



**Oferta e Demanda de Energia – o papel da tecnologia da
informação na integração dos recursos
26 a 28 de setembro de 2016
Gramado – RS**

Um Panorama sobre a Energia Geotérmica no Brasil e no Mundo: Aspectos Ambientais e Econômicos

Adriana Fiorotti Campos
Cynthia de Barros Lima Scarpati
Luan Tolentino dos Santos
Unis Raasch Pagel
Victor Hugo Alves de Souza

RESUMO

A energia geotérmica pode ser entendida como aquela que utiliza o calor extraído do interior da Terra para fins de utilização direta (de baixa e média entalpia), com aplicações primárias industriais, residenciais, agrícolas, entre outras; e de utilização indireta (de alta entalpia), com aplicação secundária na geração de eletricidade. Neste sentido, a partir de uma pesquisa bibliográfica, este artigo objetiva sistematizar, contextualizar e discutir informações inerentes às fontes geotérmicas, no que tange às suas formas de exploração, de aproveitamento e de acondicionamento, capacidade instalada, em níveis mundial e nacional, além de suas principais vantagens e desvantagens, em termos econômicos e ambientais, dentre outros aspectos. As conclusões indicam que as reservas geotérmicas possuem características compatíveis com o desenvolvimento sustentável, representando uma fonte energética alternativa e ecológica, com baixa emissão de poluentes nocivos (considerada insignificante) e ótimo custo-benefício. Ademais, a energia geotérmica faz-se presente tanto em países desenvolvidos, como em países em desenvolvimento, incorporada na matriz energética mundial. No Brasil, entretanto, essa fonte energética é utilizada essencialmente de forma direta, em

virtude da característica geológica do país (baixa e média entalpia), demandando investimentos em estudos e tecnologias para a sua aplicação indireta, para a geração de energia elétrica.

Palavras-Chave: Energia Geotérmica, Fontes Renováveis, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The geothermal energy can be understood as the one that uses the heat from the earth's crust for the direct use (low and medium enthalpy) with industrial, residential, agricultural purposes, among others; and for the indirect use (high enthalpy) with secondary application in electricity generation. In this view, from a bibliographical research, this article aims to systematize, contextualize and discuss information regarding the geothermal sources, as the forms of exploration, utilization and packaging; installed capacity in global and national levels, its main advantages and disadvantages in economic and environmental terms, among other aspects. The conclusions indicate that the geothermal reserves have characteristics consistent with the sustainable development, representing an alternative and environmentally friendly energy source with low emission of harmful pollutants (considered negligible) and cost-effective. In addition, geothermal energy is present in both developed countries and developing countries, embedded in the world energy matrix. In Brazil, however, this energy source is essentially used directly due to Brazil's geological feature (low and medium enthalpy), requiring investment in research and technologies for its indirect application, the generation of electricity.

Key-words: Geothermal Energy, Renewable Sources, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A energia geotérmica é oriunda do calor proveniente da Terra, mais especificamente do seu interior (BARBIER, 2002). Tendo em vista a necessidade de produzir-se energia elétrica de forma mais limpa e em quantidades cada vez maiores, foi desenvolvido um modo de usufruir desse calor para a geração de eletricidade. Neste ínterim, o uso da energia geotérmica pode ocorrer de duas maneiras diferentes, direta e indiretamente, e ambas têm crescido significativamente em várias partes do mundo desde a década de 1980, contribuindo para a diminuição no consumo de fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis. A geotermia é armazenada como calor sensível ou latente, convertida em energia mecânica e

posteriormente em energia elétrica, com grande diversidade de aplicações (CLAUSER, 2006).

Métodos avançados de perfuração encontram-se em desenvolvimento, visando aumentar a exploração dessa fonte e reduzir os custos provenientes das perdas de maquinários. Com esses adventos, as fontes geotermiais poderão competir nos mercados globais de energia, atualmente controlados pela utilização de combustíveis fósseis de baixo custo e em larga escala (MOCK; TESTER; WRIGHT, 1997).

