2 – Mapa da rede de drenagem do Município de Jenipapo de Minas (CPRM, 2005).

### Barragens Subterrâneas

O uso de barragens de fluxo da água subterrânea é apresentado como uma concepção antiga e reporta-se às construções que remetem à época do Império Romano, na Sardenha, e a civilizações antigas do Norte da África (HANSON E NILSSON, 1986).

Barragem subterrânea é toda estrutura que objetiva impedir o fluxo subterrâneo de um aquífero pré-existente ou criado concomitantemente à construção da barreira impermeável ficando a água armazenada no perfil do solo, permitindo assim um aproveitamento mais racional da água contida nas aluviões (SANTOS & FRANGIPANI, 1978).

Desde o início do século XVIII, entretanto, as barragens vêm sendo utilizadas principalmente no Norte e Sudeste da África, Índia, Israel e Irã (PONÇANO, 1981). Segundo o IPT (1981) este tipo de barragem foi utilizado também no Saara, por hidrogeólogos franceses, com vistas à exploração de uma agricultura de vazante.

No Brasil, SILVA (1998) refere-se à existência da primeira barragem subterrânea construída em 1919 na região semiárida da Paraíba, com plantações de cana-de-açúcar e arroz, entre outras culturas. De acordo com Silva & Rego Neto (1992) barragens subterrâneas foram construídas por volta do ano de 1920 na região semiárida do Rio Grande do Norte, onde eram utilizados materiais da própria região, sendo sua principal produção voltada para as culturas forrageiras, no sistema de exploração semelhante ao de agricultura de vazante (COSTA E LIMA, 2000; COSTA, 2002).

O caso mais relevante de aproveitamento de aluviões com barragem subterrânea é o da Fazenda Pernambuco, em São Mamede, no Estado da Paraíba, onde o seu proprietário, Sr. Clóvis Lima vem irrigando, a partir de uma barragem subterrânea de 200m de extensão por 4,0m em média de profundidade, uma área de 40 ha.

Dessa área irrigada e plantada com mangueiras, o seu proprietário exporta anualmente toneladas de manga para a Europa (COSTA ET AL, 1998).

No IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos Santos et al (1991) apresentaram simulações em modelo matemático, segundo as quais a interferência da barragem subterrânea aumenta as vazões exploráveis e seu potencial hidráulico, ampliando as reservas hídricas, permitindo irrigação de culturas de subsistência ao longo de todo o período seco.

Em 1997 foi lançado o Manual de Barragens Subterrâneas (COSTA, 1997), onde foram descritas as condições necessárias para uma correta locação e construção, assim como também foram fornecidos elementos sobre a capacidade de acumulação e os custos de construção.

O conhecimento mais recente do estudo de barragens subterrâneas é apresentado na Figura (3) e viabiliza-se a possibilidade de seu uso na região dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

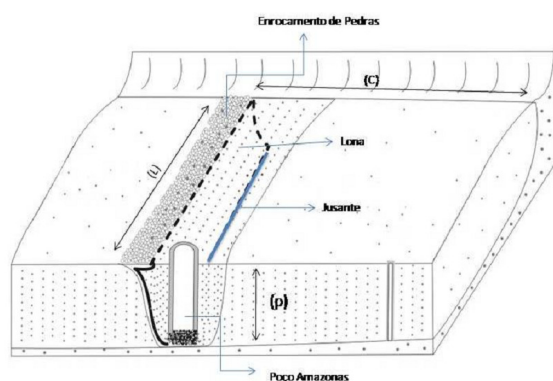


Figura 3 – Modelo de Barragem Subterrânea, onde L é a largura, C o comprimento e P a profundidade (SOBRAL ET AL, 2010).

O modelo criado para representar a barragem subterrânea possui 3 metros de profundidade (p), 20 de largura (L) e 20 de comprimento (C), estando localizada em um solo que apresenta uma porosidade ( $\phi$ ) de 0,5. O modelo teve o solo dividido em três camadas como está apresentado na figura (4).

