

POTENCIAIS PARA O USO DA GEOTERMIA NA ARQUITETURA BRASILEIRA

Ingrid Fonseca (1); Fabrizio Tucci (2); Alessandra Battisti (3)

(1) Arquiteta, pós doutoranda na Università degli Studi 'La Sapienza' di Roma e pesquisadora AMBEE FAU UFRJ, ingrid.c.l.fonseca@gmail.com

(2) PhD, Professor Associado de Tecnologia dell'Architettura, fabrizio.tucci@uniroma1.it

(3) PhD, Professora Associada de Tecnologia dell'Architettura, alessandra.battisti@uniroma1.it
Università degli Studi 'La Sapeinza' di Roma, Dipartimento di Pianificazione Design Tecnologia
dell'Architettura, Via Flaminia n. 72, 00196 Roma, (+39) 06 49919082

RESUMO

O artigo apresenta resultados de uma investigação sobre as possibilidades de uso da geotermia em edificações brasileiras e põe em discussão o fato de a tecnologia ser pouco adotada no país, mesmo com diversos exemplos de aplicação no mundo. Tem como principal objetivo apresentar os requisitos necessários para a aplicação da tecnologia em contextos climáticos brasileiros, com avaliação das condições nacionais para seu uso e os impedimentos para tal. São apresentados: breve descrição do sistema com exemplos de uso na arquitetura, o estado da arte das pesquisas no Brasil e os poucos exemplos de aplicação no país. O artigo é parte integrante da pesquisa em andamento intitulada "Uso de fontes alternativas e renováveis de energia incorporadas à arquitetura" conduzida em parceria entre o Grupo de Estudos de Arquitetura, Conforto Ambiental e Eficiência Energética da FAU UFRJ e a Università degli Studi di Roma "La Sapienza" em sua linha de pesquisa "Efficientamento energetico e bioclimatico degli edifici".

Palavras-chave: conforto térmico, energia geotérmica.

ABSTRACT

The article presents results of an investigation into the possible use of geothermal energy in brazilian buildings and discusses the fact that the technology is not often adopted in the country, even with lots of application examples in the world. Its main objective is to present the requirements for the application of technology in brazilian climate contexts with assessment of national conditions for their use and the impediments to it. There are presented: a brief description of the system with examples of use in architecture, state of the art research in Brazil and the few application examples in the country. The article is part of ongoing research entitled "Usage of alternative and renewable energy sources in architecture" conducted in partnership between the Group of Studies in Architecture, Environmental Comfort and Energy Efficiency FAU UFRJ and the Università degli Studi di Roma "La Sapienza" in its line of research "Efficientamento energetico e bioclimatico degli edifici".

Keywords: thermal comfort, geothermal energy.

1. INTRODUÇÃO

Na constante busca pelo uso eficiente da energia e redução de emissões pelos edifícios, há um interesse crescente pela incorporação de energias alternativas e, sobretudo, renováveis em projetos arquitetônicos.

Dentro deste contexto, no Brasil, algumas linhas de pesquisa em arquitetura vêm se dedicando ao aproveitamento das energias eólica e solar, esta com fins térmicos e para geração de energia elétrica. Porém, pouco se tem explorado o potencial de uso da energia geotérmica, tecnologia bastante explorada nos países desenvolvidos, para garantir condições de conforto e eficiência.

A geotermia, aquela superficial e à baixa entalpia, que tira proveito das temperaturas mais amenas do subsolo próximo à superfície para pré aquecer ou pré resfriar ambientes, mostra-se como uma estratégia eficiente e que deve ser explorada em edificações que visem à redução da dependência de sistemas artificiais para a garantia de conforto aos usuários, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade do setor construtivo (FONSECA et al, 2014).

Este artigo é parte integrante da pesquisa em andamento intitulada “Uso de fontes alternativas e renováveis de energia incorporadas à arquitetura” conduzida em parceria entre o Grupo de Estudos de Arquitetura, Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Università degli Studi di Roma “La Sapienza” em sua linha de pesquisa “Efficientamento energetico e bioclimatico degli edifici”.

