

CRISE HÍDRICA E SEGURANÇA ENERGÉTICA: VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICO E EÓLICO COMO ALTERNATIVAS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA POR HIDROELÉTRICAS E TERMOELÉTRICAS NO BRASIL

Anderson Nunes de Carvalho Vieira¹

Alvori Ahlert¹

João Paulo Muzika Hansen¹

Michele Carla Roco Piffer¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná

DOI: 10.47168/rbe.v29i3.794

RESUMO

A presente pesquisa buscou responder a seguinte problemática: quais as vantagens e desvantagens dos sistemas fotovoltaico e eólico como alternativas para a geração de energia elétrica por meio de hidroelétricas e termoeletricas, no Brasil, considerando as questões da recente crise hídrica? Como objetivo, buscou-se descrever as principais vantagens e desvantagens da geração de energia elétrica por meio desses sistemas, tanto pelo aspecto da produção quanto pela sustentabilidade ambiental, verificando se existe viabilidade dessas alternativas em comparação aos sistemas convencionais, para a geração de energia elétrica no país. O método utilizado possui abordagem qualitativa de caráter descrito com revisão bibliográfica e uso de dados secundários de fontes oficiais de pesquisa. A relevância da pesquisa está no sentido de alertar para o contexto e fatores que levaram o país a uma dependência da geração de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas e termelétricas. As conclusões sugerem que o Brasil está no caminho certo na diversificação da matriz energética e que os sistemas fotovoltaico e eólico possuem vantagens ambientais e desvantagens produtivas se compactados com os sistemas convencionais.

Palavras-chave: Crise hídrica; Energia; Bioética; Sustentabilidade.

ABSTRACT

This research sought to answer the following problem: what are the advantages and disadvantages of photovoltaic and wind systems as alternatives for the generation of electricity through hydroelectric and thermoelectric plants, in Brazil, considering the issues of the current

water crisis? As the objective, we intend to describe the main advantages and disadvantages of producing electricity through these systems, both in terms of energy production and environmental sustainability, verifying whether these alternatives are viable in comparison to conventional systems for electricity generation in the country. The method used has a qualitative approach described as bibliographic review and use of secondary data from official research sources. The relevance of the research is in the sense of alerting to the context and factors that led the country to a dependence on the generation of electricity through hydroelectric and thermoelectric plants. The conclusions suggest that Brazil is on the right path in the diversification of the energy matrix and that the photovoltaic and wind systems have environmental advantages and production disadvantages if compacted with conventional systems.

Keywords: Water crisis; Energy; Bioethics; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

De toda a água presente no planeta, aproximadamente 97% está na forma salgada (mares e oceanos), 2,2% está em forma de gelo (geleiras e *icebergs* nos polos Norte e Sul), 0,6% está na camada subterrânea dos solos, 0,1% na atmosfera, na forma de umidade e concentrada nas nuvens, e os 0,1% restantes depositadas em rios e lagos na superfície do planeta. O Brasil detém aproximadamente 12% de todas as reservas de água doce do planeta (subterrânea e superfície), sendo que 80% encontram-se somente na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas e os 20% restantes estão distribuídas nas demais partes do território nacional. O país se destaca mundialmente por sua enorme capacidade hídrica e fluvial, o que lhe confere também uma grande vantagem em relação as demais nações no que tange a geração hidroelétrica (EMBRAPA, 2017).

O ano de 2021 foi marcado por uma enorme escassez de chuvas, em especial na Região Sul, onde a seca prejudicou diversas atividades rurais. O setor agropecuário, industrial e a sociedade como um todo tiveram que adequar seus hábitos de consumo em virtude da necessidade de racionamento de água (INPE, 2022). O cumprimento das metas da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) pode ser considerado um dos principais objetivos a ser alcançado, no que tange à sustentabilidade, por uma nação que almeja no presente e para as futuras gerações a geração limpa de energia elétrica. Tal cumprimento está atrelado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que possui em seu sétimo objetivo a segurança e o acesso de todos a uma energia confiável, sustentável, moderna e a preço acessível.

