



Estimativas de condutividade térmica e fluxo geotérmico do Município de São Domingos do Prata no Estado de Minas Gerais

Virgílio Fagundes Moreno Sousa (virgilio.fagundes@gmail.com) e Antônio Jorge L. Gomes (antonio.gomes@ufvjm.edu.br)
UFVJM - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13th 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

Results of updated compilations and geothermal investigations carried out during the period of 2012 to 2013 have allowed determination of thermal conductivity and heat flow in the city of São Domingos do Prata in the State of Minas Gerais, Brazil.

This new assessment is part of a research project called Gradient Flow and Geothermal Prospects with Exploitation of Geothermal Energy in the Valley of Jequitinhonha and Mucuri with support from FAPEMIG e do CNPQ.

The results were based on thermal temperature profiling performed on wells undertaken by staff of the Geothermal Laboratory of the National Observatory/MCT of Rio de Janeiro, in the year 1997, and SIAGAS from CPRM in the year 2013.

The values of geothermal gradients were obtained through the methodology of type CVL and CBT. The results obtained indicate geothermal gradients with values in the range of 16,8 and 22,8 °C/km. The average geothermal gradient in the city of São Domingos do Prata was $19,8 \pm 2,4$ °C/km.

The results obtained indicate geothermal conductivity with values in the range of 2,7 e 3,7 (W/mK) and the average was 3,2 (W/mK).

The values of heat flow were obtained indicate geothermal gradients with values in the range of 54 and 68 mW/m² and resulting in an average value of the heat flow of 58 mW/m².

The results for conductivity are expected for rocks and sediments of the region, which are similar to the value cited in the literature. The results for average heat flow of 58 mW/m² are characteristic of a region tectonically stable.

Introdução

Este trabalho visa estimar a condutividade térmica e determinar o fluxo geotérmico de São Domingos do Prata, situado sobre a Província Mantiqueira, com base

na condutividade térmica regional estimada a partir de perfis litológicos de poços.

Em 2010 foi iniciado em Teófilo Otoni um programa de pesquisa da Energia Geotérmica dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pelo Laboratório de Geotermia da UFVJM, campus Mucuri, cujo laboratório está em fase de implementação. O projeto tem por objetivo avaliar o potencial geotérmico dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Para melhor entendimento do contexto em que se insere o Complexo Juiz de Fora e seu entorno surge a necessidade de realizar pesquisas sobre a Província Mantiqueira. Em 2012 foram realizados por Sousa e Gomes trabalhos de reavaliação do gradiente geotérmico em São Domingos do Prata no centro-leste de Minas Gerais região que consiste de unidades geológicas pertencentes a Província Mantiqueira (CPRM, 2003) que possibilitaram estimar um gradiente geotérmico médio regional de $19,8 \pm 2,4$ °C/km.

A condutividade térmica de São Domingos do Prata é avaliada nesse trabalho com base em interpretações de litologia de poços que constam da base de dados SIAGAS da CPRM (2013) e ainda revisões bibliográficas de trabalhos já publicados, todos citados em revisões bibliográficas relevantes da área de estudo.

Na figura (1) apresentamos a localização regional do Município de São Domingos do Prata no Estado de Minas Gerais.

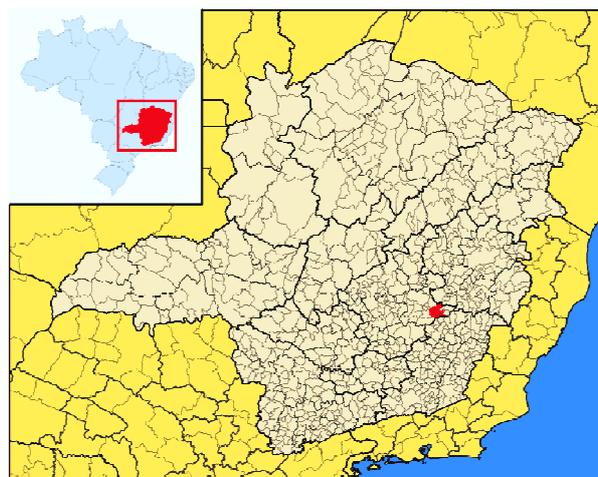


Figura 1 - Mapa regional com a localização do Município de São Domingos do Prata situado na região cento-leste do Estado de Minas Gerais.