Neste modelo calculou-se o nível de água na barragem subterrânea, em função da evaporação diária, que foi estimada pela fórmula de GRILLI & VIDAL (1986):

$$E_v = E_{v \max} e^{\alpha(z-z_0)} \quad E_v \leq E_{v \max} \quad (1)$$

$$E_v = E_{v \max} \quad E_v > E_{v \max}$$

onde,  $E_v$  a taxa de evaporação,  $z$  a profundidade do lençol freático,  $E_{v \max}$  a evaporação máxima,  $\alpha$  e  $z_0$  parâmetros de ajuste.

A primeira camada recebe maior incidência solar fazendo a água presente evaporar com mais facilidade, na segunda camada, por ter um contato com a primeira, a temperatura pode ser transferida por meio de condução do calor. A terceira camada retém mais água, por sofrer menos influência da solarização. A água presente em

uma camada só começa a evaporar quando a água da camada anterior já tiver evaporado totalmente, o que dificulta esse processo nos dias que há precipitação de chuva, pois ocorre a recarga no lençol freático. Os valores de  $\alpha$ ,  $Z_{\max}$  e  $Z_0$  para cada camada estão apresentados na tabela (1).

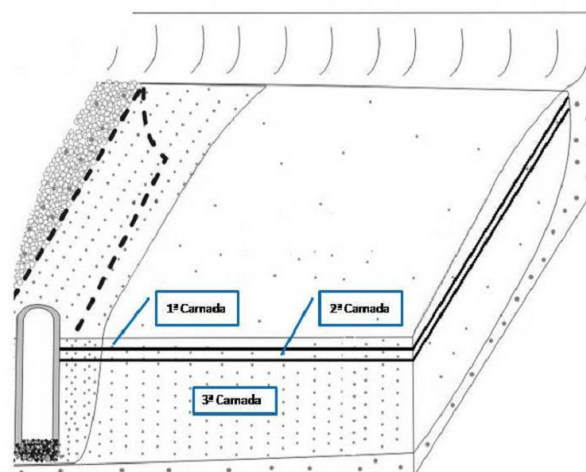


Figura 4 – Camadas em uma barragem subterrânea (SOBRAL ET AL, 2010).

Tabela 1 - Valores dos coeficientes da barragem subterrânea (SOBRAL ET AL, 2010).

CAMADA DO SOLO	ESPESSURA	$\alpha$	$E_{v \max}$	$Z_0$
1º	0 a 10 cm	0,01	3,90	0,22
2º	10 a 20 cm	0,01	1,90	0,24
3º	20 cm a 3 m	0,01	1,54	0,25

Para calcular a área evaporada ( $A E_v$ ), utiliza-se:

$$A E_v = \frac{LC}{10^3} E_v \quad (2)$$

O volume da barragem no final do dia é determinado pelo balanço hídrico, utilizando as chuvas, a evaporação e o volume inicial. A nova profundidade do lençol freático ( $Z_1$ ) é calculada em função do volume final, por meio de:

$$Z_1 = \frac{V}{200} \quad (3)$$

### Características Locais

O Brasil com naturais variações geológicas e geomorfológicas enfrenta diferentes problemas com relação à água, onde a crescente necessidade de reduzir, a níveis mínimos, as disparidades intra e inter-regionais tem suscitado uma especial atenção aos problemas do setor rural, principalmente daquelas regiões onde há numerosas e graves limitações em seus recursos naturais e socioeconômicos (SILVA, 1982).

A região de estudo proposta apresenta, via de regra, baixa vazão o que, no entanto, não diminui sua importância como alternativa de abastecimento em casos



de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem. Nesse sistema predominam as fraturas, falhas e xistosidades que fornecem a porosidade secundária (CPRM, 2005). A seguir, na figura (5), apresentamos fotos do local.



Figura 5 – Fotografias mostrando a porosidade primária e secundária, a xistosidade e as características detríticas da região.