A geração de eletricidade também foi afetada pela crise hídrica

de 2021. Em 2016 a Usina de Itaipu obteve um nível de geração de 103.098 GWh. Em 2021 foram gerados apenas 66.369 GWh, justamente em decorrência da escassez de chuvas que assolou boa parte da região (ITAIPU, 2022). Este resultado desperta para uma problemática referente à capacidade de geração de energia elétrica no que tange eventuais problemas futuros relacionados a escassez hídrica. A crise recente ligou um sinal de alerta no que se refere à geração de eletricidade no Brasil, muito por conta da dependência das usinas hidrelétricas.

Desta forma, a presente pesquisa buscou responder a seguinte questão: quais as vantagens e desvantagens dos sistemas fotovoltaico e eólico como alternativas para a geração de energia elétrica por hidroelétricas e termoeletricas, no Brasil, considerando crises hídricas? Como objetivo, buscou-se descrever as principais vantagens e desvantagens da geração de energia elétrica por meio desses sistemas, tanto pelo aspecto da produção quanto da sustentabilidade ambiental, verificando se existe viabilidade dessas alternativas em comparação aos sistemas convencionais.

Esta pesquisa se torna relevante por alertar para o contexto e fatores que levaram o país a uma dependência da geração de energia elétrica por usinas hidrelétricas e termelétricas. Também é importante pela reflexão que se faz no sentido de identificar quais poderiam ser as possíveis fontes complementares e/ou alternativas de geração que podem propiciar uma geração mais limpa e sustentável para o país.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Crise hídrica

Desde o começo do processo de industrialização são lançadas anualmente bilhões de toneladas de gases geradores do efeito estufa na atmosfera. Como consequência, o aquecimento da Terra vem crescendo lentamente, alcançando um estágio perigoso, segundo alertas do Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas. O tema aquecimento global ainda é rejeitado por muitos, especialmente por representantes de grandes corporações, ou grupos econômicos, que visam a qualquer custo defender seus interesses. No entanto, a comunidade científica sugere uma mudança urgente de comportamento, a fim de que seja possível reduzir a emissão de gases poluentes no menor tempo possível (BOFF, 2012).

Entre os anos de 2001 e 2002 o Brasil atravessou uma de suas maiores crises no setor elétrico, o que ficou conhecido como “crise do apagão”. De acordo com Sauer (2002), a crise foi motivada por dois grandes fatores: 1) a redução dos níveis de água nos reservatórios na Região Sudeste (que correspondia a 68% da capacidade de armazena-

mento de água do país) e; 2) os problemas relacionados a falta de implantação de novas usinas para suprir a demanda crescente de eletricidade.

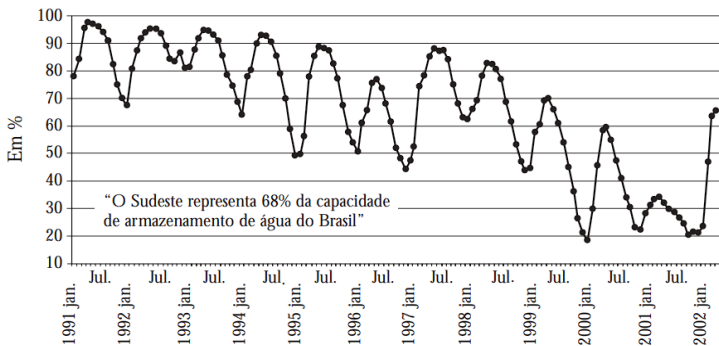


Figura 1 - Nível dos reservatórios das hidrelétricas da Região Sudeste (1991 – 2002)