Metodologia

A condutividade térmica é uma grandeza física característica dos sólidos que permite a condução do calor, ou seja, apresenta a habilidade de cada material de conduzir o calor, permitindo a transmissão da energia na forma de calor que chega à superfície, (GOMES e HAMZA, 2005; GOMES, 2009; SOUZA e GOMES, 2012).

Conhecendo-se a condutividade térmica e conhecendo o valor do gradiente geotérmico determinamos o fluxo térmico regional pela relação de Fourier. Em revisão bibliográfica os métodos empregados para determinar a condutividade por tipo litológico por Gomes e Hamza (2003) e Gomes (2009) foram: Fonte Linear de Calor e Fonte Planar de Calor. O método Fonte Linear de Calor tem como princípio a solução da equação de transmissão de calor apropriada para o caso de fonte linear num meio infinito (CARSLAW & JAEGER, 1959) que é apresentada a seguir:

$$T = \frac{Q \cdot \ln(t)}{4\pi\lambda} + c \tag{1}$$

Onde: Q é a taxa de produção de calor por unidade de tempo e comprimento; λ é a condutividade térmica; t é o tempo após o início de ensaio e T a temperatura.

A relação linear entre a temperatura (T) e o logaritmo de tempo (t) permite que se determine a condutividade térmica da amostra, desde que se conheça o valor da taxa de aquecimento (Q). Um ensaio inicial com uso de um material padrão cuja condutividade térmica seja conhecida permite determinar o valor efetivo de Q. O método Fonte Planar de Calor desenvolvido por Mongelli (1968) também baseado na solução da equação de transmissão de calor apropriada:

$$T = (Q(\rho pc/\pi\lambda)^{-1/2}) \times e^{-(k-x)^2/4kt} - Q \frac{(k-x)}{2kpc} \operatorname{erfc} \frac{(k-x)}{2\sqrt{kt}} \tag{2}$$

Onde: Q é a taxa de produção de calor por unidade de tempo e área unitária, λ é a condutividade térmica; t é o tempo; T é a temperatura e k a difusividade térmica.

Para determinarmos o fluxo geotérmico utilizamos a relação de Fourier, onde o fluxo de calor é a transição de energia por unidade de área e por unidade de tempo; neste trabalho consideramos uma variação unidimensional de temperatura.

$$q = -\lambda \Gamma \tag{3}$$

Onde λ é a condutividade térmica e Γ o gradiente térmico, sendo o sinal de negativo um indicativo de que o fluxo está numa direção oposta à do gradiente geotérmico.

Geologia e Litologia Regional

A Província Mantiqueira é uma unidade geotectônica instalada a leste dos crátons São Francisco e Rio da Prata, que guarda registros de uma complexa evolução do neoproterozóico na América do Sul entre 900-520 Ma (CPRM, 2003). Formada por gnaisses, com intrusões de

granitoides e rochas básicas; é composta por terrenos do complexo Granito-Gnáissico constituído por tonalitos migmatizados e gnaisses granodioríticos (Noce, 1995), nos gnaisses encontram-se vários corpos granitoides e rochas básicas e metabásicas provenientes de diferentes fases de acreção mantélica ou retrabalhamento crustal (Carneiro, 1992; Noce, 1995).

Para descrição litológica foram realizadas análises de perfis litológicos de poços que constam da base de dados do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas). Constatamos que na região temos a predominância de rochas ígneas e metamórficas que se encontram bem próximas à superfície, há também grandes afloramentos rochosos que são explorados na região para pratica de esportes radicais. Nos perfis analisados os sedimentos apresentam-se de forma bem superficial que varia de 0 a 55 metros, sendo os litotipos característicos: argila, solo arenoso, solo argiloso, rochas intemperizadas e decompostas. Na Figura (2) apresentamos a extensão do Complexo Mantiqueira (em amarelo) na região de São Domingos do Prata. Apresenta-se no conjunto da figura uma descrição da Geologia regional com adaptações e de acordo com Araújo (2005).