Em comparação com outras fontes renováveis, o calor geotérmico é vantajoso, uma vez que está disponível diariamente e em todas as estações do ano. Este fato torna a energia geotérmica uma opção atraente para fornecimento de energia sustentável. Somado a esta ideia, corrobora o fato da energia geotérmica ser considerada uma forma limpa e ecológica de energia, ao permitir a geração e a venda de eletricidade com baixa emissão de poluentes nocivos na atmosfera (HURTERA; SCHELLSCHMIDT, 2003).

No decorrer do trabalho serão introduzidos os conceitos fundamentais a respeito da energia geotérmica, a situação atual no mundo e na América do Sul, especialmente no Brasil. Ao final serão apresentadas as barreiras e incentivos, vantagens e desvantagens do uso da energia geotérmica.

2. A ENERGIA GEOTÉRMICA

O interior da Terra é constituído em sua maioria, por materiais como rochas e metais, basicamente formado por três camadas de composição com propriedades diferentes, sendo elas: a crosta, que compreende gigantescos blocos rochosos, onde a espessura varia de 5 e 70 quilômetros; o manto, que é denso, se divide em superior e inferior, e onde se encontra o magma; e o núcleo, que, assim como o manto, se divide em externo (de consistência líquida) e interno (de consistência sólida e densa, composta por ferro e níquel) (BRANCO, 2016).

Com o aumento da profundidade, a temperatura das rochas derretidas (denominadas de magma) aumenta cada vez mais em função do gradiente térmico. Nas zonas de intrusões ou cinturões magmáticos, a temperatura é muito maior, e nelas há elevado potencial geotérmico. Essas zonas, segundo Souza Filho (2012) e Lindal (1973), podem ser classificadas categoricamente de acordo com a entalpia específica dos fluídos nelas presentes, sendo: alta entalpia, com temperaturas aproximadas de 150°C acima (geralmente vapor seco); média entalpia, com

temperaturas entre 80 e 150°C; ou baixa entalpia, com temperaturas abaixo de 80°C.

Tais áreas são apresentadas em diferentes tons de vermelho na Figura 1. São chamadas de zonas termais e possuem grande potencial de exploração geotérmica, coincidindo com áreas ativas de transição entre as placas tectônicas, apresentadas na Figura 2.

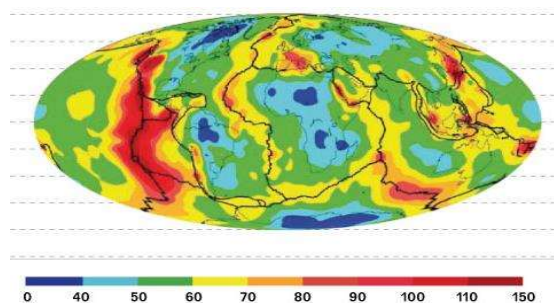


Figura 1 – Zonas térmicas mundiais.

(INSTITUTO CIÊNCIA HOJE, 2015.

Acesso em: 25 nov. 2015).

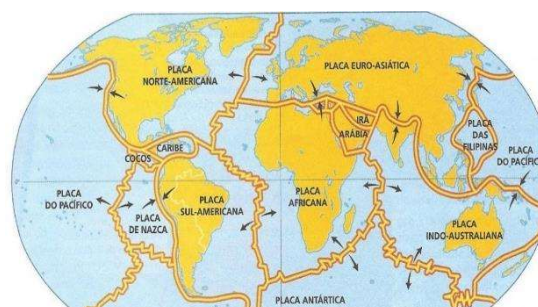


Figura 2 – Áreas ativas das fronteiras de placas tectônicas. (IBGE (2006, p. 12).

Utilizando-se a entalpia (critério mais comum), existem basicamente duas formas de aproveitamento da energia geotérmica: a utilização direta (de baixa e média entalpia), para fins residenciais, industriais, agrícolas, recreativos, de secagem, entre outros; e a utilização indireta (de alta entalpia), para fins de geração de eletricidade em instalações semelhantes às centrais elétricas convencionais.