Ao longo do processo desta pesquisa tem-se deparado com um rico conhecimento produzido por áreas afins à arquitetura, como a engenharia mecânica, a geofísica, a geografia, dentre outras, gerando informações que devem ser incorporadas pela arquitetura. Só assim será possível a utilização da geotermia em projetos de edifícios.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar o potencial para utilização da geotermia no Brasil, colocar em discussão a sua não utilização e ressaltar a importância da integração entre as diversas áreas de especialização envolvidas para possibilitar seu uso.

3. MÉTODO

De modo a atingir os objetivos aqui propostos, este artigo apresenta: (i) uma breve descrição do funcionamento do sistema em edificações; (ii) breves exemplos de uso na arquitetura em diversos contextos climáticos; (iii) o estado da arte das pesquisas no Brasil, nas diferentes áreas de conhecimento e as poucas experiências de aplicação da tecnologia no país.

Por fim, são traçadas as considerações finais e avaliações sobre sua aplicabilidade no país.

4. BREVE DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA EM EDIFICAÇÕES

O princípio do uso da geotermia para o condicionamento passivo de edificações, os chamados sistemas de condutores subterrâneos ou tubos enterrados, se baseia no fato de que, segundo Neto & Voltani (2013), a temperatura do subsolo a poucos metros de profundidade tende a ser mais amena e, em determinadas profundidades, mais estável que a temperatura do ar exterior. Assim, em climas ou períodos quentes, a temperatura tende a ser mais fresca e, em climas ou períodos frios, tende a ser menos rigorosa.

Os sistemas podem ser abertos - aqueles que dependem da temperatura do ar externo - ou fechados - os auxiliados por bombas de calor para seu funcionamento, utilizando água ou solo como trocador de calor.

Os sistemas chamados Ground-Coupled Heat Pumps (GCHPs), de acordo com a nomenclatura adotada pela ASHRAE (2011), que diferentemente dos sistemas abertos, não dependem da temperatura do ar exterior, mas da temperatura do subsolo, mais constante, apresentam a vantagem de não estarem sujeitos à possível contaminação das águas e poderem ser instalados independentemente da proximidade delas, como seria o caso dos sistemas que possuem a água como trocadores de calor.

Mesmo que para o funcionamento das bombas seja utilizada energia elétrica, Neto & Voltani (2013) apontam para uma redução de cerca de 30% do consumo energético, se comparada aos sistemas artificiais tradicionais, apesar de Musskopf (2006) lembrar que tal dado deve ser avaliado caso a caso, de acordo com a relação entre a temperatura do subsolo e a de conforto, o que irá determinar a eficiência do sistema e a necessidade de complementação por equipamentos artificiais convencionais.

O dimensionamento das tubulações enterradas é feito de acordo com a demanda por aquecimento ou resfriamento e, em casos de não atendimento à demanda, pode ser utilizada em combinação com sistemas mecânicos ou artificiais, compondo os sistemas híbridos e, segundo o Professor José Martins de Carvalho do ISEP/IPP (2013), tais sistemas reduzem ainda a emissão de CO₂, quando comparados aos convencionais para

condicionamento de ar.

A área necessária para a instalação das tubulações deve ser disponibilizada no terreno, seja verticalmente (na direção da profundidade do subsolo), ou horizontalmente (pela extensão do subsolo), de acordo com a área disponível e o tipo de solo, conforme mostrado na Figura 1.

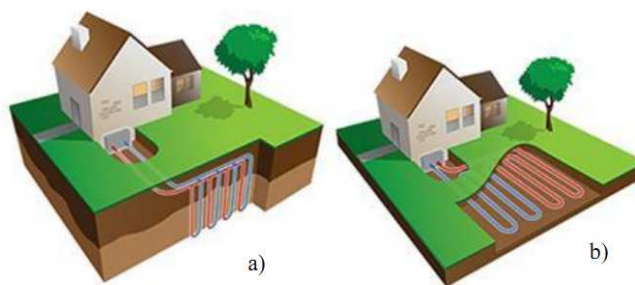


Figura 1 – Exemplos de instalações: vertical (a) e horizontalmente (b) dispostas no terreno (Fonte: Juvêncio 2011)

Ambos os sistemas possuem vantagens e desvantagens. No primeiro caso, a área de terreno necessária para a instalação é menor e o sistema se beneficiará da maior estabilidade de temperatura dada à maior profundidade da instalação. Porém, o mesmo torna-se uma desvantagem, na medida em que é preciso perfurar maior profundidade do solo de modo a receber as tubulações. No segundo caso, de instalações horizontais, uma grande vantagem é o menor custo devido à menor perfuração, com a desvantagem de que em menores profundidades, as temperaturas tendem a apresentar maior flutuação, segundo Musskopf (2006) e Juvêncio (2011).

