

## ESTUDOS DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA NO AUMENTO DO RENDIMENTO DE PLACAS SOLARES

Agleison Ramos Omido (\*), Christian Souza Barboza, Lucas Coutinho do Nascimento, Gabriela Sarti Figueiredo, Jorge Luis Alves Alencar

\* Universidade Federal da Grande Dourados (agleisonomido@ufgd.edu.br)

### RESUMO

A energia, além de sinal de desenvolvimento, é hoje motivo de grande preocupação, já que a maioria das fontes utilizadas para sua geração não é renovável e o ciclo dos combustíveis fósseis como fonte de energia para a humanidade está se aproximando do fim. Os recursos finitos, aliados às consequências dos gases com efeito de estufa, gerados na produção de energia através de fontes não renováveis, levaram a um esforço maior na busca por fontes alternativas de energia renovável. A energia solar dentre todas as renováveis desempenha um papel importante na matriz elétrica do nosso país, mas frente a energia hídrica, amplamente explorada, possui recursos pouco utilizados. O Brasil possui grande potencial de exploração da energia solar, apresentando taxas de insolação entre 4.500 e 6.000 Wh/m<sup>2</sup>.dia. A energia fotovoltaica possui inúmeras vantagens, como a sua disponibilidade durante todo o ano, fator que auxilia a manutenção do sistema elétrico brasileiro frente a longos períodos de estiagem, casos em que os reservatórios das usinas hidrelétricas apresentam baixo volume. Além do grande potencial de exploração, a energia fotovoltaica possui a facilidade de instalação em locais afastados da rede de distribuição elétrica, mostrando ser uma alternativa viável para as propriedades rurais e assentamentos afastados da rede. Em contrapartida, ela esbarra em um problema ainda sem solução, a queda do rendimento na conversão da energia devido ao aumento da temperatura do painel fotovoltaico durante sua operação. Diante desse problema, desenvolvemos um sistema híbrido de energia fotovoltaica com a energia geotérmica. O objetivo é obter a refrigeração para as placas fotovoltaicas utilizando a energia geotérmica superficial, com a finalidade de restabelecer seu rendimento, garantindo maior eficiência do módulo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geotermia, Painel fotovoltaico, Energia renovável, Rendimento da placa solar.

### INTRODUÇÃO

A constante evolução tecnológica, novas técnicas e processos desenvolvidos no setor industrial, agropecuário, construção civil, dentre outros setores da economia brasileira, demandam cada vez mais energia para realizarem suas atividades. Devido a isso, a produção de energia elétrica para suprir esse aumento no consumo é um dos desafios para os atuais governos.

Outro aspecto é a necessidade de produzir tal energia de forma sustentável, minimizando os impactos ambientais. Dentre as opções disponíveis, a energia solar vem se destacando nos últimos anos devido a programas criados pelo governo, como o ProGD (Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica) e linhas de financiamentos criados por instituições financeiras.

As vantagens da utilização da energia solar são inúmeras. Dentre elas podemos citar sua disponibilidade durante todo o ano, a sua facilidade de instalação, e o fato de que seu sistema pode ser conectado ou não à rede de distribuição de energia, garantindo por exemplo, o fornecimento de energia elétrica para comunidades rurais e propriedades afastadas da rede elétrica.

Entretanto, a placa fotovoltaica apresenta queda em seu rendimento quando sujeita a um aumento da temperatura devido à irradiação e à temperatura ambiente. Neste cenário, esta pesquisa associa duas formas de energia renovável, a geotérmica e a solar, utilizando a primeira para resfriar a placa fotovoltaica durante a sua operação.

### CONTEXTUALIZAÇÃO

Devido ao grande potencial hídrico, a maior parcela da energia produzida no Brasil vem das usinas hidrelétricas, mas em razão dos impactos ambientais causados pelas usinas e da vulnerabilidade do sistema frente a possíveis períodos de estiagem, o país tem buscado desenvolver novas formas de energia a fim de diversificar sua matriz energética e garantir o abastecimento durante todo o ano.

