

USO DA ENERGIA GEOTÉRMICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM PANORAMA DA SUA APLICAÇÃO EM EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS

Agleison Ramos Omido (agleisonomido@ufgd.edu.br); Christian Souza Barboza (christianbarboza@ufgd.edu.br); Édipo Sabião Sanches (ediposabiao@hotmail.com); Ítalo Sabião Sanches (italosabiao@hotmail.com)

Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia (UFGD-FAEN) - Brazil

Palavras chave: Energia Geotérmica, Fontes renováveis de energia, Sustentabilidade

Neste trabalho abordamos a utilização de uma fonte limpa e renovável de energia que se encontra armazenada abaixo da superfície da terra na forma de calor: a Energia Geotérmica superficial. Também, os resultados iniciais de pesquisas realizadas na cidade de Dourados, MS no sentido de difundir a aplicação dessa energia na climatização de edificações são exibidos.

A Energia Geotérmica superficial fundamenta-se no princípio de que a crosta terrestre apresenta, a poucos metros de profundidade, um regime térmico estacionário e próximo da temperatura média anual da região onde se encontra, o que transforma o subsolo em uma importante fonte de troca de calor.

No Brasil, o aproveitamento dessa energia ocorre principalmente em atividades recreativas e de lazer como nos estados de Goiás, Santa Catarina, Minas Gerais e São Paulo. Existem algumas utilizações em indústrias (Paraná e São Paulo), e ainda o emprego na climatização de edifícios, como no Centro de Cultura Max Feffer, e no Hospital Escola Municipal de São Carlos, no interior de São Paulo, entre outras.

Em nosso estudo, um sistema de detecção e armazenagem de temperaturas foi desenvolvido utilizando a plataforma Arduino e sua implantação possibilita a aquisição de temperaturas do subsolo a profundidades de 1,50, 3,00, 4,50 e 6,00 metros de profundidade, além da temperatura ambiente. O sistema foi implantado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e permanecerá sendo supervisionado ao longo das estações do ano.

Pelas análises das temperaturas obtidas, nota-se que em níveis mais profundos o solo apresenta maior estabilidade e conseqüentemente menores amplitudes térmicas, confirmando o encontrado na literatura. Enquanto o sensor referente à temperatura ambiente oscilou 20,13 °C no intervalo de tempo analisado, o sensor a 6 metros de profundidade registrou uma amplitude de 0,38 °C. Os dados evidenciam a importância da divulgação e do aproveitamento da geotermia na climatização do ambiente construído.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de combustíveis fósseis tem aumentado assustadoramente no decorrer dos últimos anos de forma a atender a demanda cada dia maior de energia elétrica. Porém, esse consumo desenfreado e insustentável desencadeou uma séria preocupação na humanidade, no que se refere ao atual panorama energético mundial. Em decorrência disso, alternativas sustentáveis para aumentar a produção e reduzir o consumo de energia elétrica têm sido conduzidas, ou seja, novas fontes renováveis começam a despontar. Nesse sentido, a utilização de fontes limpas na climatização dos edifícios deve ser considerada, justamente por corresponder ao item de maior índice de consumo de energia em uma edificação (Cruz, 2013).

A produção de energia resulta principalmente da queima do carvão, gás natural e petróleo, um mecanismo que além de poluir o meio ambiente devido à emissão de dióxido de carbono (CO₂), tem prazo determinado para se esgotar. Fontes renováveis alternativas como a energia solar fotovoltaica, a energia eólica, a biomassa, entre outras, revelam indícios de que o fornecimento de energia elétrica não será interrompido, e ainda contribuirão para redução da agressão ao meio ambiente (Omido et al., 2017).

Sabe-se que a energia é extremamente importante para o desenvolvimento socioeconômico, porém, em contrapartida, ela acaba trazendo sérios problemas ao meio ambiente devido à maneira como ainda é produzida. Esse cenário reflete a importância cada vez maior em aliar a questão energética no planejamento de países desenvolvidos e em desenvolvimento. Tal situação leva ao surgimento de novas fontes de energia visando superar a futura escassez das fontes de energia não renováveis, assim como a poluição causada pelas mesmas (Campos et al., 2017).

Segundo Omido et al. (2017) a busca por uma solução à circunstância atual que o país enfrenta não pode se resumir apenas ao processo de produção de energia. Deve-se, também, prever soluções pensando na redução do consumo dessa energia, para assim obter um sistema equilibrado.