Para Vilela (2004), a composição do solo, grau de umidade, temperatura, características térmicas, somado às temperaturas pretendidas nos interiores dos edifícios são os principais fatores que determinam o dimensionamento e eficiência dos equipamentos. E afirma que quanto maior o conhecimento de suas propriedades (condutividade, difusividade, calor específico, densidade) melhor a avaliação do comportamento térmico do sistema e complementa que a temperatura do subsolo varia com a profundidade, características e variações climáticas ao longo do ano, propriedades do solo, nível de chuva, condições da superfície do solo, inclusive vegetação, entre outros fatores.

De acordo Nogueira & Pralon (2011), dados experimentais mostraram que a poucos metros de profundidade (a partir de 2m, em alguns casos) a temperatura do solo é praticamente igual à temperatura média anual do ar ambiente no respectivo local, o que causa uma redução do consumo energético para que sejam alcançadas temperaturas de conforto, tendo seu rendimento incrementado especialmente em locais com grande amplitude térmica anual.

Porém, Lund (2010) afirma que com o aumento do interesse nas bombas de calor geotérmicas, que usam as temperaturas relativamente constantes da terra tanto para aquecer ou para resfriar ambientes, a energia geotérmica pode ser desenvolvida em qualquer lugar, para estes fins.

De acordo com o professor André Avelar do Instituto de Geociências da UFRJ, por meio de comunicação pessoal em março de 2014, cuidados devem ser tomados, com relação à qualidade do material das tubulações, suas vedações e sistemas para controle de umidade por condensação, já que o solo sofre influência das chuvas e as tubulações estão também sujeitas à corrosão pela oxidação do solo. Por isso, devem ser protegidas para evitar mofo e degradação. Outra preocupação, segundo Neto & Voltani (2013), deve ser a regeneração do solo que, no caso de retirar calor do ar, terá sua temperatura próxima aos tubos, ligeiramente alterada, reduzindo a diferença de temperatura entre solo e fluido refrigerante, afetando, a longo prazo, o rendimento do sistema.

5. PANORAMA SOBRE A APLICAÇÃO NA ARQUITETURA MUNDIAL E PROGRAMAS DE INCENTIVO

A primeira rede moderna de aquecimento urbano abastecida por energia geotérmica surgiu em 1930, na Islândia, e deu o impulso para que o sistema começasse a ser adotado pelo mundo. Dentre os sistemas pioneiros, destaca-se a cidade de Reykjavik, que possui o maior sistema de aquecimento geotérmico do planeta, utilizando água quente natural para fornecer calor a edifícios e casas desde 1930 (CRUZ, 2013). Destaca-se, porém, que neste caso, utiliza-se o calor das grandes profundidades da Terra para geração de calor e energia, diferentemente do sistema superficial utilizado para o condicionamento de edificações.

Após da Segunda Grande Guerra, começaram a surgir as primeiras instalações com bombas de calor geotérmica em habitações, tendo sua primeira instalação em uma casa em Indianápolis, nos EUA, em 1945,

mas só a partir dos anos 90, tiveram maior desenvolvimento, devido à alta do preço do petróleo (CRUZ, 2013).

Segundo a empresa IF Technology (2014), especializada em energia Geotérmica nos Países Baixos, com o Protocolo de Kyoto, pesquisas ganharam força e o mercado para sistemas geotérmicos cresceu muito.

Antes disso, na Espanha, a investigação do potencial geotérmico já havia se iniciado com a crise do petróleo de 1973. Mais tarde, o Programa GEOT-CASA, representou um marco do Plano de Energias Renováveis na Espanha para 2005-2010 que tinha como objetivo estender o uso da geotermia em edificações, financiando instalações geotérmicas em edifícios. Neste contexto, a estação Pacífico do Metrô de Madri foi a primeira estação de metrô capaz de gerar sua própria energia para climatização com uso de geotermia, permitindo uma economia de 75% de energia, com redução de 50% de emissões de CO₂ (Observatório tecnológico de la energia 2012).