Pela Figura 1 (SAUER, 2002) é possível observar que o nível médio dos reservatórios da Região Sudeste já vinha apresentando um certo declínio ao longo do tempo, o qual intensificou-se em 2002. Para Sauer (2002), este fato já seria o suficiente para o governo ter adotado medidas paliativas para contornar a escassez hídrica e pensar em soluções alternativas à geração de eletricidade por hidroelétricas. Porém, a crise levou ao racionamento de energia elétrica, com o intuito de economizar 20% de energia em todo o território nacional. Sobre a capacidade instalada das hidroelétricas brasileiras no período, Goldemberg e Prado (2003) discorrem:

A explicação elaborada pela comissão nomeada pelo governo mostrou claramente que o racionamento não teria acontecido caso as obras identificadas nos planos decenais da Eletrobrás tivessem sido executadas e as obras programadas não estivessem atrasadas. Ficou evidente que o principal fator, responsável por quase 2/3 do racionamento, estava ligado à não implementação de novas usinas. O cumprimento das diretrizes do Plano Decenal permitiria o armazenamento em maio de 2001 de 73% no sistema Sudeste-Nordeste, suficiente para evitar o racionamento (GOLDEMBERG e PRADO, 2003, p. 231).

Conforme os autores, a crise energética poderia ter sido evitada caso o governo brasileiro tivesse adotado, à época, medidas de ampliação do número de hidrelétricas ou investisse em alternativas para a geração de eletricidade no país. Ainda segundo os autores:

Para o setor elétrico, o governo legou uma situação comprometedora e caótica, com a grande maioria das empresas bastante endividadas e dependentes do dinheiro público para não irem à bancarrota. O insucesso da política do governo FHC para o setor elétrico deve-se não apenas à falta de recursos externos ou às resistências políticas encontradas no próprio governo, mas, e principalmente, às falhas de gerenciamento estratégico, coordenação e planejamento do sistema elétrico, induzidas pela adoção de uma reforma calcada em experiências de outros países e inadequada às características brasileiras e ao nosso sistema predominantemente hidrelétrico (GOLDEMBERG e PRADO, 2003, p. 233).

De acordo com dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2022), o país vem atravessando novamente uma crise hídrica desde 2018. Com isso, os níveis dos reservatórios das hidrelétricas estão sendo reduzidos em todo o país.

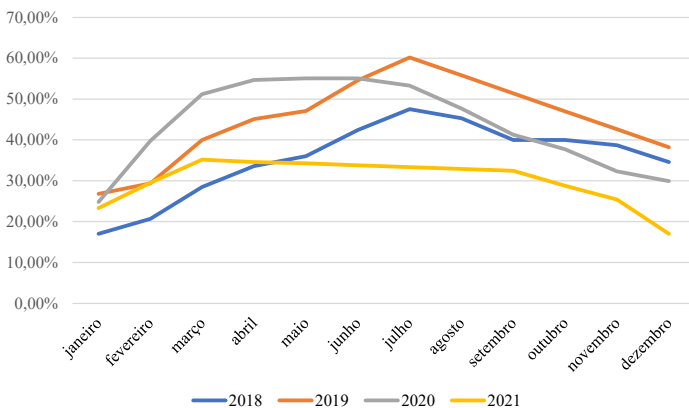


Figura 2 - Nível dos reservatórios das hidrelétricas nacionais de 2018 a 2021

De acordo com a Figura 2 (elaborado pelos autores com dados do ONS, 2022), de 2018 a 2021 o pico do nível dos reservatórios foi de

60,2% em julho de 2019, enquanto o mínimo registrado foi de 17% em dezembro de 2021. Se nenhuma atitude for tomada no sentido de estimular alternativas de geração de energia elétrica, o Brasil poderá experimentar uma crise energética mais severa do que a vivenciada no período do apagão. A desintegração ecológica estrutural é um dos principais motivos da crise hídrica vivenciada pela sociedade em 2021, conforme menciona Faria (2021):