Apesar de ainda pouco explorada, a Energia Geotérmica Superficial ganha espaço, uma vez que apresenta alta capacidade de renovação. O fato de a temperatura do subsolo apresentar valores bastante estáveis a pequenas profundidades o credencia a auxiliar diretamente na climatização do ambiente construído (Cruz, 2013).

Quando nos referimos à Energia Geotérmica podemos mencionar dois perfis, o uso direto e o uso indireto. O primeiro abrange o aquecimento de ambientes, usos industriais, bombas de calor geotérmicas, recreação, lazer, refrigeração, aquecimento de lagoas de aquicultura e de estufas; o segundo abarca a produção de energia elétrica, produzida pela energia térmica armazenada a grandes profundidades (Cruz, 2013). No presente trabalho a análise é voltada para a climatização do ambiente construído, uma utilização direta da energia térmica armazenada no solo.

É importante destacar que o uso da Energia Geotérmica é muito expressivo nos países da Europa, a saber: Alemanha, Áustria, Suíça e mais recentemente, a Espanha. No Brasil, apesar dessa incidência ser muito menor, existem aplicações que abrangem algumas áreas do País, além do interesse de algumas universidades e das entidades públicas em promover sua divulgação e, conseqüentemente, sua maior utilização (Cruz, 2013).

Aqui no Brasil ainda existem poucos estudos relacionados à utilização do recurso geotérmico, e sua aplicação é mais voltada para fins recreativos e lazer, principalmente nos estados de Goiás, Santa Catarina, Minas Gerais e São Paulo (Vichi & Mansor, 2009).

O cenário apresentado fortalece o pensamento de que é necessária a redução do consumo de fontes não renováveis que, além da esperada escassez, geram produtos poluentes durante sua utilização, e de que a solução desse imbróglio é a exploração de fontes de energia renováveis, essenciais para a sustentabilidade e a eficiência energética.

1.1. Energia Geotérmica

Diante da preocupação mundial em propor mecanismos sustentáveis para o desenvolvimento da sociedade, estudos e projetos começam a despertar com maior frequência. Nesse sentido, ao se tratar de fontes de energia limpa e renovável, é de suma importância o destaque para a energia armazenada sob forma de calor abaixo da superfície terrestre: A Energia Geotérmica.

Essa capacidade de armazenamento é oriunda da absorção da radiação solar pelo solo, dos fluxos das águas subterrâneas e da energia térmica concentrada no terreno (Guia Prático Eficiência Energética, 2014). O caráter inesgotável conferido à Energia Geotérmica advém da sua renovação constante proporcionada pelos efeitos do sol, da chuva e do próprio calor interno da crosta terrestre (Rio, 2010/2011).

A Energia Geotérmica superficial fundamenta-se no princípio de que a crosta terrestre apresenta, a poucos metros de profundidade, um regime térmico estacionário, o que transforma o subsolo em uma importante fonte de troca de calor. A temperatura no interior do solo à uma profundidade de aproximadamente 6 metros apresenta-se constante e próxima da média anual característica da região que se encontra, possuindo pequenas variações durante todo o ano, independente das estações. A partir dos 6 metros, a temperatura sofre acréscimo de 2° a 3° Celsius a cada 100 metros (Rio, 2010/2011).

As grandes variações da temperatura ambiente provocam alterações significativas nas camadas de solo próximas à superfície, enquanto que as camadas mais profundas sofrem apenas pequenas oscilações, ou seja, as variações térmicas revelam amplitudes que diminuem com a profundidade (Da Silva & Neto, 2010). Nota-se, assim, a estabilidade térmica presente no interior do solo, evidenciando sua capacidade de armazenar energia e sua aplicabilidade no arrefecimento e aquecimento dos edifícios.

Segundo Neto & Voltani citado por Fonseca et al. (2015), o arrefecimento e aquecimento dos edifícios se fundamenta no princípio de que a temperatura do subsolo a poucos metros de profundidade tende a ser mais amena e mais estável que a temperatura do ambiente externo, possuindo amplitudes que giram em torno de 1°C a 2°C no decorrer das estações do ano. Com isso, nas épocas de intenso calor, a temperatura do subsolo a pequenas profundidades tende a ser mais baixa que a ambiente, enquanto que nas épocas de intenso frio, essa temperatura tende a ser mais alta.