De acordo com a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), a matriz elétrica brasileira é bastante variada. Grande parte da energia elétrica produzida no país é gerada pelas usinas hidrelétricas. Em seguida aparece a energia que vem de combustíveis fósseis, que são fontes poluidoras e não renováveis. Já as energias eólica, nuclear, biomassa e solar são renováveis, mas também as de

menor expressão. Isso evidencia a necessidade de aumentar a produção de energia proveniente dos recursos renováveis no país, uma vez que há uma preocupação principalmente com a poluição gerada por combustíveis fósseis, o impacto ambiental causado pelas usinas hidrelétricas e a vulnerabilidade do sistema frente a períodos de estiagem.

Segundo dados publicados pelo Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017), o consumo geral de energia elétrica no ano de 2016 teve uma queda de 0,9% em comparação com o do ano 2015. Essa queda pode ser vista como consequência da crise econômica, que gera um recuo na produção industrial responsável pela maior parcela do consumo de energia elétrica. Outros setores como o rural apresentaram aumento de 5,3% comparado ao ano anterior, e durante os últimos 5 anos demonstraram consumo crescente de energia elétrica. A tabela 1 apresenta o consumo por classe:

**Tabela 1: Consumo por classe (GWh)**  
**Fonte: Anuário estatístico de energia elétrica, 2017**

	2012	2013	2014	2015	2016	Δ% (2016/2015)	Part. % (2016)
<b>Brasil</b>	<b>448.176</b>	<b>463.134</b>	<b>474.823</b>	<b>464.976</b>	<b>460.829</b>	<b>-0,9</b>	<b>100</b>
Residencial	117.646	124.908	132.302	131.190	132.872	1,3	28,8
Industrial	183.475	184.685	179.106	168.856	164.557	-2,5	35,7
Comercial	79.226	83.704	89.840	90.768	87.873	-3,2	19,1
Rural	22.952	23.455	25.671	25.899	27.266	5,3	5,9
Poder público	14.077	14.653	15.354	15.189	15.092	-0,6	3,3
Iluminação pública	12.916	13.512	14.043	15.333	15.035	-1,9	3,3
Serviço público	14.525	14.847	15.242	14.730	14.969	1,6	3,2
Próprio	3.359	3.371	3.265	3.011	3.164	5,1	0,7

O setor do agronegócio demanda cada vez mais energia elétrica para realizar suas atividades devido à automatização e à industrialização do setor, seja para máquinas de secagem de grãos, pivôs de irrigação ou motores em geral. Outro ponto a ser considerado são as propriedades e assentamentos rurais que demandam grande quantidade de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica através de geradores, por causa da distância entre a rede de distribuição elétrica e essas propriedades.

Para atender toda essa demanda por energia elétrica, a energia solar fotovoltaica tem sido apontada como uma importante opção. Essa apresenta vantagens como o fato de estar disponível o ano todo; ser inesgotável, por se tratar de uma fonte de energia renovável; e além disso, os sistemas responsáveis por sua geração podem ser instalados em uma localização próxima ao ambiente que usufruirá da energia. Os sistemas fotovoltaicos são baseados em painéis ou módulos compostos de células fotovoltaicas, que captam a energia da luz solar e produzem corrente elétrica.

## EFEITO FOTOVOLTAICO

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz em eletricidade. Este efeito, denominado fotovoltaico, descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, consiste no surgimento de uma diferença de potencial entre extremos de um semicondutor, quando esse absorve luz visível. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental deste processo de conversão (GALDINO et al., 2000).

A combinação entre átomos de silício forma uma rede cristalina onde todos os elétrons de valência são usados em ligações do tipo covalente, não restando elétrons livres para ocorrer a condução elétrica a princípio. Porém um material semicondutor só seria um isolante perfeito na temperatura de 0 Kelvin, assim, em temperaturas superiores alguns elétrons absorvem energia térmica e se libertam da estrutura cristalina, passando para banda de condução como elétrons livres, essas ligações incompletas são chamadas de lacunas. A energia necessária para que um elétron salte da banda de valência para de condução é denominado energia de *gap* (BURLER, 2011).

