



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

Levantamento de Impactos Ambientais na construção e operação de usinas Heliotérmicas

Wemerson Rocha Ferreira - wemerson.ferreira@meioambiente.mg.gov.br;
Wilson Pereira Barbosa Filho - wilson.filho@meioambiente.mg.gov.br;
Lívia Maria Leite da Silva - liviamaerialsilva@hotmail.com;
Abílio César Soares de Azevedo – abilio.azevedo@meioambiente.mg.gov.br
Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM)

RESUMO

As discussões sobre a perenidade das principais fontes convencionais de geração de energia elétrica, bem como a manutenção dos sistemas ambientais, têm atraído as atenções de diversos setores, sejam eles científicos, econômicos, políticos ou culturais. Há, ainda, as questões das mudanças climáticas e as alterações nos ciclos hidrológicos. No caso do Brasil, por exemplo, a geração de eletricidade desenvolveu-se fundamentalmente sobre a hidroeletricidade. Todavia, o país vem enfrentando dificuldades em seu cenário energético, devido às mudanças no regime pluviométrico e à escassez fluviométrica. Neste contexto, torna-se patente a inserção de novas tecnologias de geração, principalmente de origem renovável, na matriz elétrica brasileira, de modo a aumentar a confiabilidade e a segurança energética nacional. Desta forma, tendo como prerrogativa a geração Heliotérmica como parte de uma solução plausível, este trabalho tem como objetivo apresentar e comparar os principais impactos ambientais, que potencialmente podem ocorrer nas fases de implantação e operação deste tipo de empreendimento energético. A realização de tal avaliação ocorreu por meio de pesquisas bibliográficas e análises de casos de empreendimentos já em operação em diversos países. Os resultados gerados apresentam um conjunto de três listas de impactos: meio físico, meio biótico

e meio socioeconômico. Sobre cada conjunto é realizada uma avaliação quanto às influências positivas ou negativas dos impactos detectados.

Palavras-chave: Usinas Heliotérmicas; Matriz Energética; Impactos Ambientais.

1. INTRODUÇÃO

O potencial brasileiro de aproveitamento solar, aliado ao atual risco de escassez de energia elétrica, cuja matriz é baseada em grandes usinas hidrelétricas e termoelétricas, serve de grande motivação para que se busquem alternativas energéticas de cunho renovável.

Neste contexto, desponta a tecnologia Heliotérmica, ou CSP (do inglês, *Concentrated Solar Power*), que é uma forma de aproveitamento da energia solar para geração de energia elétrica. Este tipo de tecnologia utiliza superfícies refletoras que concentram a radiação solar em um receptor. Neste receptor circula um fluido de trabalho, geralmente óleo sintético ou sal fundido, que executa um ciclo termodinâmico, usualmente Rankine ou Brayton (DUNHAM & IVERSON, 2014), cujo objetivo é ativar de forma mecânica uma turbina, assim gerando energia elétrica. Diferentemente dos módulos solares fotovoltaicas, as Heliotérmicas utilizam somente a componente direta de radiação solar e produzem calor e energia somente em regiões com altos índices de radiação solar direta.

Todavia, usinas Heliotérmicas necessitam de grande extensão territorial para sua instalação e apresentam diversos impactos ambientais em todo o seu ciclo de vida, principalmente nas fases de instalação e operação, que são o foco deste artigo, caracterizando-se como seu objetivo a apresentação e análise de tais impactos.

2. MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho está apoiada na investigação de dados, realizada por meio de revisão bibliográfica e análise de casos de usinas instaladas e já em operação em diversos países. Esta análise permite a comparação entre as hipóteses formuladas no anteprojeto de tais usinas e as evidências verificadas na prática, bem como a classificação dos impactos ambientais como positivos ou negativos. Os impactos ambientais foram agrupados e categorizados em três grandes seções: impactos sobre o meio físico, impactos sobre o meio biótico e impactos sobre o meio socioeconômico.

3. CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL DE GERAÇÃO HELIOTÉRMICA

Centrais térmicas solares, ou Centrais Heliotérmicas, para produção de energia elétrica têm sido implantadas de forma comercial há vários anos em todo o mundo, com destaque para o Sul da Europa, Norte e Sul da África e Estados Unidos. Usando o abundante recurso solar como fonte primária de energia (renovável), as usinas Heliotérmicas, ou CSPs, têm produzido e entregado energia elétrica de qualidade e com certa confiabilidade sistêmica, atuando diretamente no controle de oferta/demanda dos sistemas elétricos.

3.1 Caracterização das usinas Heliotérmicas

As usinas Heliotérmicas são classificadas dentro do grupamento tecnológico de aproveitamento energético solar dos “coletores”. Um coletor solar é definido como um trocador de calor que capta a radiação solar e a transforma em energia térmica (KALOGIROU, 2009). Esta energia térmica pode ser utilizada diretamente nesta forma, como no aquecimento de água, ou convertida para geração de energia elétrica, como ocorre em uma usina ou planta CSP. Os coletores podem, ainda, ser classificados em concentradores e não-concentradores. Os não-concentradores possuem a mesma área de interceptação e absorção, sendo assim sua superfície é plana, como é o caso dos coletores solares para aquecimento de água. Já os concentradores possuem uma superfície curva para que se consiga focar os raios refletidos, afim de que sejam atingidas maiores temperaturas, e conseqüentemente gerar energia de melhor qualidade, como é o caso, em geral, dos coletores de uma CSP (TIAN; ZHAO, 2013).

Existem, atualmente, quatro tipos de tecnologias CSP, a saber:

- Cilindro (ou Canal) Parabólico;
- Refletor Linear Fresnel;
- Torre de Concentração Solar; e
- Disco *Stirling*, ou Disco Parabólico.

Estes quatro tipos de CSP diferem-se entre si em relação às estruturas físicas, o formato e dimensões dos espelhos, o movimentação em relação ao sol e, também, em relação à temperatura atingida pelo fluido de trabalho após o aquecimento.

3.2 Potencial de geração de usinas Heliotérmicas: Brasil e Minas Gerais

A Irradiância Direta Normal (do inglês, *Direct Normal Irradiance* - DNI) é a única componente da radiação solar passível de ser concentrada, constituindo-se, portanto, como a componente da radiação solar mais importante para a geração de energia Heliotérmica (IBICT, 2016). Trata-se, pois, da radiação recebida diretamente do sol por unidade de área (W/m^2), sendo medida em uma superfície perpendicular aos raios solares. Todavia, existe um limite mínimo de DNI para viabilizar, tecnicamente, a implantação de uma usina ou planta Heliotérmica. Assim sendo, conforme explicita Maranhão (2014), os valores de DNI abaixo de $1.600 \text{ kWh}/m^2/\text{ano}$ são considerados insuficientes para o funcionamento de uma usina Heliotérmica. Já para valores entre $1.600 \text{ kWh}/m^2/\text{ano}$ e $2.000 \text{ kWh}/m^2/\text{ano}$, a viabilidade de implantação de usinas Heliotérmicas depende do preço do equipamento e do preço da energia, pois esses valores de DNI ainda não são ideais para o funcionamento de centrais Heliotérmicas. Por fim, os valores ideais de DNI que viabilizam o funcionamento de empreendimentos heliotérmicos são aqueles acima de $2.000 \text{ kWh}/m^2/\text{ano}$ (MARANHÃO, 2014).