Clauser (2006) descreve que nas usinas geotérmicas há o aproveitamento da existência de reservatórios de água subterrânea à elevada temperatura (acima de 150°C), em virtude do seu contato com as rochas quentes no interior da Terra. Neste sentido, o aproveitamento da energia geotérmica para fins indiretos, se dá através das usinas geotérmicas convencionais, em que há a perfuração do subsolo até o reservatório que contém o vapor d'água. Posteriormente, ocorre a instalação de tubos que conduzem o vapor até à central geotérmica. O vapor é então direcionado, sob alta pressão e velocidade, para as turbinas, movimentando suas pás e transformando a energia mecânica em energia elétrica, através do gerador.

Esta eletricidade é conduzida ao transformador, aumentando a tensão elétrica, e finalizando sua distribuição por linhas de alta tensão. O vapor, após passar pela turbina, é conduzido para uma torre onde se transforma em água e é resfriado. Posteriormente, a água resfriada é canalizada para o reservatório subterrâneo, onde é reinjetada nas rochas quentes, através das tubulações, para

reiniciar o ciclo. Em algumas usinas, há ainda o aproveitamento da água reciclada. Cabe frisar que, segundo Moraes e Coelho (2010), pesquisas têm sido realizadas a fim de se utilizar também da média entalpia para a geração de eletricidade, fato esse, que advém do grande avanço tecnológico e em pesquisas de engenharia de poços.

A geração de energia elétrica pode ser realizada das seguintes formas: sistemas de vapor seco; sistemas de vapor úmido; ciclo binário. Nas plantas de vapor seco, a reserva de água é muito baixa e o vapor abundante. Esse vapor é então entubado em uma central, com alta pressão, sendo capaz de movimentar as turbinas do gerador com excepcional força, tornando-se assim uma fonte eficiente na geração de eletricidade. Nas plantas de vapor úmido, é utilizado um reservatório de água como fonte quente. O líquido é encaminhado do poço à superfície e por meio de pressão se converte em vapor, movendo as turbinas. Nas plantas de ciclo binário, é utilizada a central binária, que transfere o calor da água geotérmica para qualquer outro fluido refrigerante de trabalho, que circula em um circuito fechado, convertendo-o em vapor e movendo as hélices da turbina. Assim, as plantas do ciclo binário podem operar utilizando água a médias temperaturas (em torno de 107°C) (RABELO et al., 2001).

Um método inovador foi proposto para reduzir a dependência dos reservatórios geotérmicos naturais: a criação de poços artificiais. Esta alternativa ficou conhecida como *Enhanced Geothermal Systems* (EGS) e representa um caminho para transformar os enormes recursos fornecidos por energia geotérmica em eletricidade para consumo humano de forma eficiente e em larga escala, uma vez que, esses sistemas utilizam rochas aquecidas naturalmente no interior da Terra, que, ao receberem a reinjeção de um fluxo contínuo de água, proporciona a produção de vapor. Este vapor é então convertido em energia mecânica, e posterior geração elétrica (OLASOLO et al., 2016).

Em detrimento das correntes de convecção (que movimentam as placas tectônicas) e os limites de zonas ativas de placas (que causam os abalos sísmicos, rupturas nas rochas e a separação de massas continentais), porções do magma sobem das profundezas do manto, atravessam a crosta e entram em erupção no fundo do mar ou na superfície da terra. À medida que esse magma se ergue e se cristaliza, surgem as cadeias montanhosas, como a Dorsal Meso-Oceânica do Atlântico, também conhecida por Cordilheira Meso-Atlântica, que chega a 65 mil quilômetros de extensão, se estende sob os Oceanos Atlântico e Ártico, e deve sua

formação ao limite divergente da placa Norte-americana e a placa Euroasiática (TEIXEIRA et al., 2000). Por ter seu território situado no interior de uma dessas placas (a Sul-Americana), o Brasil não apresenta enorme potencial de exploração dessa fonte energética para fins indiretos como a geração de eletricidade, restringindo-se a apenas para utilização direta, aqui fazendo menção às regiões de Poços de Caldas (MG) e Caldas Novas (GO).

2.1 Energia Geotérmica no Mundo

Em 2014, entrou em operação cerca de 640 MW a mais da nova capacidade de aproveitamento da energia geotérmica no cenário mundial, num total que corresponde à aproximadamente 12,8 GW. Os investimentos em geotermia cresceram 23% se comparado ao ano anterior, o que corresponde a um aumento de USD 2,7 bilhões (REN21, 2015). Contudo, como pode ser observado na Matriz Energética Mundial, apresentada na Figura 3, a energia geotérmica juntamente com outras renováveis como a solar e a eólica, representam somente 1,1% da oferta mundial de energia.