Para aumentar a condutividade do material devido à temperatura, utiliza-se um processo conhecido como dopagem, que consiste na adição controlada de átomos de elementos com mais ou menos de quatro elétrons na banda de valência, assim uma região seria contaminada por um elemento com três elétrons na camada de valência, por exemplo o boro (Br), fazendo surgir uma carga positiva em excesso para cada átomo, essa região é chamada de região P. Se for contaminada por átomos de um material pentavalente, teria um elemento a mais na estrutura cristalina para cada átomo inserido, sendo essa região chamada de região N (BUHLER, 2011).

Sendo assim, se uma amostra de silício puro for dopado de um lado com átomos trivalentes e outra por átomos pentavalentes tem-se uma junção PN ocorrendo uma migração de elétrons e lacunas entre os lados. Esta migração gera um campo elétrico que

vai aumentado à medida que as cargas se deslocam para o lado contrário da junção até que o valor desse campo seja forte o suficiente para contrabalançar a força de atração elétrica responsável pela migração (BUHLER, 2011).

Se a junção for exposta à luz (fótons com energia maior do que o *gap*) ocorrerá a geração de pares elétron-lacuna. Se estes pares forem gerados em região onde o campo elétrico não é nulo, eles serão acelerados dando origem a uma corrente através da junção e por sua vez há uma diferença de potencial entre as superfícies da regiões P e N. Se as superfícies das mesmas regiões forem interconectadas com um condutor, uma corrente elétrica circulará. Desta forma se dá a geração de energia elétrica pelo efeito fotovoltaico (BUHLER, 2011).

Os tipos de painéis mais comuns no mercado foram resumidos na Quadro 1, que apresenta a eficiência em laboratório e eficiência em produção de cada tipo de painel de acordo com Souza (2018):

**Quadro 1: Eficiência de conversão**

**Fonte: Adaptado de Souza, 2018.**

Material	Eficiência em laboratório	Eficiência em produção
Silício mono	24,70%	18,00%
Silício poly	19,80%	15,00%
Silício amorfo	13,00%	10,50%
CIS, CIGS	18,80%	14,00%
CdTe	16,40%	10,00%

Michels (2007) afirma que o desempenho do módulo fotovoltaico é altamente influenciado pela temperatura, que aliada com a irradiação solar do local onde o módulo está instalado, são os fatores que mais interferem na produção de energia do mesmo. Tal influência ocorre porque o aumento na temperatura da célula fotovoltaica, gerado pelo alto índice de irradiação solar sobre ela, tende a diminuir a eficiência do módulo fotovoltaico.

Devido à essa queda de rendimento buscam-se alternativas para melhor dissipação do calor ou até mesmo a refrigeração do painel. Um exemplo disso são as Placas PVT (Placa Fotovoltaico-Térmica), as quais promovem a cogeração de energia por meio dos coletores térmicos, resultando na geração de eletricidade e aquecimento de água de forma simultânea (MIGLIAVACCA et al. 2014).

Outra opção para a redução do efeito da temperatura na geração de energia dos módulos fotovoltaicos é o emprego da energia geotérmica para realizar a refrigeração da placa fotovoltaica, através de um fluido refrigerante para absorver o calor excedente e dissipá-lo para o solo.

## **ENERGIA GEOTÉRMICA**

A energia geotérmica é definida pelo Parlamento Europeu, Comité de Energia (2008) como “a energia armazenada sob a forma de calor debaixo da superfície da terra” (LAW,2009).