### Viabilização do Projeto

A execução deste projeto compreende a utilização de vários métodos dentre os quais: medidas geotérmicas visando determinação de velocidades horizontais e verticais de água subterrânea conforme trabalhos de Hamza (1982) e Pimentel e Hamza (2014), execução e medidas de eletroresistividade para caracterização de camadas de sedimentos nos leitos de rios, levantamento da espessura dos pacotes sedimentares, do nível dos lençóis freáticos e identificar área de maior captação da drenagem para montagem e instalação de barragens subterrâneas.

A utilização de equipamentos disponíveis no Laboratório de Geotermia do ON – LabGeotON, permitirá as medidas de temperatura e de eletro-resistividade da região, que servirão de base na determinação de velocidade de movimento de água subterrânea e na avaliação dos recursos hídricos, necessários à melhor técnica e localização para construção de barragens subterrâneas.

Propõe-se o desenvolvimento do projeto de pesquisa em sete fases distintas, descritas nos itens a seguir:

**Fase 1 – Geofísica Regional e Levantamento de Dados:** Na fase inicial serão efetuadas compilações de dados existentes, principalmente referentes aos poços na região e dados hidro meteorológicos, topográficos e petrofísicos. Prevê-se também compilação de dados geofísicos

regionais, que servirão como referencial básico para o planejamento de pesquisas nas etapas seguintes do projeto. Também será efetuada, nesta fase, análise de dados geológicos e hidrogeológicos disponíveis e preparação de uma síntese atualizada do contexto tectônico e estrutural. Prevê-se, ainda, elaboração dos mapas temáticos em escalas apropriadas à compreensão dos regimes hídricos e drenagens pluviais da bacia.

**Fase 2 – Coleta de dados Hídricos:** Esta fase inclui inicialmente uma revisão dos dados existentes sobre padrões de precipitação local, redes de descargas pluviais, e sistemas de drenagem superficial. Prevê-se uso de imagens de satélites e fotos aéreas para esta finalidade. O objetivo principal é mapear leitos de rios intermitentes que possuem condições hídricas e hidro geológicas para implantação de barragens subterrâneas. Em seguida prevê-se coleta de dados físico-químicos, pH e condutividade elétrica das águas, junto com informações sobre altitude e contexto hidrogeológicos.

**Fase 3 – Levantamentos de campo:** As atividades desta fase visam compilação e análise de dados sobre canais de descargas pluviais, cisternas e poços de águas subterrâneas da área de estudo. Prevê-se também execução de perfilagens em furos e poços existentes na região, com objetivo de determinar as propriedades eletroresistivas das camadas sedimentares, como também das propriedades físicas das mesmas e dos fluidos presentes nas formações, complementando a fase anterior. Após esta fase faremos avaliação do balanço hídrico subterrâneo e indicação inicial de locais para instalação das barragens subterrâneas.

**Fase 4 – Medidas das Propriedades Físicas:** Esta etapa prevê a cooperação da UFVJM e do GEOVALES no sentido de coletar amostras das principais formações geológicas, com o objetivo de determinar a porosidade e a permeabilidade nas formações sedimentares locais. As medidas serão realizadas no Laboratório de Petrofísica do Observatório Nacional/MCT.

**Fase 5 – Barragem subterrânea piloto:** As atividades previstas nesta fase incluem acompanhamento de trabalhos de construção da barragem subterrânea piloto. A Prefeitura de Jenipapo irá buscar recursos de material e mão de obra para a realização e construção da barragem piloto.

**Fase 6 – Avaliação dos resultados da barragem piloto:** Será analisado o comportamento da barragem piloto com base em dados de vazão, índices pluviométricos e hídricos. Nesta etapa do projeto serão efetuadas as avaliações dos resultados obtidos e mapeamento regional dos locais para se instalarem novas barragens subterrâneas. Complementa-se esta fase com a avaliação da produção agrícola e do impacto socioeconômico local.