O Brasil apresenta um dos maiores índices de irradiação solar do mundo. A maior parte do território nacional encontra-se próxima à linha do Equador, não apresentando assim grandes variações de radiação solar ao longo do dia (BRASIL, 2008). Os valores anuais de radiação solar global incidente variam entre 1.550 e $2.400 \text{ kWh}/m^2/\text{ano}$ ao longo do território nacional e são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como, por exemplo, a Alemanha ($900 - 1.250 \text{ kWh}/m^2/\text{ano}$) e a França ($900 - 1.650 \text{ kWh}/m^2/\text{ano}$) (PEREIRA, et al., 2006). Já para Minas Gerais, aproximadamente metade do Estado possui radiação solar direta normal diária anual média entre $4,5$ e $6,5 \text{ kWh}/m^2/\text{dia}$ ($1.640-2.370 \text{ kWh}/m^2/\text{ano}$), revelando um potencial promissor de geração de energia solar Heliotérmica de grande porte (CEMIG, 2012). Em termos do desenvolvimento sustentável, para Minas Gerais, a região Noroeste, parte da Norte e Jequitinhonha, configuram como sendo as melhores regiões do Estado para implantação de usinas solares fotovoltaicas (BARBOSA, et al., 2014), o que também se observa para o caso de CSPs.

4. USINAS HELIOTÉRMICAS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

O uso da energia solar, em suas diversas formas de aproveitamento, apresenta-se no cenário energético mundial como uma importante alternativa às fontes convencionais de geração de energia elétrica (IEA, 2014), mormente quando relacionada às perspectivas da aceleração dos processos de mudanças climáticas iminentes e à necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa do setor energético. Todavia não se podem negligenciar os impactos ambientais, sejam positivos ou negativos, que estão atrelados a este tipo de aproveitamento energético, em todo o seu ciclo de vida. Como impacto ambiental este estudo toma como premissa o conceito oriundo da Resolução Conama Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, onde este é entendido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, sendo causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades antrópicas que, de forma direta ou indireta, afeta: a saúde, a segurança e o bem-estar da população e suas atividades sociais e econômicas, bem como a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986). Nas CSPs, os impactos são correlatos em grande parte àqueles provenientes de aproveitamentos solares fotovoltaicos de grande escala, estando estreitamente relacionados à sua localização, às características físico-climáticas do local de implantação e às características dos ecossistemas locais (BARBOSA, et al., 2015). É preciso, pois, avaliar tais impactos de forma ampla e sistematizada, de modo a minimizá-los ou atenuá-los. Todavia, este trabalho se ateve aos impactos causados nas fases de implantação e operação.

4.1 – Principais impactos sobre o meio físico

Em uma usina Heliotérmica, desde seu processo de construção até sua permanência, há diversos impactos no meio físico local, pois há modificações paisagísticas e muita movimentação de recursos humanos, maquinário, equipamentos e materiais que não compõem o meio onde o empreendimento será alocado. Os impactos mais expressivos no meio físico estão descritos a seguir.

4.1.1 – Ocupação de terreno

Um fator importante a ser considerado como impacto ambiental é a ocupação física de grandes porções de terra, visto que as usinas Heliotérmicas necessitam de uma área extensa e relativamente plana, muitas vezes é preciso

realizar terraplenagem e, remoção de componentes morfológicos e biológicos da região. As áreas mais adequadas para a instalação deste tipo de empreendimento de geração de energia são aquelas que apresentam altos índices de incidência de radiação solar durante o ano inteiro, geralmente apresentando baixa densidade de vegetação e características de clima árido ou semiárido (IBICT, 2015). Contudo, o tamanho e características do terreno variam de acordo com a tecnologia Heliotérmica utilizada (MARANHÃO, 2014).

4.1.2 – Riscos de contaminação do solo

De acordo com Nass (2002), “contaminação é a presença, num ambiente, de seres patogênicos, que provocam doenças, ou substâncias, em concentração nociva ao ser humano” (NASS, 2002). O óleo térmico, fluido de trabalho de algumas usinas Heliotérmicas, deve ser tratado com bastante cuidado, pois é inflamável e, caso tenha contato com o solo, pode ser nocivo ao meio-ambiente. Ainda que alguns tipos de óleo sejam biodegradáveis e facilmente removíveis em caso de vazamento, inspeções e manutenções preventivas e corretivas devem ser realizadas com frequência. Existe uma outra tecnologia que substitui os óleos térmicos por sal fundido, que não é tóxico e se solidifica quando exposto a temperatura ambiente. Assim, se houver algum vazamento, é possível coletar o sal com uma pá (IBICT, 2015). Há também armazenagem e manuseio de outros produtos químicos, como óleos e graxas, além de materiais de limpeza. Assim, com a geração destes passivos ambientais, há um risco de potencial contaminação do solo por vazamento ou acondicionamento inadequado e ineficiente destes materiais.