Existem diversas formas de aproveitamento da energia geotérmica, seja para geração de energia elétrica, produção de água quente para processos industriais e até mesmo para aquecimento e arrefecimento de ambientes. Cada aplicação depende da temperatura disponível para ser explorada, ou seja, de acordo com sua entalpia, que pode ser definida, resumidamente, “como a quantidade de energia térmica que um fluido, ou objeto, pode permutar com a sua envolvente, expressa-se por kJ/kg ou kcal/kg”, assim a energia geotérmica pode ser classificada em quatro categorias (TRILLO e ANGULO, 2008):

**Alta temperatura (maior que 150 °C):** Uma temperatura superior a 150 °C permite transformar diretamente o vapor de água em energia elétrica.

**Média temperatura (entre 90 e 150 °C):** Permite produzir energia elétrica utilizando uma troca de fluidos, que é o que alimenta a central.

**Baixa temperatura (entre 30 e 90°C):** O seu conteúdo em calor é insuficiente para produzir energia elétrica, mas é adequado para aquecimento de edifícios e processos industriais e agrícolas.

**Muito baixa temperatura (menor que 30 °C):** Pode ser usado para aquecimento e refrigeração, necessitando do uso de bombas de calor.

Neste trabalho avaliamos como a Energia Geotérmica de muito baixa entalpia ( $T < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) pode ser empregada na refrigeração do módulo fotovoltaico, através de um fluido refrigerante aliado a um sistema de bombeamento, visando aumentar a eficiência na geração da energia elétrica pela placa fotovoltaica.

Estudos demonstraram que a temperatura do solo é bastante estável e próxima à média anual da região (VIERA e MARANHA, 2009). A figura 1 apresenta um esquema da variação da temperatura do solo hipotético em função da profundidade. Em T1 estão representadas as temperaturas máxima ( $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e mínima ( $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) de certo período de tempo, em T2, a tendência de convergência para um valor constante ( $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e próximo da média da região e, em T3, a partir de certa profundidade, o aumento da temperatura decorrente do gradiente térmico terrestre.

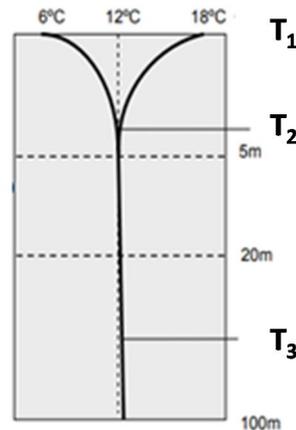


Figura 1: Perfil da variação da temperatura do solo com a profundidade.

Fonte: (Adaptado de Law, 2009).

De acordo com relatórios publicados pela Embrapa (2017) e apresentados na tabela 2, a média anual de temperatura na região de Dourados é  $22,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Tabela 2: Temperatura média (T), temperatura máxima (TM), temperatura mínima (Tm) e amplitude térmica mensal ( $\Delta T$ ) da região de Dourados, MS

Fonte: (Embrapa, 2017)

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
T ( $^{\circ}\text{C}$ )	25,5	25,4	25,1	23,6	19,5	19,2	18,4	20,9	22,4	24,5	24,8	25,6	22,9
TM ( $^{\circ}\text{C}$ )	31,7	31,6	31,5	29,7	25,9	25,0	25,5	28,3	29,1	30,9	31,4	31,6	29,3
Tm ( $^{\circ}\text{C}$ )	21,0	20,7	20,0	18,1	14,6	13,2	12,3	13,8	15,8	18,5	19,4	20,6	17,3
$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	10,7	10,9	11,5	11,6	11,3	11,8	13,2	14,5	13,3	12,4	12,0	11,0	

<sup>(1)</sup> Dados da estação meteorológica automática, período de janeiro de 2001 a maio de 2016.

Nos sistemas energéticos de baixa entalpia a captação de energia pode ser feita de várias formas diferentes. A opção por um ou outro modo de captação depende das características do terreno, área disponível e resultados pretendidos. De acordo com Raposo e Pinheiro (2015), os tipos de captação podem ser classificados em dois tipos, os sistemas abertos e os sistemas fechados.