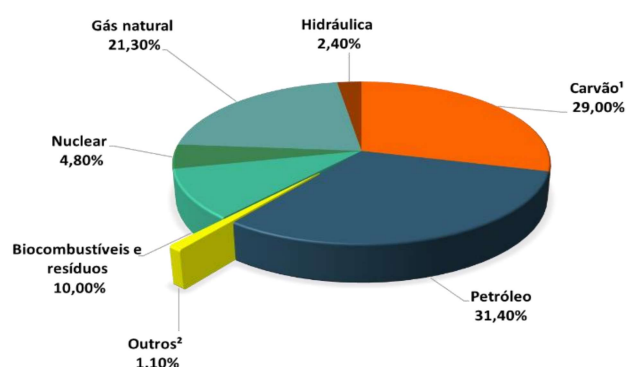


Figura 3 – Matriz Energética Mundial – 2012. (IEA, 2014, acesso em 25 nov. 2015)
 Notas: 1. Inclui turfa e óleo de xisto. 2. Inclui geotérmica, solar, eólica e biomassa

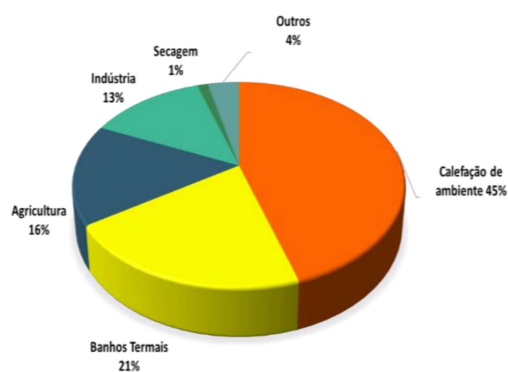


Figura 4 – Utilização Direta da Energia Geotérmica no Mundo – 2012. (Adaptado de PÁLSSON et al., 2013).

No que diz respeito à utilização deste recurso para fins diretos, Pálsson e outros (2013) destacam a diversidade de aplicações desse recurso energético no mundo. De acordo com os autores, 45% da energia geotérmica extraída é utilizada para calefação de ambientes, seguidos de 21% para banhos termais e 16% referente ao uso na agricultura. O restante divide-se entre a utilização na indústria, secagem e outros, como pode ser observado na Figura 4.

No cenário mundial de energias renováveis, a Islândia vem figurando como o país mais autossustentável existente. De acordo com GD Construções (2015) de

toda a energia elétrica gerada no país, aproximadamente 70% advém de hidrelétricas e 30% de fontes geotérmicas. Além disso, o país também possui as mais acessíveis fontes geotérmicas no mundo e consegue reduzir entre 2,5 e 4 milhões de toneladas de CO₂ anualmente, com a utilização direta e indireta de tal fonte energética. No entanto, apesar de possuir esse título, o país não se destaca em sua capacidade instalada de energia elétrica a partir da energia geotérmica, em virtude de seu tamanho. Os maiores destaques, nesse contexto, são os Estados Unidos com capacidade instalada de 3.094MW; Filipinas com 1.904MW; e a Indonésia com 1.197MW (INSTITUTO CIÊNCIA HOJE, 2015).

2.2. Energia Geotérmica na América do Sul: O caso do Brasil

A América do Sul é conhecida, no cenário da energia geotérmica, por possuir entalpias entre 100 e 120 MW/m² e, em maio de 2015, já contava com aproximadamente 100 projetos de energia geotérmica em desenvolvimento, espalhados entre a Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru. No Brasil, especificamente, os valores de entalpias estão situados entre 80 e 100 MW/m² (próximo da média do continente). No entanto, estudos apontam que há potencial de alta temperatura geotérmica, principalmente nas ilhas de Fernando de Noronha e Trindade e baixa temperatura (abaixo de 90°C) na região dos estados de Goiás, Mato Grosso e Santa Catarina (regiões Centro-oeste e Sul do país) (ARBOIT et al., 2013). O uso de energia anual é estimado em 6.622,4 TJ/ano (LUND; BOYD, 2016). Nas Figuras 5 e 6, respectivamente, pode-se visualizar o fluxo de calor da América do Sul e as regiões brasileiras que possuem recurso de base geotermal.