4.1.3 – Geração de poeiras/gases e alterações na qualidade do ar

Com relação à etapa de construção do empreendimento, a circulação de veículos e o manuseio de máquinas e equipamentos na área do canteiro, além da deposição de materiais diversos e o manejo de materiais terrosos, podem causar, durante o andamento das obras, o lançamento de poeiras fugitivas (material particulado) e gases na atmosfera, alterando assim o padrão da qualidade do ar local. As poeiras podem depositar-se sobre áreas de vegetação e/ou em cursos d’água, causando alterações na paisagem e nos ciclos de suprimento da fauna e da população locais. Contudo, ao tratar-se da fase de operação, comparando-se esta modalidade de geração com as tradicionais, têm-se posições bastante otimistas sobre a implantação mundial de usinas Heliotérmicas. O relatório da Agência

Internacional de Energia – AIE (*International Energy Agency - IEA*) intitulado “*Technology Roadmap – Solar thermal electricity*”, edição de 2014, prevê que a participação da geração Heliotérmica na produção de energia no mundo chegará a 11% (4.380 TWh) até 2050, com capacidade instalada de cerca de 982 GW (CASTRO, 2015), poupando assim 2,1 gigatoneladas (Gt) de CO₂ anualmente (IEA, 2014). De acordo com o mesmo relatório da AIE, a tecnologia Heliotérmica pode ser fundamental para a mitigação das mudanças climáticas (IEA, 2014).

4.1.4 – Consumo de água

Na helioterma, água é utilizada para gerar vapor, limpar os espelhos e refrigerar a usina. Porém, em áreas favoráveis às usinas Heliotérmicas, a água muitas vezes é escassa. Por isso, pesquisadores já estudam novas formas de aproveitamento mais eficiente desse recurso. Para realizar a limpeza dos espelhos, minimizando o volume da água demandada, pode-se, por exemplo, utilizar-se de robôs ou equipamentos de precisão. Para a refrigeração do ciclo água/vapor, onde ocorre o maior consumo de água, podem ser utilizadas torres de resfriamento secas (condensadores a ar), reduzindo o consumo hídrico em mais de 90%; no entanto, essa tecnologia é mais cara e reduz a eficiência da usina (MARANHÃO, 2014).

4.2 – Principais impactos sobre o meio biótico

Os processos biológicos são dinâmicos, e alterações causadas tanto pelas ações antrópicas quanto as de caráter natural ocorrem de maneira contínua, considerando-se a interdependência entre o bem-estar humano e o ambiente ecologicamente equilibrado. Contudo, a construção de uma usina Heliotérmica pode provocar impactos consideráveis nos ecossistemas locais, modificando os ciclos de desenvolvimento da fauna e da flora local, tanto durante a fase de construção quanto durante a permanência do empreendimento ou sua exploração. Os impactos mais expressivos no meio biótico estão descritos a seguir.

4.2.1 – Perda de cobertura vegetal original

Diversos autores ressaltam a importância da vegetação na proteção do solo, principalmente contra a erosão, e que o desmatamento pode promover o surgimento de áreas de risco e movimentação do solo por escorregamentos (GUIDICINI e NIEBLE, 1983). A cobertura vegetal reduz a energia potencial das gotas de chuva, reduzindo sua capacidade de remoção de partículas do solo. Quanto mais densa a

cobertura vegetal, menor a vulnerabilidade e maior a estabilidade proporcionada ao solo (CREPANI, et al., 2001). Posto isto, observa-se que a remoção da vegetação e destocamento, constituintes da cobertura vegetal natural do solo pode causar impactos consideráveis (TURNEY e FTHENAKIS, 2011) na área de implantação de uma usina CSP. Deve-se, portanto, realizar um monitoramento e controle adequados, de modo a controlar os riscos de concretização ou agravamento de outros impactos provenientes da perda da cobertura vegetal local.