O projeto europeu Ground-Med (2014), representou um marco, reunindo Universidades da Europa, institutos de pesquisa, empresas, associações industriais e consultores, para avaliar o impacto desta tecnologia em regiões junto ao Mediterrâneo. Foram realizados estudos em oito protótipos instalados em sete países, sendo eles Portugal, França, Romênia, Slovênia, Espanha, Grécia e Itália. Em 2012, uma publicação reuniu os resultados bastante satisfatórios e promissores, com a redução do consumo de energia pelo uso da geotermia quando comparada aos sistemas convencionais para condicionamento do ar, comprovando sua eficiência em climas mais amenos.

Segundo a ADENE - Agencia para a Energia (2014), em Portugal, em 2013, foi criada a Plataforma Portuguesa de Geotermia Superficial (PPGS), uma parceria interinstitucional com a missão de desenvolver ações que permitam o progresso do aproveitamento da geotermia superficial, tanto a nível científico como aplicado, tendo como objetivos divulgar o tema, promover o diálogo na comunidade e auxiliar na elaboração de legislação.

Há diversos exemplos bem sucedidos de aplicação da geotermia pelo mundo e seria em vão a tentativa de esgotá-los. Porém, dentre os países da Europa, merecem destaque o Palácio do Reichstag em Berlim, de autoria de Foster + Partners e o prédio do Instituto Fraunhofer de Sistemas de Energia Solar, em Freiburg, ambos na Alemanha.

Na Itália, em 2009, Mario Cucinella, projetou a Casa 100K €, em Turim (CUCINELLA, 2014), com zero emissão de CO₂ e baixo impacto ambiental, composto de um conjunto de 50 casas com 100m² cada, onde são utilizadas bombas geotérmicas como estratégia passiva, atuando no pré-condicionamento dos ambientes, tanto no inverno quanto no verão. O projeto, que integra outras estratégias para a redução do consumo energético e emissões, como sistema fotovoltaico, turbinas eólicas, reaproveitamento das águas pluviais e envoltórias bem isoladas, ganhou o prêmio da Architectural Review, o Awards Futures Projects 2009, na categoria sustentabilidade. Este exemplo merece destaque por ser uma aplicação residencial da estratégia.

Por outro lado, projetos mais ambiciosos e em construção ou em vias disso, ganham importância por seu caráter desafiador, como o do Tianjin Eco-City, na China, realizado em parceria entre os governos da China e Cingapura, com conclusão prevista para 2020, que adota uma infinidade de estratégias bioclimáticas e sustentáveis para redução do consumo energético e emissões e. O projeto, construído sobre solo contaminado, terá uma extensão de 30 km² e, dentre as estratégias projetuais, serão usadas bombas de calor geotérmicas para condicionamento. Tem a intenção de se tornar a cidade mais sustentável do mundo e está detalhado no endereço eletrônico http://www.tianjinecocity.gov.sg/bg_kpis.htm (2014).

Em Jacarta na Indonésia, de autoria de Skidmore, Owings & Merrill - SOM, será construído o primeiro arranha-céu climatizado por geotermia, que pertence à companhia energética Pertamina Energy Tower (SOM, 2014).

6. ESTADO DA ARTE DAS PESQUISAS E EXPERIÊNCIAS DE APLICAÇÃO NO BRASIL

No Brasil, o uso da geotermia é pouco explorado e merece maiores investigações. Pesquisas têm sido realizadas por áreas afins à arquitetura e merecem destaque: a geofísica, a geografia e a geologia, com competência para adquirir dados sobre as características dos solos, incluindo composição e temperaturas; a engenharia mecânica, pelo conhecimento sobre instalações, funcionamento das bombas geotérmicas e processos de climatização.

Segundo Vichi & Mansor (2009), a energia geotérmica no Brasil é quase unicamente usada com fins de recreação, em parques de fontes termais 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.