Nos sistemas em circuito fechado, o fluido térmico é inserido em um loop que circula e não tem contato direto com o solo; a transferência de calor com o solo ocorre através do material de tubulação. Existem quatro classes de sistemas de troca de calor de circuito fechado: vertical, horizontal, espiral e lagoa (Stuart, 2013).

Já os sistemas abertos interagem diretamente com o solo utilizando águas subterrâneas ou de superfície, tais como lagos e lagoas, como um meio de transferência de calor. A água é extraída, passa por um permutador de calor, e depois é descarregada de volta à origem ou pode ser reutilizada para irrigação do solo, por exemplo (Stuart, 2013).

Geralmente um sistema de climatização geotérmico é utilizado para aquecer e arrefecer ambientes, com o emprego de bombas de calor geotérmico. Apresentamos um sistema para refrigerar uma placa fotovoltaica com o intuito de restabelecer o rendimento na produção de eletricidade em temperaturas adequadas utilizando um sistema aberto. Para garantir uma maior eficiência do modelo buscou-se empregar um sistema capaz de bombear a água com o menor consumo de energia.

## CARNEIRO HIDRÁULICO

Carneiro hidráulico pode ser definido como um equipamento utilizado para bombear água sem a necessidade de energia elétrica, ou outras fontes de energias fósseis. O funcionamento deste equipamento é decorrente do golpe de aríete causado pelo fechamento de uma válvula, que interrompe o movimento da água proveniente de uma fonte de alimentação localizada em nível superior (OLIVEIRA E SOUZA, 2015).

Para explicar o funcionamento do carneiro hidráulico Abate e Botrel (2002) citam Daker (1970), que apresenta os princípios de funcionamento do equipamento representado na figura 2.

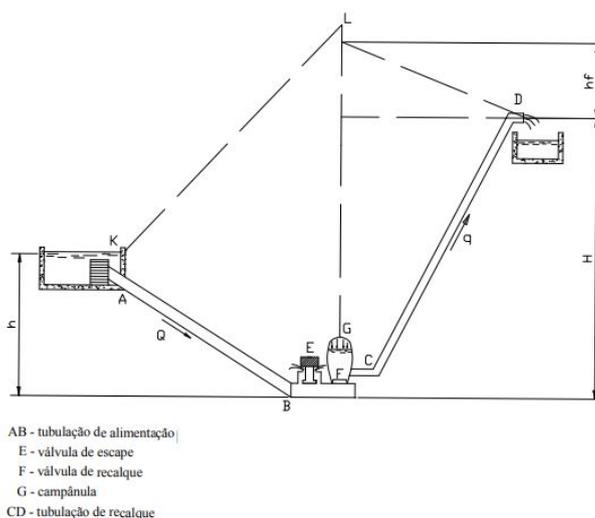


Figura 2: Esquema funcional de um carneiro hidráulico  
Fonte: (Brotel e Abate, 2002)

Quando a válvula de escape E está aberta, a água é transmitida de um ponto mais alto do tubo de alimentação AB, escapa por ela até que a pressão no local, por causa da crescente velocidade do líquido, é capaz de erguê-la, fechando-a de forma brusca. Uma coluna de água desce pelo tudo AB com velocidade progressiva, sendo que em um dado instante fica sem saída, produzindo o chamado “golpe de aríete”, que abre a válvula de recalque F, permitindo que a água entre na câmpnula G. Conseqüentemente, o ar que estava na parte superior da câmara de ar é comprimido, oferecendo uma resistência crescente à entrada do líquido, chegando a interromper seu progresso, fechando nesse instante a válvula F. Gera-se, então, uma onda de pressão negativa devido ao efeito de compressibilidade da água e da elasticidade da tubulação que atua na válvula F, de tal modo que ela volta a abrir. Estando E aberta novamente, um novo ciclo acontece, e isso sucessivamente produz a penetração de água na câmpnula G, possuindo pressão suficiente para subir no tubo de recalque CD, fazendo com que flua para o reservatório superior quando a pressão na câmara de ar for correspondente à altura manométrica de recalque (ABATE&BOTREL, 2002).