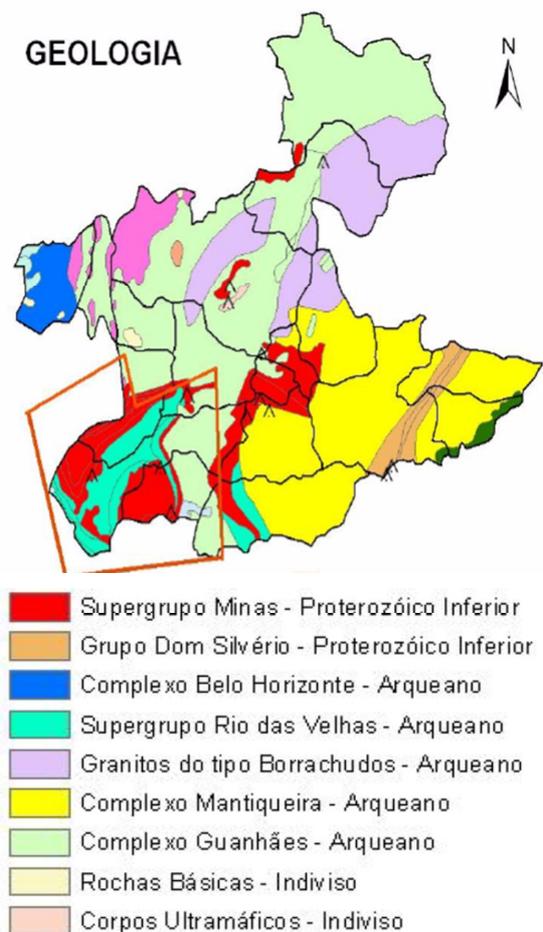


Figura 2 - Geologia Regional de São Domingos do Prata (Adaptado de Araújo, 2005).

A Figura (3) apresenta o perfil litológico do poço 3100005171 em estudo na região de São Domingos do Prata que se encontra próximo aos poços perfilados.

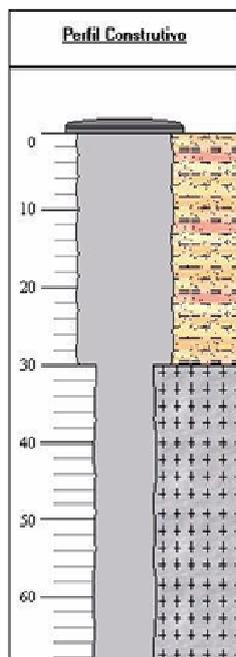


Figura 3 - Perfil construtivo do poço 3100005171 na região de São Domingos do Prata com o embasamento a 30 m de profundidade (Base de Dados SIAGAS da CPRM, 2013).

O perfil é apresentado na Tabela (1) para melhor ilustrar o que é observado. Este apresenta camadas geológicas lateralmente homogêneas com dimensões físicas bem definidas nos intervalos observados.

Tabela 1 - Perfil litológico do poço na região de São Domingos do Prata.

Poço 3100005171		
Proprietário	COPASA	
Natureza	Tubular	
Latitude	19° 50' 06"	
Longitude	42° 46' 30"	
Dados Litológicos		
De (m):	Até (m):	Litologia
0	30	Solo argiloso
30	69	Granito

Resultados

Reavaliamos os valores do gradiente geotérmico com base no perfil obtido no ano de 1997 pelo grupo de pesquisa do Observatório Nacional, que fez medições de gradiente na região de São Domingos do Prata – Minas Gerais, utilizando os métodos convencional (CVL), temperatura estável de fundo de poço (CBT) utilizando a média da temperatura anual em superfície para cálculo do gradiente.

De acordo com as avaliações já realizadas os resultados apontam temperatura média anual, utilizada naquela época em 17°C, com um gradiente geotérmico médio de $19,8 \pm 2,4$ °C/km para a região.

Com base em revisões bibliográficas de Gomes e Hamza (2003) e Gomes (2003) e conhecendo a litologia dos poços da região, foram realizadas análises da condutividade térmica na região de São Domingos do Prata com classificação por tipo litológico para posterior cálculo do fluxo térmico regional, cujos resultados são apresentados na Tabela (2).

Tabela 2 - Condutividade térmica dos dois poços de São Domingos do Prata da Base de Dados SIAGAS (CPRM, 2013).