4.2.2 – Diminuição de potencial ecológico (atributos ambientais e biodiversidade)

Em geral, as intervenções humanas (antrópicas) podem levar a um empobrecimento da estrutura ecológica e da diversidade da flora e da fauna locais (LIDDLE e SCORGIE, 1980). Tais ações também alteram o habitat de diversas espécies animais, chegando a ocasionar o desaparecimento de alguns grupos mais sensíveis, devido à suas peculiaridades, o que se agrava quanto menor o porte da espécie, como é o caso dos mamíferos (VAN ROOY e STUMPEL, 1995). A diminuição da área de habitat favorável ao desenvolvimento e sustentação de determinadas espécies pode levar a uma menor abundância regional destas, uma vez que esta redução inevitavelmente leva a certa diminuição da aptidão, o que significa menores taxas de continuidade (sobrevivência e reprodução). Uma área menor de habitat de boa qualidade acarreta em menores populações, podendo ocasionar eventuais excedentes populacionais migrantes para outras áreas, onde passam a competir com as populações nativas ou residentes. Pode ocorrer, ainda, a migração para áreas de má qualidade. Além do mais, devido às reduções de atributos ambientais, como os padrões definidos de elos tróficos, pode ocorrer fuga de determinadas espécies ou ainda superpopulação de outras, invadindo as áreas circunvizinhas ao empreendimento em busca de alimento.

4.2.3 – Acidentes e mortandade de animais

Um impacto identificado especificamente em usinas de torre solar é a mortandade de aves por queimaduras ou chamuscamento de suas penas. Conforme observado em instalações espalhadas pelo mundo, muitas aves não desviam o curso de voo ao se depararem com usinas Heliotérmicas de torre central. Desta forma, há a possibilidade de ocorrerem queimaduras e chamuscamento de suas penas ao passar por regiões onde a concentração solar é elevada, impossibilitando o voo. Todavia, já há estudos sobre este comportamento, bem como trabalhos e

projetos para o desenvolvimento de ferramentas para afugentar as aves dessas regiões. Dentre as possibilidades já levantadas estão: a emissão de sinais acústicos, que imitam os sons dos predadores naturais dessas aves, bem como mecanismos de emissão de odores e utilização de luzes LED para afastar as aves. Contudo, há que se comparar que em muitos ambientes alterados pela urbanização humana há índices anuais consideráveis de óbitos de diversas espécies de aves: edifícios (980 milhões de aves); trens/rodovias/estradas (340 milhões de aves); torres de comunicação (6,8 milhões de aves); e gatos de estimação (1.400 a 3.700 milhões de aves) (IBICT, 2015). Já para o caso das CSPs de torre solar o Relatório Anual do Plano de Monitoramento de Aves e Morcegos, realizado pela *HT Harvey and Associates*, demonstra cenários de centenas de aves mortas, e não de dezenas de milhares, uma realidade bem menos impactante que os exemplos citados anteriormente (HTHA, 2015).

4.3 – Principais impactos sobre o meio socioeconômico

A inserção de uma usina CSP, em determinada localidade, traz consigo uma série de impactos ambientais sobre o meio socioeconômico, sendo alguns positivos e outros negativos, podendo abranger apenas o entorno do local do empreendimento ou mesmos regiões maiores, desde o processo de implantação até sua efetiva operação comercial. Os impactos mais expressivos no meio socioeconômico estão descritos a seguir.

4.3.1 – Geração de emprego e renda

Neste tipo de empreendimento é importante buscar contratação de mão-de-obra local ou regional, possibilitando melhorias na qualidade de vida das comunidades próximas e nas populações da região, da mesma forma que ocorre com empreendimentos fotovoltaicos (GEOCONSULT, 2012). Esta melhoria é tanto financeira/material quanto emocional. Mesmo no caso de mão-de-obra especializada, recomenda-se privilegiar os recursos quanto mais próximos da região do empreendimento. Estes impactos são positivos sobre o meio socioeconômico (BARBOSA, 2015). A contratação de recursos humanos locais, ainda que em caráter temporário, resultará em pagamento de numerários, tendo como consequência natural o maior incremento do poder aquisitivo dos trabalhadores envolvidos e suas famílias.