## OBJETIVO

Acompanhar o funcionamento do módulo fotovoltaico associado à energia geotérmica, mapeando o comportamento da temperatura do sistema e seu rendimento com e sem o emprego de resfriamento, a fim de verificar a viabilidade do sistema.

## METODOLOGIA

Uma placa fotovoltaica instalada em frente ao prédio da Faculdade de Engenharia de nossa Universidade, já utilizada em outros projetos de pesquisa, está sendo monitorada para verificação da variação de seu rendimento em função da refrigeração por Geotermia.

Um carneiro hidráulico fornece a energia necessária ao movimento da massa de água em direção à placa. Uma espuma sólida foi instalada atrás da placa para que a água percole lentamente através da mesma enquanto troca calor com a placa. A figura 3 mostra o esquema de implantação e as figuras 4 e 5 mostram a placa e o carneiro, respectivamente, usados na pesquisa.

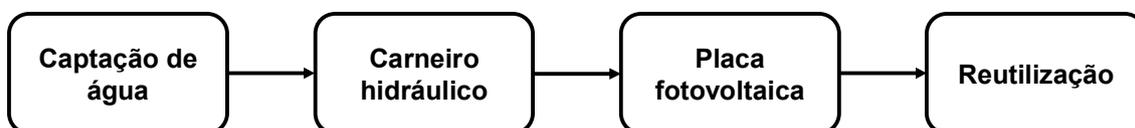


Figura 3: Diagrama do layout do sistema híbrido.  
Fonte: Autor do trabalho.

O processo inicia com a captação do corpo hídrico pela tubulação do carneiro hidráulico que fornece a energia necessária para movimentar a massa de água até o reservatório superior localizado próximo à placa, em seguida a água desce por gravidade sobre a espuma instalada atrás da placa e assim realiza a troca de calor com o objeto. Feito o escoamento e realizado o resfriamento da placa, a água é captada e destinada para reaproveitamento, como irrigação de hortas e pomares.



Figura 4: Placas usadas na pesquisa.  
Fonte: Autor do trabalho.

A temperatura da placa e o seu rendimento estão sendo monitorados ao longo do tempo para verificação da eficiência do sistema e análise da viabilidade da implantação do mesmo.



Figura 5: Carneiro hidráulico.  
Fonte: Autor do trabalho.

## RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que os dados obtidos apontem um acréscimo no rendimento do painel fotovoltaico decorrente da redução da temperatura de operação. Acredita-se também, que o emprego da geotermia para realizar o resfriamento do módulo fotovoltaico se mostre uma alternativa viável economicamente.

Após a conclusão da pesquisa com o sistema geotérmico aberto, serão realizadas outras configurações de sistemas geotérmicos, como o sistema fechado horizontal e sistema fechado vertical, para avaliar o desempenho com diferentes tipos de trocadores de calor geotérmicos.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

É evidente que o consumo de energia elétrica aumenta aceleradamente e, como consequência, a busca por novas fontes de energia renováveis se intensifica. Dessa forma, esse trabalho surge da preocupação em desenvolver meios alternativos para maximizar a produção de energia através da associação de duas fontes de energia renováveis disponíveis o ano todo.

No Brasil apesar de a principal fonte de energia ser a hídrica, a energia fotovoltaica pode ser utilizada como auxiliar, por exemplo, para a manutenção do fornecimento de energia elétrica em períodos de estiagem, que provocam uma queda na produção das hidrelétricas devido ao baixo nível dos reservatórios.