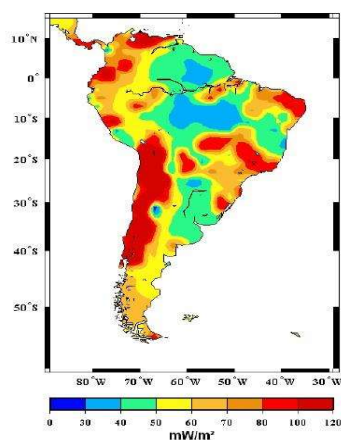


Figura 5 – Mapa do Fluxo de Calor da América do Sul. (HANZA et al. (2008), apud ARBOIT et al., 2013, p. 159).

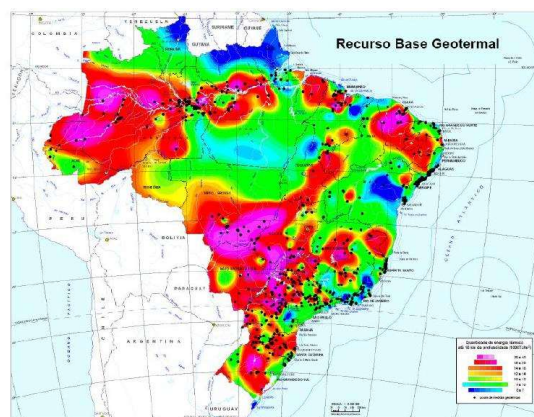


Figura 6 – Regiões com Recurso de Base Geotermal no Brasil. (ARBOIT et al. (2013, p. 160).

De acordo com Cardoso, Hamza e Alfaro (2010) a região do Aquífero Guarani, principalmente, possui indicativos que apontam a ocorrência de recursos geotérmicos de média entalpia em profundidades de 3 a 5km. Cabe destacar, no entanto, que apesar de possuir recursos geotérmicos, a energia geotérmica encontrada no país é utilizada predominantemente para fins turísticos e de recreação (banhos termais, etc). Os principais locais com esse tipo de atividade são Caldas Novas (GO), Piratuba (SC), entre outros (VICHI; MANSOR, 2009). Outros locais que realizam o aproveitamento da energia geotérmica incluem Cornélio Procópio (PR), em que uma indústria utiliza (desde 1980) água geotérmica (50°C) bombeada de dois poços na produção de café; e Taubaté (SP), onde foi utilizada água geotérmica (48°C) no processamento industrial de madeira (entre 1970 e 1980).

Por fim, em Minas Gerais, pesquisadores avaliaram o potencial geotérmico do Estado. Os resultados indicam que as regiões de maior excesso de temperatura são a Bacia do São Francisco, o Triângulo Mineiro, e pequenos trechos na região sul e sudeste do Estado que apontam temperaturas entre 150°C e 180°C, classificados como recursos térmicos de alta entalpia.

Todavia, apesar de possuir dado potencial para utilização do calor da energia geotérmica, não há indicação de geração de energia elétrica. O país também não possui atividades tectono-magmáticas, que caracterizam as regiões com aptidão para utilização da energia geotérmica. Além disso, o Plano Nacional de Energia (PNE-2013) e o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE-2023) não contemplam ações que incentivem o aproveitamento do recurso geotermal.

2.1.1 Vantagens e Desvantagens da Energia Geotérmica

A energia geotérmica, ainda incipiente no Brasil, é considerada uma energia limpa por ser uma fonte sem emissão de poluentes nocivos, além de apresentar capacidade de operar continuamente, sem estar sujeita às condições meteorológicas, ao contrário da energia solar e eólica, por exemplo, que demandam condições climáticas favoráveis para a geração de energia. Além desses benefícios, cabe destacar a vantagem de reutilizar o fluido extraído, reinjetando-o na crosta terrestre, o que torna o recurso geotermal uma fonte renovável de energia. Além disso, a inserção da energia geotérmica na matriz energética reduz custos com a exploração e utilização de outras fontes, como o carvão mineral e o petróleo, por exemplo, e contribui para a sustentabilidade.