**Fase Final – Elaboração da Tese:** Nesta etapa final são previstas análises integradas dos dados coletados, a avaliação do potencial hídrico, da viabilidade técnica de aproveitamento da água, como também do potencial hidrogeológico, da viabilidade técnica e aproveitamento dos recursos hídricos provenientes de barragens subterrâneas para agricultura e abastecimento urbano.

O cronograma das desenvolvimentos do projeto proposto é ilustrado a seguir, na tabela (2).

Tabela 2 - Cronograma de desenvolvimento.

Fases	Período de Março 2015 a Fevereiro 2018				
	2015	2016		2017	2018
	03-12	01-06	06-12	01-12	01-02
1	X	X			
2	X	X	X		
3	X	X	X	X	
4	X	X	X	X	
5			X	X	
6				X	X
Final				X	X

Nota: O presente cronograma poderá ser adiantado e o projeto concluído entre 2 e 3 anos, dependendo das condições encontradas em campo.

### Conclusões

O projeto proposto conta com aproveitamento das instalações existentes no Laboratório de Geotermia do ON e do Laboratório de Petrofísicas, estando previstos coleta suplementar de dados em colaboração com as instituições federais, estaduais e municipais que atuam na área dos vales do Jequitinhonha e Mucuri.

O projeto conta com a colaboração da Prefeitura de Jenipapo de Minas e também do Grupo de Estudos e Pesquisas em Geociências e Engenharia dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – GEOVALES da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, da Empresa de Assistência Técnica e da Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER/MG.

### Agradecimentos

Este projeto está sendo realizado como parte do projeto de doutorado do primeiro autor.

### Referências

- BAUR, M. T.; Gomes, J.L.S.; Gomes, P.S.; GOMES, A. J. L. 2013. **Ações Antrópicas Acrescem Áreas de Risco Ambiental e Geológico nos Bairros Jardim São Paulo, Solidariedade e Funcionários em Teófilo Otoni**. In: X Congresso Nacional de Meio Ambiente, Poços de Caldas. ISSN 2317-9686.
- COSTA, W. D. 1997. **Manual de barragens subterrâneas. Conceitos básicos, Aspectos Locacionais e Construtivos**. Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco. Recife-PE.
- COSTA, W. D.; LIMA, C. N. 2000. **Barragens subterrâneas: uma opção para o semi-árido**. Recife, PE: São Mamede.
- COSTA, W. D.; CIRILO, J. A.; PONTES, M.; MAIA, A. Z. 1998. PEREIRA SOBRINHO, O. **Barragem subterrânea:**

**uma forma eficiente de conviver com a seca**. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, ABAS. ISSN 0101-7004.

COSTA, M. R. 2002. **Avaliação do potencial de aproveitamento de reservatórios constituídos por barragens subterrâneas no semiárido brasileiro**. UFPE.

COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. 1997. PEDROSA-SOARES, A. C. **Geologia da Folha Jenipapo, Minas Gerais**. In: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C. & SOARES-FILHO, B. S. (coordenadores e editores). Projeto Espinhaço Em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte. pp. 1053-1197.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2003. **Mapa Geológico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM/COMIG. Escala 1:1.000.000. Meio Digital.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2005. **Diagnóstico do município de Jenipapo de Minas, MG**. Projeto Cadastro de Abastecimento por Águas Subterrâneas, Vale do Jequitinhonha.

DAYRELL, C. A. 2012. **O semiárido mineiro e a movimentação dos povos do lugar na luta pela convivência com os potenciais culturais e ecossistêmicos do sertão mineiro**. VIII ENCONASA, Januária, Minas Gerais.

DE WIT, M. et al. 1988. **Geological Map of Sectors of Gondwana, reconstructed to their disposition at about 150 Ma, scale 1:10.000.000**. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, OK, USA, and University of Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.

HAMZA V. M. 1982. **Pesquisas de medições de temperatura subsuperficial: Importância para a hidrogeologia**. Revista de Águas Subterrâneas, São Paulo, v.5, pp. 65-99.