Outros sistemas alternativos, renováveis, devem ser implantados a fim de enriquecer a matriz energética mundial, uma vez que o aumento da demanda, assim como a escassez de fontes hoje utilizadas, são esperados. Pesquisas precisam ser realizadas e seus resultados difundidos de forma a apresentar opções para diversificar as formas de produção de energia hoje disponíveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. Energia solar. Atlas de energia elétrica do Brasil. 2. Ed. Brasília, DF: ANEEL, 2005. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia\\_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf)>. Acesso em: 7 jun. 2018.
2. BUHLER, Alexandre José. Estudo de técnicas de determinação experimental e pós-processamento de curvas características de módulos fotovoltaicos. Tese (Doutorado em engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do sul. Porto Alegre, p. 195. 2011.
3. BOTREL, Tarlei Arriel; ABATE, Caroline. Carneiro Hidráulico Com Tubulação De Alimentação Em Aço Galvanizado E Em Pvc. Scientia Agricola, v.59, n.1, p.197-203, jan./mar. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n1/8095.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2018.
4. EMBRAPA. O clima da regioao de Dourados MS. 3º ed revista e atualizada, v.34,2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1079733/1/DOC2017138FIETZ.pdf>> Acesso em: 3 jun. 2018.
5. EPE, 2017 – Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017, ano base 2016. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro. 232 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2018.
6. GALDINO, Marco; LIMA, Jorge; RIBEIRO, Cláudio; SERRA, Eduardo. O contexto das energias renováveis no Brasil. Revista da Direng, 2000. Disponível em: <[www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.
7. LAW, Ryan. Geothermal Systems in the Chalk of the South East of England: Methods of Predicting Thermal Transport in a Fractured Aquifer. University of Birmingham. 2009. Disponível em: <<http://etheses.bham.ac.uk/981/1/Law10PhD.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2018.
8. MICHELS, Roger Nabeyama. Avaliação de um sistema de bombeamento de agua alimentado por painéis fotovoltaicos.2007.71p. Trabalho de conclusão de curso (Pós-graduação em engenharia agrícola) - Universidade Estadual do oeste do Paraná, Cascavel-PR.
9. MIGLIAVACCA, Alencar et al. Cogeração elétrica e térmica utilizando placas fotovoltaicas refrigeradas a água. Anais do SEPE - Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS, [S.l.], v. 4, n. 1, out. 2014. ISSN 2317-7489. Disponível em: <<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/SEPE-UFFS/article/view/1895>>. Acesso em: 27 mai. 2018.
10. OLIVEIRA, Tallis José Cardos de; SOUZA, Teófilo Miguel de. Eficiência do carneiro hidráulico para bombeamento de água. 8º Congresso de extensão universitária da UNESP, p. 1-4, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/142437>>. Acesso em: 27 jun. 2018.
11. RAPOSO, Milton Daniel Gonçalves; Tiago PINHEIRO, Alexandre Sequeira. Bombas de Calor Geotérmicas-Enquadramento e perspectiva, 2015. Disponível em: <[http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/2881/1/Milton%20Raposo\\_1010670%20-%20Bombas%20de%20Calor%20Geot%C3%A9rmicas%20%E2%80%93%20Enquadramento%20e%20Perspetivas.pdf](http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/2881/1/Milton%20Raposo_1010670%20-%20Bombas%20de%20Calor%20Geot%C3%A9rmicas%20%E2%80%93%20Enquadramento%20e%20Perspetivas.pdf)> Acesso em: 20 ago. 2018.
12. STUART, J. S. Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options. Applied energy, Elsevier, vol. 101(C), p. 341-348, janeiro 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912000542>>. Acesso em: 28 mai. 2018.
13. SOUZA, Ronilson di. Os sistemas de energia fotovoltaica. v.1. Disponível em: <<http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>> Acesso em: 8 jun. 2018.
14. Trillo L. and Angulo V. R., Guía de la Energía Geotérmica. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 2008.
15. VIEIRA, A.; MARANHA, J. (2009). Estudo de Modelação Numérica do Comportamento de Estruturas Termoactivas. In: Actas do 12º Congresso Nacional de Geotecnia, Lisboa. Disponível em: <<http://repositorio.lnec.pt:8080/jspui/handle/123456789/1003622>>. Acesso em: 28 mai. 2018..