Em se tratando dos aspectos econômicos, o preço atual da energia vendida pelas usinas de energia geotérmica, varia entre USD 0,03 a USD 0,05 por kWh gerado, enquanto a o preço ofertado pelas usinas hidrelétricas gira em torno de USD 0,12 (PESQUISA UNIFICADA, 2015). Estima-se, por outro lado, que o custo inicial para instalação de uma usina seja entre USD 3000 a USD 5000 por kW instalado (para uma usina pequena <1MW). No entanto, o alto custo aplicado para a instalação da usina geotérmica é compensado pelos baixos custos de produção e pelo lucro obtido na concessão de energia elétrica (PESQUISA UNIFICADA, 2015). Outro fator importante refere-se ao aproveitamento da capacidade da usina geotérmica, capaz de produzir em até 98% de sua capacidade instalada.

Ademais, o recurso geotermal também apresenta algumas desvantagens, entre elas destacam-se as condições de operações (as usinas só podem ser construídas em zonas geológicas propícias, presentes em menos de 10% do planeta), o custo inicial elevado para perfuração do poço, estudo e implantação da usina, a poluição sonora (na fase de implantação da usina), dentre outros.

Os principais impactos ambientais resultantes do trabalho com a energia geotérmica são a liberação de gases dissolvidos na atmosfera, como o H₂S (sulfeto de hidrogênio), por exemplo, o aluimento da terra, o ruído (poluição sonora), além do aumento da temperatura no entorno onde está instalada a usina, ocasionada pela liberação de vapores na atmosfera. Apesar da liberação de gases dissolvidos na atmosfera ser insignificante – os gases são liberados na fase de perfuração do poço, durante um tempo entre 20 e 30 minutos, quando a perfuratriz atinge a profundidade adequada para extração do fluido e vapor –, GD Construções (2015) ressalta que morrem aproximadamente oito trabalhadores por ano nas usinas geotérmicas, pela inalação desses gases. Em relação ao aluimento da terra, a reinjeção do fluido na crosta é a principal forma de prevenção desse fenômeno, que pode ocasionar um afundamento da terra, onde o fluido é extraído, entre 30 e 40cm por ano. Apesar dos impactos ambientais negativos, é importante destacar que para a implementação de uma usina não é necessário desmatamento e desvio do curso de rios. Além disso, não há riscos associados a contaminação por vazamento de qualquer tipo de compostos (a usina opera basicamente com o aproveitamento dos recursos geotermiais), assim como não há poluição atmosférica, uma vez que o valor liberado para a atmosfera é composto de água.

2.1.2 Barreiras e Incentivos para a Utilização da Energia Geotérmica no Brasil

Entre as principais barreiras ao uso da energia geotérmica estão as de cunho financeiro/econômico, legal e regulatória, institucional e as que dizem respeito à educação. No Quadro 1, apresentam-se as principais barreiras e incentivos para desenvolvimento da energia geotérmica no Brasil.

Quadro 1 – Principais barreiras e incentivos para desenvolvimento da energia geotérmica no Brasil.