HANSON, G.; NILSSON, A. 1986. **A Ground-Water Dams for Rural-Water Supplies in Developing Countries**. Ground Water, V. 24, n. 4.

HEINECK, C.A., VIEIRA, S., DRUMOND, J.B.V., LEITE, C.A.L., LACERDA FILHO, J.V., VALENTE, C.R., LOPES, R.C., MOLOUF, R.F., OLIVEIRA, I.W.B., OLIVEIRA, C.C., SACHS, L.L.B., PAES, V.J.C., JUNQUEIRA, P.A., NETTO, C. **Folha SE.23** - Belo Horizonte. In: SCHOBENHAUS, C., GONÇALVES, J.H., SANTOS, J.O.S., ABRAM, M.B., LEÃO NETO, R., MATOS, G.M.M., VIDOTI, R.M., RAMOS, M.A.B., JESUS, J.D.A., (eds.). 2004. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004. CD-ROM.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1981. **Levantamento das potencialidades para implantação de barragens subterrâneas no Nordeste: bacias dos Rios Piranhas – Açu RN e Jaguaribe CE**. São Paulo, pp.56. Relatório 14887.

PEDROSA SOARES, A. C.; NOCE C.M.; VIDAL PH.; MONTEIRO R.L.B.P.; LEONARDOS O.H. 1992. **Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) West Congolian (SW Africa) Belt.** Journal of South American Earth Sciences, v. 6, n.1/2, pp. 33-47.

PIMENTEL, E. T.; HAMZA, V. M. 2014. **Use of geothermal methods in outlining deep groundwater flow systems in Paleozoic interior basins of Brazil.** Hydrogeology Journal, v.22, pp. 107-128. DOI 10.1007/s10040-013-1074-0.

PONÇANO, W. L. 1981. **Barragens Subterrâneas no Ceará e Rio Grande do Norte: Uma Alternativa Tecnológica para o Abastecimento de Água no Semiárido.** In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Itapema, ABGE, v.1, pp. 30-321.

SANTOS, J. P.; FRANGIPANI, A. 1978. **Barragens Submersas - Uma Alternativa para o Nordeste Brasileiro.** In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo, SP. ANAIS, ABGE, V. 1.

SANTOS, N.; REGO, J.; ALBUQUERQUE, J. 1991. **Estudo do Comportamento de Aquíferos Aluviais no Período Seco no Semiárido do Nordeste Brasileiro.** IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos /V Simp Luso Brasileiro de Hidr. e Rec. Hídricos, Rio de Janeiro.

SILVA, A. S. 1982. **Utilização dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semiárido do Brasil.** Tecnologias de baixo custo. EMBRAPA/CPATSA.

SILVA, D. A.; REGO NETO, J. 1992. **Avaliação de barragens submersíveis para fins de exploração agrícola no semiárido.** In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Natal - RN.

SILVA, F. F. 1998. **Investigação e Modelamento do Fluxo Subterrâneo em Aquífero Aluvial no Semiárido da Paraíba.** Laboratório de Hidráulica - DEC/CCT/UFPB, Dissertação, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos, Campina Grande-PB.

SOBRAL, P. M.; SILVA, G. V.; SILVA, W. M. A.; SOARES, W. A. 2010. **Comparação Entre Barragens Subterrâneas e Superficiais.** XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, Pernambuco - PE.

SOUZA, J. D.; KOSIN, M.; TEIXEIRA, L. R.; MARTINS, A. A. M.; BENTO, R. V.; BORGES, V. P.; LEITE, C. A.; ARCANJO, J. B.; LOUREIRO, H. S. C.; SANTOS, R. A.; NEVES, J. P.; CARVALHO, L. M.; PEREIRA, L. H. M. **Folha SD.24** - Salvador. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAN, M.B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G.M.M.; VIDOTI, R.M.; RAMOS, M.A.B.; JESUS, J.D.A.; (eds). 2004. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004. CDROM.