4.3.2 – Aproveitamento de fonte de energia renovável e melhoria na oferta de energia elétrica

Conforme identificado no Mapa Solarimétrico de Minas Gerais (CEMIG, 2012), a DNI média para o Estado e o número de horas de brilho solar efetivo entre 5,0 e 9,5 horas ao longo do ano, favorecem a implantação de usinas CSP, ocorrendo o aproveitamento deste potencial de uma fonte limpa e gratuita, disponível na natureza, extraído-se de sua análise de viabilidade econômico-financeira os custos de obtenção de combustível (BARBOSA, 2015). A operação de uma usina CSP pode resultar em um incremento da oferta de energia elétrica local e regional (ABINEE, 2012), uma vez que, por se tratar de uma produção de energia por meio de fonte renovável, representa considerável importância para suprir o setor energético durante os períodos de baixa capacidade de produção das usinas hidroelétricas. A produção anual real de uma planta de energia solar pode sempre variar devido à variação natural da luz do sol, de nuvens ou do vento. Portanto, não se deve analisar o desempenho de uma CSP durante um único ano, mês ou semana (IBICT, 2015). Uma vantagem considerável da geração Heliotérmica com relação a outras fontes renováveis está na sua capacidade de armazenamento, relativamente mais barata do que outros tipos de armazenamento, como o eletroquímico, por exemplo.

4.3.3 – Aumento da segurança e confiabilidade no setor energético da região

Para garantir a confiabilidade e segurança de uma usina CSP, da mesma forma que em usinas fotovoltaicas, faz-se necessária a aplicação de medidas específicas de proteção de modo a manter a integridade das pessoas, dos equipamentos relacionados ao sistema e do próprio sistema local. Assim, para Santos (2011), além da melhoria da eficiência, a confiabilidade dos sistemas deve ser assegurada (SANTOS, 2011). Esta confiabilidade pode ser galgada à partir dos objetivos estabelecidos pelo PROINFA, que expressam que uma forma de garantir e aumentar a confiabilidade e a segurança no abastecimento de energia elétrica de qualidade está na diversificação da matriz energética. Esta constatação, apresentada por Costa e Prates (2005), reflete o pensamento de que a confiabilidade dos sistemas de geração de eletricidade atuais no Brasil, mantida através do estoque estratégico de energia sob a forma de água reservada, está fragilizada (COSTA e PRATES, 2005). Além disso, a flexibilidade das usinas Heliotérmicas aumentaria a segurança energética e, pelo uso de turbinas a vapor,

poderia prover serviços auxiliares necessários para o fornecimento de energia de maneira tão estável como os sistemas convencionais atuais.