Tipo	Barreira	Proposta
Financeira e Econômica	As áreas potenciais para geotermia se localizam em lugares de difícil acesso, com condições climáticas extremas, onde as máquinas e equipamentos requerem adequação especial por perdas de potência. Não há garantia de recurso viável para a exploração.	Subsídios parciais por parte de órgãos públicos na fase de estudos para exploração e perfuração dos poços geotérmicos. Benefícios fiscais, maiores ofertas/ incentivos para as empresas e centros de pesquisas em estudos geotérmicos. Fornecer incentivos financeiros para atrair mais fornecedores de serviços para este mercado, apoiando também, as necessidades logísticas e técnicas.
Legal e Regulatória	Falta de enquadramento jurídico claro e abrangente para regular os litígios entre o explorador do poço e a União. Estudos de Impacto Ambiental não uniformes, e a criação de atrasos nas respostas de possíveis projetos. Quem realiza e avalia os estudos muitas vezes não são especialistas geotérmicos.	Considerar critérios técnicos, financeiros e históricos do projeto de uma empresa em processo de concessão geotérmica. Governo atuar como um mediador, ou criar um novo quadro regulamentar específico aos aspectos de origem geotérmica. Exigir estudos de impacto mais definidos antes da exploração por 'base' do ambiente (localidade). Avaliadores especializados para avaliar a natureza única de projetos geotérmicos.
Institucional	Falta de um plano nacional formal de desenvolvimento geotérmico. Falta de recursos humanos suficientes e dedicados à pesquisa em geotermia.	Como políticas públicas oferecidas pelo governo: redução de impostos sobre as compras de energia limpa; créditos fiscais ao investimento ou produção e de licitação pública; e as taxas para a alimentação da rede. Consolidar a gestão e regulamentação geotérmica à um órgão específico, garantindo que as agências governamentais relevantes estão sendo suficientemente equipadas com pessoal qualificado. Fornecer uma visão clara do papel que a energia geotérmica irá desempenhar no futuro energético do país.
Educacional, Informacional e Social	O país não conta com nenhum centro aprimorado de pesquisa que possa apoiar a indústria. Comunidades podem entender a exploração geotérmica como uma ameaça às condições econômicas, ambientais e sociais existentes.	Promover fortemente o apoio aos centros de pesquisa, universidades e criação de parcerias com os demais países exploratórios desta fonte. Envolver-se em um estudo nacional de recursos geotérmicos com fundos suficientes e de longo prazo. Criar campanhas de conscientização pública para demonstrar efetivamente os potenciais benefícios ambientais, econômicos e sociais da geração de energia a partir de fontes geotérmicas.

Fonte: Adaptado de SANCHEZ-ALFARO et al., 2015, p. 1397.

Com relação às barreiras financeiro-econômicas, destacam-se os altos custos para operação do sistema e uso da energia. A solução encontrada seriam os subsídios parciais às iniciativas de uso. Do lado das questões legais e regulatórias que envolvem a utilização estão barreiras como a falta de enquadramento jurídico e que poderiam ser solucionadas como atuação do Estado como mediador. No âmbito

institucional, falta um plano nacional formal de desenvolvimento geotérmico. As barreiras educacionais, informacionais e sociais poderiam ser minimizadas com o apoio aos centros de pesquisa, universidades e criação de parcerias com os demais países exploratórios desta fonte.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Este estudo sobre a energia geotérmica, especialmente sua situação no Brasil, permitiu elencar algumas considerações, quais sejam: (1) o calor proveniente do interior da terra é uma fonte de energia limpa e renovável e as tecnologias existentes, são sólidas e viáveis para a exploração do potencial geotérmico; (2) a energia geotérmica no Brasil é usada unicamente para fins de uso direto, como recreação, em parques de fontes termais, como Caldas Novas (GO), Piratuba (SC), Araxá (MG), Olímpia, Águas de Lindóia e Águas de São Pedro (SP). Além disso, apenas algumas regiões no estado de Minas Gerais e as ilhas de Fernando de Noronha e Trindade parecem ter temperaturas subsuperficiais caracterizadas como de alta temperatura; (3) atualmente estão em pauta investimentos quanto à exploração do potencial geotérmico do Aquífero Guarani, cuja temperatura da água, inclusive pode ser capaz de aquecer a água de edifícios ou casas e sistemas de calefação e lareiras; e (4) há expectativas para os próximos anos de utilização de bombas de calor se tornarem comuns em condomínios brasileiros.

Diante do exposto, observa-se a necessidade de se considerar o recurso geotermal no Brasil como possível fonte geradora de energia no futuro. Para tanto, recomenda-se o desenvolvimento de estudos sobre esta temática, em associação com universidades nacionais e internacionais, para a análise de viabilidade e do potencial brasileiro para esta exploração. Sabe-se que tecnologias vem sendo desenvolvidas para o aproveitamento de regiões de média e baixa entalpia, o que pode representar um avanço e uma oportunidade para o país.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBOIT, N. K. S et al. Potencialidades da utilização da energia geotérmica no Brasil – Uma revisão de literatura. *Revista do Departamento de Geografia – USP, Vol. 26*, 2013, p. 155-168.