Poço	Litologia	Condutividade por litologia (W/mK)		Condutividade média do poço (W/mK)	
C-422208-01	Solo argiloso	2,7	0,8	3,0	1,05
	Granito	3,0	1,3		
C-422208-02	Solo argiloso	2,7	0,8	3,2	1,05
	Granito	3,2	1,3		

Determinada a condutividade térmica da região e conhecendo o gradiente geotérmico, determinamos o fluxo geotérmico regional pelos métodos acima citados. A Tabela (3) apresenta os resultados encontrados para a região

Tabela 3 - Fluxo Geotérmico dos dois poços de São Domingos do Prata obtidos a partir da Base de Dados SIAGAS (CPRM, 2013).

Poço	Método	Gradiente Geotérmico (°C/km)	Condutividade média do poço (W/mK)	Fluxo Geotérmico (mW/m²)
C-422208-01	CBT	22,8	3,0	68
	CVL	18,1		58
C-422208-02	CBT	16,8	3,2	54
	CVL	16,8		54

Conclusão

Os valores estimados da condutividade térmica das rochas e sedimentos observados nos poços em São Domingos do Prata ficaram situados no intervalo entre 2,7 e 3,7 (W/mK).

Os dados obtidos apontam para um valor médio de condutividade térmica de 3,2 (W/mK) e um desvio padrão de 1,05 (W/mK) em São Domingos do Prata.

O valor do gradiente geotérmico obtido pelo método CVL apresentou um valor de 16,8 °C/km.

O valor médio do gradiente geotérmico a nível regional foi de $19,8 \pm 2,4$ °C/km.

O valor médio da condutividade térmica a nível regional apresentou o valor de 3,2 (W/mK).

Os dados apontam que os valores do fluxo geotérmico na região de São Domingos do Prata estão compreendidos num intervalo entre 54 e 68 mW/m² com valor médio regional de 58 mW/m².

Os resultados obtidos para o gradiente geotérmico, a condutividade térmica e fluxo geotérmico, apresentaram os valores esperados para as regiões consideradas geologicamente estáveis e do tipo pré-cambrianas, sobretudo nesta região pertencente à Província Mantiqueira.

Agradecimentos

Agradecemos à equipe do Laboratório de Geotermia do Observatório Nacional/MCTI, em especial ao Doutor Valiya Mannathal Hamza.

Agradecemos pelo apoio das bolsas de iniciação científica da FAPEMIG e do CNPQ.

Referências

Bizzi L. A., Schobbenhaus C., Vidotti R. M. e Gonçalves J. H.. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**, CPRM, Brasília, 2003.

Bolditzar, 1958 T. Bolditzar, **The distribution of temperatures in flowing wells**, Am. J. Sci. 256 (1958), pp. 294–298.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS web - **Perfil construtivo de poços em São Domingos da Prata**. Acessado em Janeiro, 2013.

Gomes, A.J.L. 2009. **Avaliação de Recursos Geotermiais da Bacia do Paraná**. Tese de Doutorado Observatório Nacional.

Gomes, A.J.L. e Hamza, V.M., 2009. **Gradiente e Fluxo Geotérmico da Bacia do Paraná**, 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in August 24-28, 2009, Salvador, Brazil.

Gomes, A.J.L. ; Alexandrino, C., H. . 2011. **Mapeamento de Gradiente Geotérmico do Município de Teófilo Otoni no Estado de Minas Gerais**. In: 12th International Congress Of The Brazilian Geophysical Society.

Hamza, V.M. and Muñoz, M., 1996. **Heat Flow map of South America**, Geothermics, Geothermics, V.I 25, n° 6, pp. 599-646.

Hamza, V.M., Silva Dias, F.J.S., Gomes, A.J.L. and Terceros, Z.G.D., 2005. **Numerical and Functional Representations of Regional Heat Flow in South America**, Physics of the Earth and Planet Int., V152, 4, p. 223-256.

Serra, A. 1955. **Atlas Climatológico do Brasil**, Cons. Nac. Geo. Serv. Meteorológico, volume 1, Rio de Janeiro.

Sousa, V.F.M.; Gomes, A.J.L. **Gradiente Geotérmico de São Domingos do Prata na Região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais**. In: V SimBGf, Salvador, 2012.