Tais ocorrências explicitam a viabilidade de investimento na Energia Geotérmica para proporcionar um maior conforto térmico ao ambiente construído, seja no verão ou inverno. Essa energia encontra-se perfeitamente disponível e precisa ser aplicada visando a eficiência energética do ambiente construído. Aderindo à definição de Eficiência Energética na arquitetura: “um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia” (Lamberts et.al, 2004), constata-se a real necessidade de inserir nas edificações um mecanismo em que a Geotermia se faça presente, contribuindo tanto para o bem estar dos moradores quanto para a redução do consumo de energia elétrica.

Nesse contexto, a Energia Geotérmica Superficial se apresenta como uma importante fonte limpa e renovável de energia, mostrando ser viável e ambientalmente sustentável, fatores que possibilitam maior divulgação da mesma para que cada vez mais pesquisas avancem no tema e fortaleçam essa fonte renovável ainda pouco aplicada no Brasil (Omido et.al, 2018).

1.2. Um Panorama das Aplicações Brasileiras

No contexto mundial, o aproveitamento da energia geotérmica acontece principalmente em países desenvolvidos, uma vez que nestes a utilização exclusiva de fontes derivadas de combustível fóssil não é suficiente para garantir um desenvolvimento socioeconômico onde o meio ambiente seja preservado (De Castro et al., 2009).

O Brasil apresenta formações geológicas consideradas relativamente recentes que, aliadas à ausência de atividades tectono-magmáticas, confere um regime térmico estacionário à sua crosta terrestre. Essas condições são extremamente favoráveis para as ocorrências de

recursos geotermiais de baixa entalpia, o que confere ao Brasil um aproveitamento geotérmico voltado para fins de lazer e recreação (Gomes, 2009).

Segundo Vichi & Mansor (2009), no Brasil a energia geotérmica é quase que unicamente utilizada para fins recreativos, em parques de fontes termiais como Caldas Novas em Goiás, Piratuba em Santa Catarina, Araxá em Minas Gerais, Olímpia, Águas de Lindóia e Águas de São Pedro em São Paulo. No entanto, o uso da geotermia ainda é pouco explorado em território brasileiro e necessita de maiores investigações que orientem não apenas no sentido das recreações e lazer, mas também na climatização do ambiente construído.

O uso da energia geotérmica no Brasil, principalmente voltado para climatização dos edifícios, ganha forças uma vez que há registros de identificação de recursos de baixa temperatura em quantidades significativas na crosta terrestre brasileira. A maior parte desse recurso se encontra localizado no centro-oeste do Brasil (nos estados de Goiás e Mato Grosso) e no sul (no estado de Santa Catarina). Além disso o país apresenta grande potencial para a exploração de água à baixa temperatura geotérmica, podendo ser aplicada nas indústrias e aquecimento de ambientes. Essa exploração apresenta caráter mais significativo na parte central da bacia do Paraná (nas regiões Sul e Sudeste do Brasil) (Hamza et.al, 2010).

Um destaque no Estado do Paraná faz referência ao aproveitamento da água geotérmica, por uma indústria, no preaquecimento das caldeiras utilizadas na produção de café em pó, no município de Cornélio Procópio. O sistema, construído em 1980, é constituído por dois poços, onde a água é bombeada com temperatura em torno dos 50°C. Semelhante ao sistema citado, na cidade de Taubaté, interior de São Paulo, houve a utilização da água geotermal, a uma temperatura de 48°C, envolvida no processamento industrial da madeira no período de 1970 à 1980 (Hamza et al., 2005).

Pardinho, uma cidade do interior de São Paulo, é privilegiada por possuir o primeiro centro cultural da América Latina a conquistar certificação de impacto ambiental LEED: O Centro de Cultura Max Feffer. Nele, o conforto térmico é proporcionado por meio da geotermia, dentre outras estratégias (Fonsecca et al., 2015).

Em São Carlos, cidade do Estado de São Paulo, o Projeto do Hospital Escola Municipal se fundamentou em estratégias passivas para se desfrutar do conforto térmico. Efetuou-se a passagem de ar externo por entre as galerias de ar subterrâneas. Inicialmente o ar externo é captado mecanicamente por meio de ventiladores, para na sequência ser direcionado ao interior dos ambientes através de dutos (Fonsecca et al., 2015).