Talvez o que mais exponha a predação dos bens naturais no Brasil seja o uso dos solos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a área total de solos degradados no País é de aproximadamente 140 milhões de hectares, e destes 140 a área de pastagens degradadas, apontada pela Universidade Federal de Goiás (UFGO), é de 90 milhões de hectares - respectivamente 16,5% e 10,56% do território nacional. Solos degradados e mal uso do solo implicam menor infiltração quando chove e carreamento de sedimentos para córregos e rios, impactando a “produção” de água subterrânea e superficial. Estudo de 2018 mostrou que o Paraná, estado que, assim como São Paulo, tem a maior parte de seu território na bacia do rio Paraná, perde por ano cerca de US\$ 242 milhões em nutrientes que são levados pela erosão nas lavouras temporárias, um dado que dimensiona os problemas ambientais e econômicos resultantes do atual modelo de uso da terra no Brasil (FARIA, 2021, p. 3).

É nesse sentido que Vecchia (2010, p. 32) salienta que “os caminhos que levaram as civilizações ao fracasso ou à ascensão e ao declínio estiveram vinculados às mudanças climáticas, majoritariamente provocadas por ações humanas de devastação florestal (...)”. A partir deste ponto de vista é possível verificar a real dimensão da necessidade de mudança nos hábitos de consumo em prol da preservação do planeta, com o intuito de mitigar os riscos de possíveis catástrofes ambientais.

2.2 Formas convencionais de geração de energia elétrica

Definir energia não é uma tarefa fácil, devido seu amplo contexto e possíveis aplicações. Conforme Vecchia (2010, p. 01) “energia é base da vida. Sem ela não haveria nenhuma forma de sobrevivência”. Para este autor, todos os seres vivos necessitam de fontes energéticas para nascer, reproduzir e sobreviver. Assim, tanto a energia advinda do Sol quanto a sintetizada nas mitocôndrias no interior das

células são fundamentais para a existência e continuidade da vida para diversos seres vivos no planeta. Porém, Atkins e Jones (2012) definem energia como sendo a capacidade que um corpo possui em realizar trabalho.

Já a energia elétrica possibilita a existência de equipamentos eletroeletrônicos e máquinas que facilitam o cotidiano, contribuindo para o desenvolvimento de importantes setores econômicos e sociais. A tecnologia está cada vez mais presente nas ações e interações humanas, favorecendo o acesso a diversos recursos tecnológicos e concomitantemente a mais energia, promovendo mais pressão sobre as formas convencionais de geração de energia elétrica. Segundo Holanda et al. (2015), até 2050 seria necessário aumentar três vezes a produção de energia elétrica em todo o mundo. Para o autor, considerando uma média de crescimento econômico em torno de 3,6 a 4% a.a., o aumento do consumo médio de energia elétrica ultrapassaria facilmente os 3,1% a.a.

De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021), 73% da energia elétrica produzida em todo mundo provém de fontes não renováveis, em especial carvão mineral e gás natural. Entretanto, 27% advêm de fontes renováveis como a hidráulica e a biomassa, conforme pode ser visualizado na Figura 3 (EPE, 2021).

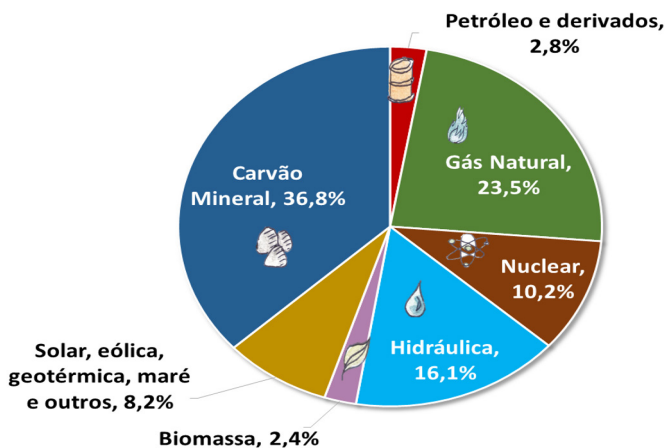


Figura 3 - Distribuição da matriz elétrica mundial em 2019

Já o Brasil está na contramão da geração de energia elétrica mundial. No Brasil, 83% da geração de energia elétrica é de origem renovável, destaque para as hidrelétricas que correspondem por mais