O trabalho interdisciplinar de Rabelo et al. (2002), realizado entre as Engenharias Civil, Agrícola e Hidráulica e Saneamento, apresenta conceitos relacionados ao aproveitamento da energia geotérmica do Sistema Aquífero Guarani, que se estende por quatro países da América do Sul: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, abordando o uso não do solo, mas de águas subterrâneas para fins agrícolas, recreativos e de lazer. Assim como estes trabalhos, outros foram elaborados avaliando os recursos geotérmicos de alta entalpia de Minas Gerais. Mas pouco se tem produzido sobre o potencial de uso do solo a baixa entalpia e para edifícios, foco deste artigo.

O Laboratório de Geotermia do Observatório Nacional (LabGeotON) coordenado pelo professor Valiya Hamza, criou um banco de dados de temperaturas de subsolo para o Estado do Rio de Janeiro. Porém, devido a interesses específicos e pertinentes à abrangência da área, como a avaliação do potencial geotérmico para instalação de usinas geotérmicas (cujas ilhas atlânticas de Fernando de Noronha e Trindade foram destacadas), o banco de dados com as estimativas de temperatura foram feitas para profundidades sem o foco específico do aproveitamento em edificações, sendo todas em profundidades maiores que 40mt (GOMES; HAMZA, 2005).

O LabGeotON, através de trabalhos de mestrado e doutorado, investiga também recursos geotérmicos da Bacia do Paraná a baixa, média e alta entalpia para diversos fins (Gomes 2009), dentre eles, o industrial e para aquecimento de espaços, considerado significativo na parte central da bacia do Paraná, sob condições de clima subtropical (HAMZA et al., 2005), onde prevalecem as estações frias.

Hollumuller et al. (2006) realizaram estudos com tubos enterrados e com defasadores térmicos - sistemas que se aproveitam de amplitudes térmicas diárias, promovendo o deslocamento de pico de temperatura ao longo das horas, sem amortecimento, numa oportunidade de aproveitar o resfriamento noturno estocado na própria estrutura das edificações - e apontaram para o potencial de uso dos sistemas nas cidades de São Paulo, Porto Alegre, Brasília e Florianópolis.

Chinelatto (2013), por meio de simulação numérica, analisou o uso de sistema aberto (aquele pela entrada do ar exterior, naturalmente ou com auxílio mecânico que, passando pelos condutores enterrados e trocando calor com a temperatura do solo é injetado no interior da construção) para resfriamento em uma casa popular para uma família de quatro pessoas para diferentes condições climáticas brasileiras e reduções médias de até 4°C foram registradas (NETO; VOLTANI, 2013). Mas observaram a importância da aplicação de um sistema de controle para evitar aumento da umidade relativa do ar interior.

Pesquisadores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI/USP, 2014) estão implantando um sistema alternativo de resfriamento do ar interno de uma escola em construção, da região próxima ao Aeroporto de Viracopos, no município de Campinas. Para isso, estão sendo usados tubos de cerca de 80 centímetros de diâmetro, enterrados a cerca de 5 metros de profundidade, pelos quais o ar quente da atmosfera circula e se resfria, antes de ser distribuídos pelas salas de aula e outras dependências da escola. Chamado de Sistema de Resfriamento Geotérmico, os pesquisadores firmam que o modelo também pode ser usado em residências.

Quem está à frente das pesquisas é o professor Alberto Hernandez Neto, do Grupo de Pesquisa em Refrigeração, Ar Condicionado e Conforto Térmico (GREAC), do Departamento de Engenharia Mecânica (PME) da USP, que afirma que o solo em profundidades de 3m a 5m apresenta uma temperatura variando de 18 a 21°C, em média, ao longo do ano e assim, de acordo com ele, a geotermia pode ser usada para o resfriamento de ambientes internos (POLI/USP, 2014).

Pesquisas acadêmicas na área da Engenharia Mecânica tem utilizado o programa *EnergyPlus* para simular a eficiência do uso dos tubos enterrados para climatização passiva de residências, sem auxílio de bombas de calor e tem alcançado resultados positivos, indicando a aplicabilidade da tecnologia especialmente nas cidades da região sul do país e contribuindo sobremaneira para a arquitetura. Segundo os pesquisadores o programa computacional modela tubos enterrados através de um complexo sistema de troca de calor no solo para estabelecer a temperatura na profundidade do tubo, de acordo com dados de características do solo, selecionadas dentre as alternativas oferecidas pelo software (FRANÇA 2011, SCHULZ 2011, SCHULZ 2011, MUSSKOPF 2006, HORBACH 2010).