Uma importante arquitetura brasileira que também faz o uso da energia geotérmica é a Arena Amazônia (parte de seu complexo esportivo), em Manaus, construída para receber a Copa do Mundo de 2014. Com o intuito de reduzir o consumo energético desta construção, a estratégia foi pré-resfriar o ar externo por meio de tubulações subterrâneas e assim garantir o conforto dos usuários (Fonsecca et al., 2015).

Além disso, muitos projetos e pesquisas estão sendo desenvolvidos em busca de divulgar ainda mais o potencial da geotermia no ambiente construído, como é o caso do Projeto do Edifício CECAS (Centro de Estudo de Clima e Ambientes Sustentáveis), desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP - São Paulo) e instalado na própria Cidade Universitária. Tal projeto combina o resfriamento geotérmico das salas de aula e outras dependências da Cidade Universitária. O sistema funciona por meio de um ventilador que capta o ar externo, transporta em túneis enterrados a 3 metros de profundidade, com um comprimento total de 90 metros. Todo o funcionamento é possível graças a temperatura estável do solo da Cidade Universitária (Jornal Vitruvius, 2013).

Pesquisadores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, implantaram um sistema alternativo de resfriamento do ar interno em uma escola nas proximidades do Aeroporto de Viracopos em Campinas. O projeto utilizou-se da energia geotérmica, operando a 5 metros de profundidade, para resfriar os ambientes das salas de aulas e outras dependências da escola. O professor Alberto Hernandez Neto, responsável pela pesquisa, afirma que o solo a uma profundidade de 3 à 5 metros apresenta uma temperatura oscilando de 18 à 21°C durante todo o ano, o que viabiliza a utilização da geotermia na climatização de ambientes construídos (Poli/USP, 2014).

2. OBJETIVOS

O atual trabalho traz algumas aplicações, no Brasil, de uma fonte limpa e renovável de energia que encontra-se armazenada abaixo da superfície da terra na forma de calor: a Energia Geotérmica superficial. Mostra ainda os resultados iniciais de pesquisas realizadas na cidade de Dourados, MS no sentido de difundir a aplicação dessa energia na climatização de edificações.

3. METODOLOGIA

Inicialmente foi desenvolvido um sistema de detecção e armazenagem de temperatura robusto e de baixo custo para ser utilizado em nossas pesquisas.

Esse sistema é constituído por uma placa de Arduino Mega 2560 R3, a qual possui uma memória interna responsável por armazenar todas as instruções referentes a captura e armazenamento de temperaturas programadas em uma linguagem específica da própria placa, linguagem essa que permite organizar as informações de maneira lógica e prática. É importante realçar que, dentre muitas placas existentes, a placa de Arduino Mega 2560 R3 foi a escolhida, pelo fato de a mesma conter 54 entradas/saídas digitais somados a 16 analógicas decorrente da presença de seu micro controlador Atmega 2560 16-AU, sendo essencial para efetivação do projeto.

A implementação das instruções necessárias para o funcionamento do Arduino de acordo com o almejado, ocorreram por meio do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), um Software Arduino. A transferência dessas instruções à placa de Arduino foi estabelecida pela conexão USB.

Utilizou-se também um sensor DHT22, conectado diretamente ao protótipo, responsável por coletar a temperatura e umidade do ambiente onde todo sistema de armazenamento foi instalado, a fim de realizar um comparativo com as temperaturas do solo obtidas. O sensor possui uma precisão de $\pm 0,5$ °C quando operado em temperaturas entre -40°C e +80°C. Além disso, foi utilizado o módulo de relógio digital RTC DS1307 responsável por fornecer a data e hora real da leitura das temperaturas, que ocorrem em um intervalo de cinco minutos. As leituras de todos os sensores foram armazenadas em um cartão micro SD através de um módulo específico do Arduino. Todas as conexões realizadas entre o Arduino e a placa protoboard de 830 furos foram feitas por meio de jumpers, sendo necessário um resistor de 4,7k Ω para garantir a estabilidade do sistema e a confiabilidade das leituras. A Figura 1 exhibe os elementos utilizados no sistema de detecção.