BARBIER E. Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 6, p. 3–65, 2002.

BRANCO, P. M. *Estrutura Interna da Terra*. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=1266&sid=129>> . Acesso em: 23 mai. 2016

CARDOSO, R. R.; HAMZA, V. M.; ALFARO, C. Geothermal Resource Base for South America: A Continental Perspective. In: *Proceedings World Geothermal Congress*, 2010. Bali, Indonesia, 2010. Disponível em: <<http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/1618.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

CLAUSER, C. Geothermal Energy. In: K. Heinloth (ed), Landolt-Börnstein, Group VIII: Advanced Materials and Technologies, Vol. 3: *Energy Technologies*, Subvol. C: Renewable Energies, Springer Verlag, Heidelberg-Berlin, 2006, p. 493-604.

GD CONSTRUÇÕES. *O poder da Energia Geotérmica – Obras Incríveis*. Documentário. 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-OM2J_T4sjU&spfreload=10>. Acesso em: 26 mai. 2016.

HURTERA, S.; SCHELLSCHMIDT, R. Atlas of Geothermal Resources in Europe. *Geothermics Pergamon*, n. 32, 2003, p. 779–787.

IBGE [INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA]. *Atlas Geográfico Escolar*. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006, p. 12.

IEA [INTERNATIONAL ENERGY AGENCY]. *Key World Energy Statistics*. 2014. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key-world-energy-statistics-2014.html>>. Acesso em: 25 mai. 2016.

INSTITUTO CIÊNCIA HOJE. *Energia geotérmica no mundo*. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2010/11/imagens/energiageotermica.jpg/view>> . Acesso em: 20 nov. 2015.

LINDAL B. Industrial and other applications of Geothermal Energy. In: ARMSTEAD H. C. H., eds., *Geothermal Energy*. UNESCO, Paris, 1973.

LUND J. W.; BOYD T. L. Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review. *Geothermics*, vol. 60, p. 66–93, 2016.

MORAES, N. P.; COELHO, P. E. Geração de energia geotermoelétrica a partir de plantas do tipo Kalina. *Brasil Engenharia*, n. 597, 2010, p. 90-95.

MOCK, J.; TESTER, J. W.; WRIGHT, P. M. Geothermal Energy from the Earth: Its Potential Impact as an Environmentally Sustainable Resource. *Annual Review of Energy and the Environment*, v. 22, 1997, p. 305-356.

OLASOLO, P.; JUÁREZ, M. C.; MORALES, M. P.; DAMICO, S.; LIARTE, I. A. Enhanced Geothermal Systems (EGS): A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, p.133-144, 2016.

PÁLSSON, P. G.; NGUYEN, M. N.; ARASON, S.; GISSURARSON, M. *Uses of geothermal energy in food and agriculture - Opportunities for developing countries*. Rome: FAO, 2013.

PESQUISA UNIFICADA. *Perguntas Mais Frequentes Sobre Energia Geotérmica*. 2015. Disponível em: <<http://www.pesquisa-unificada.com/pesquisas/energia-geotermica/perguntas-sobre-a-energia-geotermica/>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

RABELO J. L.; OLIVEIRA J. N.; REZENDE R. J.; WENDLAND, E. Aproveitamento da Energia Geotérmica do Sistema Aquífero Guarani - Estudo de caso. In: *XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, n.12, p. 1-13, 2001.

REN21. *Renewables Global Status Report - Key Findings 2015*. Disponível em: <http://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2015/07/GSR2015_KeyFindings_lowres.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2016.

SANCHES-ALFARO, P.; SIELFELD, G.; CAMPEN, B. V.; DOBSON, P.; FUENTES, V.; REED, A.; PALMA-BEHNKE, R.; MORATA, D. Geothermal barriers, policies and economics in Chile – Lessons for the Andes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol .51, p. 1390–1401, 2015.

SOUZA FILHO, M. N. *Avaliação do potencial geotérmico da Bacia Sedimentar de Taubaté*. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568 p.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. *Química Nova*. v. 32, n.3, p.757-767, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a19v32n3.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.