O projeto do edifício CECAS (Centro de Estudo de Clima e Ambientes Sustentáveis), nasceu da parceria entre o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) e a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP) (VITRUVIUS, 2013). De autoria dos Professores Marcelo Romero e Eduardo Rodrigues, o projeto combina o resfriamento geotérmico à ventilação natural para o conforto térmico. Para isso, é previsto um ventilador que captará o ar externo, transportando-o através de dutos enterrados a 3 metros de profundidade, numa extensão de 90 metros, e insuflando-o nos ambientes. Isto é possível devido à temperatura estável do solo da Cidade Universitária, em torno de 20 a 22°C ao longo do ano, havendo controle de temperatura tanto no inverno quanto no verão.

O Centro de Cultura Max Feffer, construído pelo Instituto Jatobás no município de Pardinho, interior de São Paulo, foi o primeiro centro cultural da América Latina a conquistar certificação de impacto ambiental LEED, na categoria 'Gold', emitida pelo USGBC - Green Building Council. Nesta edificação a geotermia também fez parte do projeto, além de outras estratégias para o conforto térmico do edifício (CMF, 2014).

O arquiteto João Filgueiras Lima, o Lelé, consagrado adepto das estratégias passivas para o conforto térmico, especialmente em edificações hospitalares, no projeto do Hospital Escola Municipal de São Carlos, em São Paulo, tirou partido de galerias de ar subterrâneas para passagem de ar externo, previamente captado mecanicamente por ventiladores localizados na entrada de ar nas tubulações (Figs 2 e 3), e em seguida, insuflado para o interior dos ambientes através de dutos (Fig. 4) favorecendo as condições de conforto em períodos de calma (PRADO et al., 2011).



Figuras 2, 3 e 4: ventiladores para captação mecânica do ar externo na entrada das galerias e sistema de insuflamento no interior (Prado et al. 2011).

Abaixo, a Figura 5 mostra um corte esquemático do sistema combinado ao uso de sheds, auxiliando à retirada do ar aquecido internamente.

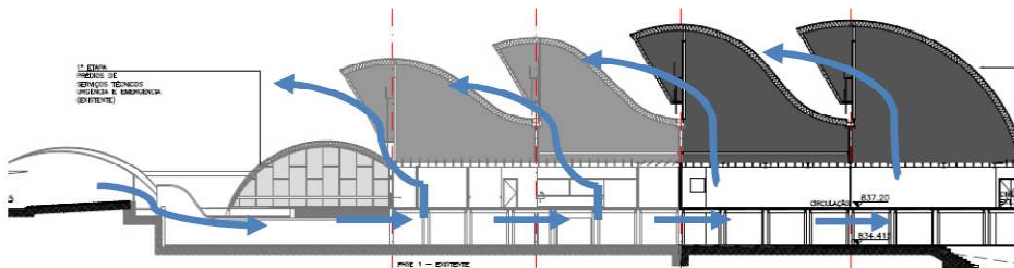


Figura 5: corte do Hospital Escola com representação da circulação de ar interior, das galerias aos sheds (Prado et al. 2011).

Dos exemplos mais recentes de uso da energia geotérmica na arquitetura brasileira, tem-se o projeto da Arena Amazônia, parte do Complexo Esportivo do Amazonas, em Manaus, da gmp *International GmbH – architects and engineers*, construída receber a Copa do Mundo de 2014 realizada no Brasil. De acordo com a gmp – von Gerkan, Marg und Partner - Architects Sports Buildings (2014), seguindo o objetivo de redução de consumo energético sugerido pelo Programa *Green Goal – a Meta Verde* - para Campeonatos Mundiais, introduzido em 2010 na Copa da Alemanha, a estratégia foi usada para pré-resfriar o ar e combinada com outras, como ventilação natural para a garantia do conforto ambiental e eficiência energética da Arena, conforme ilustrado na Figura 6.