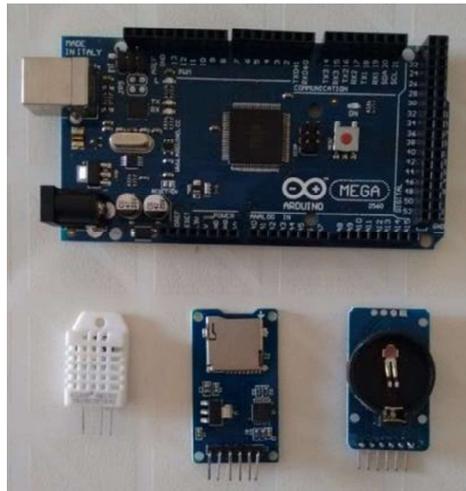


Figura 1. Arduino Mega 2560 R3; módulos DHT22; Micro SD Card e RTC DS1307, respectivamente.

Para verificação da temperatura no solo foram utilizados sensores do modelo DS18B20 (Figura 2) que registram a temperatura com uma precisão de $\pm 0,5$ °C quando operados em temperaturas entre -127°C e $+85^{\circ}\text{C}$. Sua escolha se deu pelo motivo de ele poder operar em solos saturados ou submersos, apresentando maior confiabilidade nas leituras quando comparado com outros modelos. O sensor possui um comprimento de aproximadamente 1 metro, apresentando em uma das extremidades uma ponteira metálica responsável pela aferição da temperatura do solo, e, na outra, três fios de cobre que são conectados ao Arduino. Esses três fios são responsáveis pela transmissão de dados e pela alimentação elétrica. Cada sensor possui um número de série, ou seja, uma identificação própria que permite o reconhecimento através de instruções programáveis, o que é fundamental para a realização das leituras em profundidades diferentes.



Figura 2. Sensor DS18B20.

O layout da Figura 3 foi montado para verificação da estabilidade do sistema de detecção e armazenamento, sendo o desempenho dos sensores e do sistema em geral considerado satisfatório, uma vez que as temperaturas foram registradas de acordo com o limite de variação aceitável, não apresentando perda de dados durante o armazenamento. Assim, deu-se início aos trabalhos de instalação do sistema no solo de Dourados-MS.



Figura 03. Layout de testes do sistema de detecção.

Para facilitar a operação de instalação e proteger os sensores foram construídas ponteiras com caps, luvas e tubos de PVC de 3/4" com aproximadamente 20 centímetros de comprimento, e a conexão dos sensores ao sistema de detecção foi realizada com cabo de rede Cat6 (Figura 4). Finalmente, foi executado o complemento dos tubos de PVC de acordo com a profundidade requerida pelo projeto (1,5m; 3,0m; 4,5m e 6,0m).



Figura 4. Preparação das ponteiras dos sensores.

Uma cavidade de 15 centímetros de profundidade e 40 centímetros de diâmetro foi aberta para alocar os sensores a um nível abaixo da superfície (Figura 5). Com o auxílio de trado manual foi possível realizar as 4 perfurações de 3/4" no solo da cavidade aberta, com as profundidades definidas para o estudo, implantando, assim, os sensores no solo.



Figura 5. Sistema implantado no solo de Dourados - MS.

Na interior do laboratório foi instalado o sistema responsável pela coleta e armazenamento das temperaturas do solo (Figura 6).



Figura 6. Sistema de coleta de dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de temperatura obtidos até o momento, tanto para o ambiente quanto para as profundidades requeridas na pesquisa foram trabalhados no Software OriginPro 8, programa que permite plotar e realizar tratamento estatístico dos dados coletados.

Os dados mostraram a tendência da estabilidade das temperaturas no subsolo a baixas profundidades, mostrando ser o subsolo grande fonte de armazenamento de energia. A Figura 7 mostra as variações de temperaturas nos respectivos sensores, assim como no ambiente externo.