5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A análise dos impactos ambientais nas etapas de instalação e operação de usinas CSP mostrou-se favorável, com maior concentração de impactos positivos sobre os negativos. Os impactos socioeconômicos sobressaíram-se, sendo predominantemente positivos. Contudo, o foco principal das discussões deste estudo está no impacto sobre as aves (meio biótico) e sobre o uso do solo e da água (meio físico), configurados como gargalo e potencialidade de desenvolvimento deste modelo de sistema de geração de energia elétrica. O presente artigo serve, pois, como um instrumento impulsionador das tecnologias solares Heliotérmicas para geração de energia elétrica, discutindo a adoção propícia deste modelo dentro dos aspectos de desenvolvimento sustentável e em um contexto de inserção de energias renováveis na matriz elétrica brasileira, de modo a diversificar as fontes de geração e auxiliar na garantia de maior segurança energética.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. *“Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira.”* Site da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. LCA Consultores & PSR Soluções e Consultoria em Energia. junho de 2012. <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf> (acesso em 27 de maio de 2015).
- BARBOSA, W. P. F.; AZEVEDO, A. C. S. de; COSTA, A. L.; PINHEIRO, R. B.. *“Estudo para penetração de investimentos em Energia Solar Fotovoltaica no Estado de Minas Gerais.”* In: *Energia e Direito*, por Maraluce M. (Org.) CUSTÓDIO. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2015.
- . *O Uso da Análise Hierárquica como Auxílio na Tomada de Decisão de Políticas Públicas em Energia Solar Considerando Aspectos de Sustentabilidade.* Florianópolis, 2014.
- BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica. *“Atlas de energia elétrica do Brasil”*. Ed. 3ª. Brasília: ANEEL, 2008.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. *“RESOLUÇÃO CONAMA nº 001”*. Brasília: DOU - Diário Oficial da União, 1986.
- CASTRO, G. M. *“Avaliação do valor da energia proveniente de usinas Heliotérmicas com armazenamento no âmbito do sistema interligado nacional”*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2015.
- CEMIG, Companhia Energética de Minas Gerais. *“Atlas Solarimétrico de Minas Gerais”*. Belo Horizonte: CEMIG, 2012.
- COSTA, R. C. da; PRATES, C. P. T. *“O Papel das Fontes Renováveis de Energia no Desenvolvimento do Setor Energético.”* BNDES Setorial, n. 21 (março 2005).

- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. “*Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial*”. São José dos Campos: INPE, 2001.
- DUNHAM, M. T.; IVERSON, B. D. “*High-efficiency thermodynamic power cycles for concentrated solar power systems.*” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30 (fevereiro 2014): 758–770.
- GEOCONSULT, Consultoria, Geologia e Meio Ambiente Ltda. “*Relatório de Impacto Ambiental - RIMA - Central Geradora Solar Fotovoltaica Tauá.*” Fortaleza, 2012.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. “*Estabilidade de taludes naturais e de escavação*”. São Paulo: Editora Blücher, 1983.
- HTHA, H.T. Harvey & Associates. “*Ivanpah Solar Electric Generating System Avian & Bat Monitoring Plan - 2013-2014 Annual Report (Revised)*”. Fresno: California Energy Commission, 2015.
- IBICT, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. “*Análise do artigo publicado pelo Wall Street Journal*”. 28 de julho de 2015. <http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/noticias/473-analise-do-artigo-publicado-pelo-wall-street-journal> (acesso em 02 de maio de 2016).
- . “*Glossário – DNI*”. 2016. <http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/glossario/dni> (acesso em 09 de maio de 2016).
- IEA, International Energy Agency. “*Technology Roadmap - Solar Thermal Electricity*”. Paris: IEA, 2014.
- KALOGIROU, S. “*Solar energy engineering: processes and systems*”. Academic Press, 2009.
- LIDDLE, M. J.; SCORGIE, R. A. “*The effects of recreation on freshwater plants and animals: A review.*” *Journal Biological Conservation*, 1980.
- MARANHÃO, I. M. “*Estudo sobre a tecnologia Heliotérmica e sua viabilidade no Brasil*”. Brasília: UnB/FGA, 2014.
- NASS, D. P. “*O Conceito de Poluição*”. 2002.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. de; RÜTHER, R. “*Atlas brasileiro de energia solar*”. São José dos Campos: INPE, 2006.
- SANTOS, S. R. “*Segurança e confiabilidade em sistemas fotovoltaicos .*” Portal O Setor Elétrico. 11 de 2011. <http://www.osetoletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/757-seguranca-e-confiabilidade-em-sistemas-fotovoltaicos.html> (acesso em 19 de 03 de 2015).
- TIAN, Y.; ZHAO, C. Y. “*A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications*”. *Applied Energy*, v. 104, (abril 2013): 538–553.
- TURNERY, D.; FTHENAKIS, V. “*Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants.*” *Journal Elsevier*, agosto de 2011, 6 ed.: 3261–3270.
- VAN ROOY, P. T. J. C.; STUMPEL, A. H. P. “*Ecological impact of economic development on sardinian herpetofauna.*” *Journal Conservation Biology*, 1995.