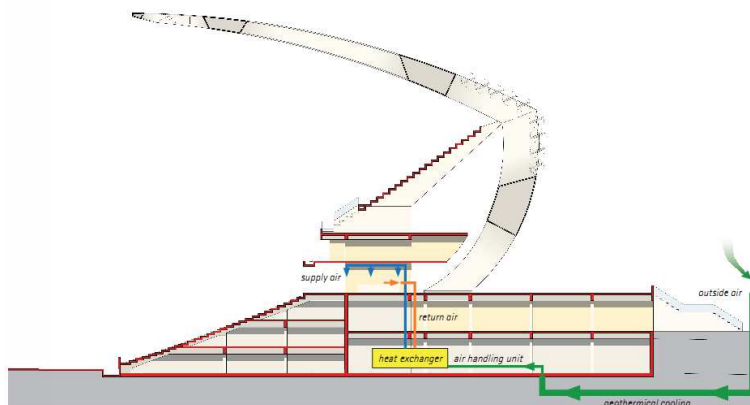


Figura 6: corte da Arena Amazônia com representação dos túneis subterrâneos por onde o ar externo é conduzido (gmp, 2014).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de situações recorrentes de crise energética no Brasil, deve-se avançar de modo urgente na busca de alternativas sustentáveis para mitigar os efeitos desta, sempre negativos.

Sendo o consumo de energia com condicionamento artificial de ar relevante dentro da matriz energética brasileira, a utilização da geotermia superficial, de baixa entalpia, para uso direto para climatização de ambientes mostra-se como alternativa com potencial a ser explorado, já que colabora para a manutenção das condições de conforto térmico com redução do consumo energético e das emissões de poluentes pelas edificações.

É uma tecnologia muito estudada e explorada, especialmente nos países desenvolvidos, onde há interesse e incentivo para pesquisas e aplicação desta estratégia passiva que contribui para o conforto térmico e redução do consumo energético em edificações.

Nestes casos, a tecnologia tem sido capaz de substituir por completo os sistemas até hoje considerados convencionais para condicionamento do ar. E, nos casos que não suprem integralmente a demanda de condicionamento, têm sido usados compondo sistemas híbridos, reduzindo a dependência dos sistemas artificiais e o consumo energético.

Os sistemas de tubos enterrados horizontalmente, por dispensarem perfurações a grandes profundidades, o que impacta diretamente nos custos do sistema, parecem merecer maior atenção dos pesquisadores e de parcerias interdisciplinares e interinstitucionais, para que sua aplicação seja viabilizada no Brasil, onde a tecnologia ainda não é suficientemente explorada, mas sua adoção nos casos apresentados evidencia o potencial pra tal.

Para isso, deve-se avançar nas pesquisas e há que se promover uma importante e esperada aproximação, tanto entre diversas entidades: universidades, empresas, consultores, etc., quanto entre as diversas áreas de conhecimento envolvidas: das engenharias, que detém o conhecimento sobre o funcionamento do sistema; da geologia, que por prospecção, pode obter dados sobre as características dos solos locais; da arquitetura, que deve prever a utilização do sistema em projetos e, para isso, disponibilizar área para as instalações.