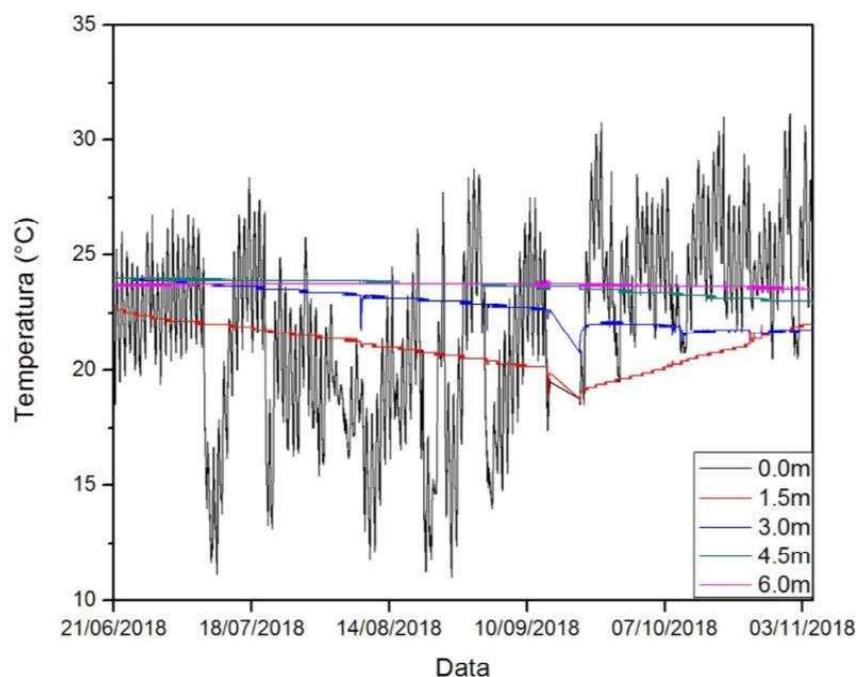


Figura 7. Representação gráfica das temperaturas coletadas.

Na análise do gráfico, podemos notar uma grande variação de temperatura ambiente, enquanto que nos sensores enterrados a variação foi muito menor. Além disso, pode-se perceber que com o aumento da profundidade do solo ocorre uma redução na amplitude térmica, mostrando novamente a tendência que o solo tem de possuir temperaturas estáveis com o aumento da sua profundidade. Tais dados podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas Máximas e Mínimas detectadas pelos Sensores.

		Temperatura (°C)			
		Máxima	Mínima	Amplitude Térmica	Média
Temperatura Ambiente	Sensor 0.0m	31,13	11,00	20,13	22,38
Temperatura no Solo	Sensor 1.5m	22,63	18,63	4,00	21,00
	Sensor 3.0m	24,00	20,75	3,25	23,00
	Sensor 4.5m	24,00	22,88	1,12	23,75
	Sensor 6.0m	23,88	23,50	0,38	23,75

Com a tabela acima, pode-se notar que alterações na temperatura ambiente promovem variações mais significativas na temperatura das camadas mais próximas da superfície, sendo perceptível quando verificamos a maior amplitude na profundidade de 1,5 metro.

As grandes variações na temperatura ambiente verificadas entre Junho e Novembro não promoveram alterações significativas nas temperaturas das camadas mais profundas do solo, comprovando, assim, que as variações térmicas existente no subsolo apresentam menores amplitudes com o avanço da profundidade.

De acordo com a literatura, a temperatura média anual de uma determinada região é equivalente à temperatura existente no subsolo a aproximadamente 6,0 metros de profundidade. Os dados analisados a essa profundidade comprovaram a proximidade com a temperatura média anual da região de Dourados, que é de 22,9°C, sendo o valor verificado na pesquisa à 6,0 metros uma média de 23,75°C, ratificando assim o encontrado na literatura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados iniciais do sistema instalado no solo de Dourados, apontam a tendência de estabilidade da temperatura a baixa profundidade, confirmando o encontrado na literatura, que aponta o subsolo como grande fonte de energia para ser utilizada na climatização de edifícios. Dessa forma, a energia geotérmica superficial se apresenta como uma alternativa promissora, atendendo aos requisitos de energia limpa e renovável.

No Brasil, o aproveitamento da Energia Geotérmica para aquecimento e arrefecimento do ambiente construído está em fase embrionária, se comparado a países como Alemanha, Áustria, Suíça, Canadá, Portugal e outros que já usufruem dessa fonte de energia limpa e renovável há muitos anos. O emprego dessa nova fonte contribui para o conforto térmico do ambiente construído, reduz o consumo de energia elétrica, e, como consequência, a emissão dos gases poluentes na atmosfera.

Atualmente, o maior empecilho para a utilização de sistemas capazes de climatizar o ambiente é o alto custo inicial de implantação. Porém, a escassez das fontes não renováveis é certa para um futuro próximo, e, assim, a demanda por fontes alternativas para o desenvolvimento socioeconômico será cada vez maior. A geotermia estando disponível o ano inteiro para o uso direto ganhará destaque, e conseqüentemente, com o número crescente de sistemas que façam o uso da energia geotérmica para climatizar sua edificação, o custo de implantação reduzirá.