de 56% desse total. As fontes de energia não renováveis totalizam 17%, em que predominam as termelétricas a gás natural, carvão e derivados de petróleo (EPE, 2021). Na Figura 4 (EPE, 2021) é possível observar este cenário:

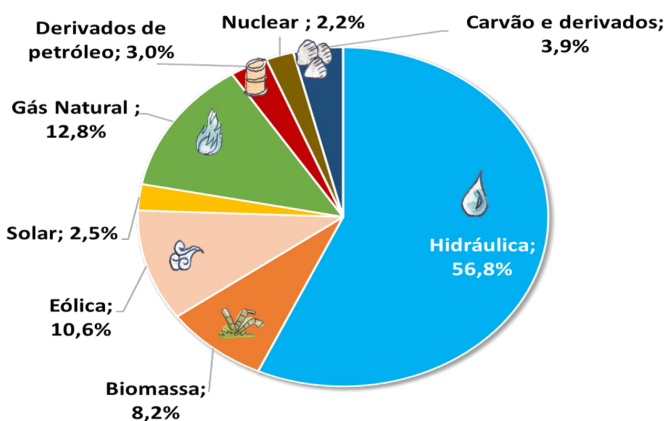


Figura 4 - Distribuição da matriz elétrica brasileira em 2019

Diante da demanda por energia e da necessidade de reduzir as emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE), é imprescindível que a sociedade repense sua forma de consumir, fomentando um consumo voltado para a sensibilização e conscientização da preservação ambiental. Por isso, Boff (2012, p. 16) discorre que “nosso grande propósito se resume a criar um modo sustentável de vida”, pautado em uma mudança de paradigmas, a começar pela forma de consumo e geração de energia elétrica.

2.2.1 Geração de energia elétrica por hidroeletricidade

Atualmente, o Brasil possui duas usinas hidrelétricas que figuram entre as maiores do mundo: Itaipu Binacional, na cidade de Foz do Iguaçu, no Paraná, e Belo Monte, na cidade de Altamira, no Pará. De acordo com o MME (2021), a maior usina hidrelétrica do mundo é a usina de Três Gargantas, na China, que tem capacidade de gerar 22.500 MW, seguida pela usina de Itaipu (usina binacional, resultante da parceria de Brasil e Paraguai) com capacidade de geração de 14.000 MW. Em terceiro lugar está a usina de Xiluodu, na China, com capacidade de 13.860 MW, depois a usina de Belo Monte, com capacidade total de 11.233 MW, e na quinta posição a usina hidrelétrica de Guri, na Venezu-

ela, com 10.200 MW.

No contexto da produção de energia elétrica no Brasil, a geração hidráulica tem papel de destaque. Apesar dos riscos decorrentes da escassez das chuvas, o Brasil ainda detém enorme capacidade a ser utilizada na implantação de novas hidrelétricas. Conforme consta no PNE, a região Amazônica possui a maior parte do potencial hidrelétrico inventariado e não explorado. Porém, essa região do país é mais sensível no que diz respeito às questões socioambientais e, nesse sentido, se torna um grande desafio para o setor, uma vez que grande parte dessas áreas se situam em zonas legalmente protegidas (MME, 2020).