Por fim, vale ressaltar a importância da utilização desta tecnologia não isoladamente, mas em conjunto com estratégias bioclimáticas e de eficiência no uso da energia, uma vez que a soma delas favorecerá o projeto de edifícios como organismos integrados em seu funcionamento, visando o conforto ambiental em edificações, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade do setor construtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE **Agencia para a Energia**. Disponível em <<http://www.adene.pt/iniciativa/plataforma-portuguesa-de-geotermia-superficial>>. Acesso em 06/07/2014
- ASHRAE 2011 **Handbook-HVAC Applications**, Chapter 34 Geothermal Energy, 2011
- CARVALHO, J. M. **Potencial Geotérmico Nacional. Lisboa: Portugal**. Disponível em http://apegeologos.files.wordpress.com/2014/02/martins_de_carvalho_potencial_geotermico_nacional_seg.pdf>. Acesso em 01/07/2014
- CMF **Centro de Cultura Max Feffer**. Disponível em <<http://www.centromaxfeffer.com.br/arquitetura-verde.php>>. Acesso em 01/07/2014
- CRUZ, R. **Utilização da Energia Térmica do Solo pra Climatização de edifícios**. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Portugal, 2013
- CUCINELLA, M. **100K € Home - Research project for a low-cost residence**. Disponível em <<http://www.mcarchitects.it/project/la-casa-100k>>. Acesso em 18/04/2014
- Energía Geotérmica 20 años de experiencia en los Países Bajos IF Technology**. Disponível em <http://www.iftechnology.nl/iftechnology.nl/files/Doc/publicaties/Brochure_IF_-_ES.pdf> Acesso em 06/07/2014.
- FONSECA I. et al. **O estado da arte sobre o uso da geotermia na arquitetura**. In *XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 2014*. Alagoas: Brasil, 2014
- GMP – von Gerkan, Marg und Partner - **Architects Sports Buildings**. Disponível em <http://www.slideshare.net/dellamanna/a-u-d-i-e-n-c-i-a-projeto-a-r-e-n-a>. Acesso em 12/07/2014
- GOMES, A. J. L. & HAMZA, V. M. **Geothermal gradient and heat flow in State of Rio de Janeiro**. In *Revista Brasileira de Geofísica (2005) 23(4):325-347*. Rio de Janeiro: Brasil, 2005
- GROUND-MED. **Advanced ground source heat pump systems for heating and cooling in Mediterranean climate**. Disponível em <http://www.groundmed.eu/fileadmin/red/Deliverables/Brochure/Groundmed_Brochure_final.pdf>. Acesso em 19/04/2014.
- HAMZA, V. M. et al. **Status Report on Geothermal Energy Developments in Brazil**. In *Proceedings World Geothermal Congress 2005*. Antalya: Turkey.
- HOLLMULLER, P. et al. **Potential of Buried Pipes Systems and Derived Techniques for Passive Cooling of Buildings in Brazilian Climates**. Centre Universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (CUEPE), Université de Genève – Switzerland, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina: Brazil, 2006

- JORNAL VITRUVIUS. **Está prevista a construção de três novos prédios na USP em São Paulo.** Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/jornal/news/read/1698>>. Acesso em 01/07/2014.
- MUSSKOPF, D. **Estudos exploratórios sobre ventilação natural por tubos enterrados.** 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul: Brasil, 2006
- NETO, A. H. & VOLTANI, E. R. **Resfriamento e aquecimento geotérmico.** Disponível em <<http://www.engenhariaearquitectura.com.br/noticias/883/Resfriamento-e-aquecimento-geotermico.aspx>>. Acesso em 13/04/2014
- NOGUEIRA, J. W. L. & PRALON, A. **Projeto pioneiro em Valência (Espanha) utiliza energia geotérmica para climatizar.** Disponível em <<http://ofrioquevendosol.blogspot.com.br/2011/08/luto-na-comunidade-cientifica-de.html#more>>. Acesso em 17/04/2014
- OBSERVATORIO TECNOLÓGICO DE LA ENERGIA. **Mapa Tecnológico: Calor y Frío Renovables.** Ministerio di Industria, Turismo y Comercio & Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energia. Disponível em <http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Calor_y_Frío_Renovables_Geotermia_30012012_global_196afed7.pdf>. Acesso em 17/04/2014.
- POLI/USP. **Pesquisa sistema alternativo de ar condicionado.** Disponível em <<http://www.mecanica-poliusp.org.br/index.php/poliusp-pesquisa-sistema-alternativo-de-ar-condicionado/>>. Acesso em 01/07/2014.
- PRADO, M. F. A. et al. **Estratégias passivas de conforto térmico: o caso do Hospital Escola de São Carlos – SP.** In *Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído ENCAC 2011*. Rio de Janeiro: Brasil, 2011
- RABELO, J. L. et al. 2002. **Aproveitamento da energia geotérmica do Sistema Aquífero Guarani – estudo de caso.** In *XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas 2002*. Florianópolis: Brasil.
- SOM 2014 <http://www.som.com/projects/pertamina_energy_tower>.
- VILELA, M. **Estudo de método experimental para determinar a potencialidade do uso de energia geotérmica a baixa profundidade.** 278p. Tese (Doutorado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, Brasil, 2004

AGRADECIMENTOS

Ao professor André Avelar do Instituto de Geociências da UFRJ, por meio de comunicação pessoal em março de 2014.

Ao professor Valiya Hamza do Laboratório de Geotermia do Observatório Nacional (LabGeotON), pelo banco de dados fornecido sobre estimativas de temperaturas de subsolo do Estado do Rio de Janeiro e conversas informais sobre o tema.