A falta de informação da população e os baixos índices de pesquisas no assunto também são fatores que relegam a geotermia a segundo plano no Brasil. Por isso, a divulgação dessa fonte limpa e renovável de energia é fundamental para estimular novos estudos e pesquisas no ramo. O aumento do interesse de pesquisadores pelo tema e a inserção de uma nova mentalidade à população, mostrando os benefícios gerados ao meio ambiente, serão o caminho para a crescente demanda da Energia Geotérmica na climatização do ambiente construído.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campos, A. F.; Scarpatti C. B. L.; Dos Santos L. T.; Pagel U. R.; De Souza, V. H. A. (2017). *Um panorama sobre a energia geotérmica no Brasil e no mundo: Aspectos ambientais e econômicos*. Vol. 38 (Nº01). Pág. 8. Disponível em <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n01/a17v38n01p08.pdf>>
- De Castro, N. J.; Martini, S.; Brandão, R.; Dantas, G. A.; Timponi, R. R. (2009). *A importância das fontes alternativas e renováveis na evolução da matriz energética brasileira*. In: V Seminário de geração e desenvolvimento sustentável. Anais (on-line). Disponível em <[http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/GESEL_-_Estudo_Mapfre__260809\[1\].pdf](http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/GESEL_-_Estudo_Mapfre__260809[1].pdf)>
- Cruz, R. J. L. V. (2013). *Utilização da energia térmica do solo para climatização de edifícios*. 2013. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Aveiro. Aveiro, Portugal.
- Da Silva, D. R. B.; Neto, A. I. (2010). *Dimensionamento de sistema geotérmico para climatização de residências em Curitiba*. In: XIII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído - ENTAC, Canela, RS, Anais (on-line). Disponível em <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/417.pdf>>

- Fonseca, I.; Tucci, F.; Battisti, A. (2015). *Potenciais para uso da geotermia na arquitetura brasileira*. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC, Campinas, SP. Anais (on-line). Disponível em <<http://www.infohab.org.br/encac/files/2015/topico4artigo57.pdf>>
- Gomes, A. J. L. (2009). *Avaliação de recursos geotermiais da Bacia do Paraná*. Tese Doutorado (Doutorado em Geofísica). Ministério da Ciência e Tecnologia Observatório Nacional - MCT. Rio de Janeiro.
- *Guia Prático Eficiência Energética (2014)*. Reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem: Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura. 1ed. Brasília.
- Hamza, V. M.; Cardoso, R. R.; Gomes, A. J. L.; Alexandrino, C.H. (2010). *Brazil: country update*. In: *Proceedings of the world geothermal congresso*. Bali, Indonésia. Disponível em <<https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGStandard/WGC/2010/0147.pdf>>
- Hamza, V.M.; Gomes, A.J. L.; Ferreira, L.E.T. (2005). *Status Report on Geothermal Energy Developments in Brazil*. In: *Proceedings world geothermal congresso*. Antalya, Turkey. Disponível em <<https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGStandard/WGC/2005/0149.pdf>>
- *Jornal Vitruvius (2013)*. *Está prevista a construção de três novos prédios na USP em São Paulo*. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/jornal/news/read/1698>>
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, Fernando O. R. (2004). *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW editores. v. 1. Capítulo 1, p. 5. 2ed. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20-%20Efici%C3%AAncia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>>
- Omido, A. R.; Barboza, C. S.; Sanches, É. S.; Sanches, Í. S. (2018). *Estudos Iniciais Para Utilização da Energia Geotérmica na Climatização de Edifícios*. In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – CONGEA. São José dos Campos, SP. Anais (on-line). Disponível em <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/X-007.pdf>>
- Omido, A. R.; Barboza, C. S.; Júnior, O. M. (2017). *Energia Geotérmica: Uma Aliada Na Busca Da Eficiência Energética*. In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – CONGEA. Campo Grande, MS. Anais (on-line). Disponível em <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/X-005.pdf>>
- Poli/USP (2013). *Pesquisa sistema alternativo de ar condicionado*. Disponível em <<http://www3.poli.usp.br/comunicacao/noticias/1350-poliusp-pesquisa-sistema-alternativo-de-ar-condicionado.html>>
- RIO, J. P. T. E. (2010/2011). *Geotermia e implicações nas tecnologias da construção: estudo de casos*. Dissertação de Mestrado - Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.
- Vichi, F. M.; Mansor, M. T. C. (2009). *Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial*. *Química Nova*. v. 32, n.3, p.762. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a19v32n3.pdf>>