De acordo com números da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022), o país possui 1.383 usinas hidrelétricas em operação que têm 108 mil MW de capacidade, sendo: 219 usinas de grande porte (UHEs); 425 Pequenas Centrais Elétricas (PCHs) e 739 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs)¹. O Governo Federal planeja a construção de 718 empreendimentos hidrelétricos (UHEs, PCHs e CGH's), aumentando 44% a capacidade atual até 2050. Tais empreendimentos, seriam construídos nas três maiores bacias hidrográficas do Brasil (Amazônica, Paraná e São Francisco), que juntas correspondem por 72% do território nacional e compreendem 80% de todo o volume de água fluvial do país. Na Figura 5 (ITAIPU BINACIONAL, 2022), é possível observar a evolução produtiva da usina de Itaipu, de 2014 a 2021.

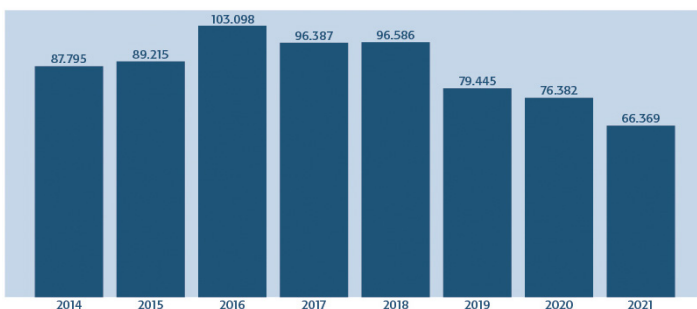


Figura 5 - Produção anual de energia elétrica (GWh) da usina Itaipu Binacional, de 2014 a 2021

¹ Pequena Central Hidrelétrica (PCH): são aqueles empreendimentos destinados a autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio. Centrais Geradoras Hidrelétricas com Capacidade Reduzida (CGH): são os aproveitamentos hidrelétricos com potência igual ou inferior a 3.000 kW (ANEEL, 2022). Usina Hidrelétrica de Energia (UHE): são as demais, de potencial hidráulico de potência superior a 30.000 kW, em regime de produção independente ou autoprodução.

Apesar de a usina de Itaipu ter entrado em operação em 1984, é somente em 2016 que ela consegue alcançar seu maior nível de produção, com uma geração total de 103.098 GWh. Entretanto, após esse grande feito, a usina vem amargando sua maior recessão produtiva, recessão essa motivada pela escassez hídrica na Região Sul do país (ITAIPU, 2022). Para Abbud e Tancredi (2010), mesmo com as incertezas quanto ao futuro climático do planeta, as usinas hidrelétricas representam segurança na disponibilidade de energia elétrica em caráter permanente. Para os autores, esse modelo possui considerável capacidade de regularização plurianual do sistema hidrelétrico: “Essa regularização decorre do fato de que o conjunto dos reservatórios das hidrelétricas de todo o país pode armazenar água nos períodos chuvosos para gerar energia elétrica nos períodos secos, isso, inclusive, de um ano para o outro (ABBUD; TANCREDI, 2010, p. 6).

Nesse cenário, a produção de energia pelas usinas hidrelétricas representou aproximadamente dois terços de toda capacidade instalada até meados do ano de 2019. Para Caus e Michels (2014), o Brasil é um país privilegiado por seu imenso potencial hidrelétrico, situação que definiu as ações governamentais que nortearam ao longo dos anos a construção de grandes usinas hidrelétricas com o intuito de minimizar os custos de produção de energia elétrica. Outro ponto que merece reflexão, consiste na vulnerabilidade da geração hidrelétrica por efeito das mudanças climáticas, conforme é apresentado no Plano Nacional de Energia (PNE) 2050 do Ministério de Minas e Energia (MME):

[...] a grande incerteza que traz ao planejamento da expansão hidrelétrica, é a influência das mudanças climáticas nos regimes hidrológicos e a vulnerabilidade do sistema frente às possíveis alterações de vazão. A variabilidade das vazões naturais indutoras tem impacto sobre a geração de energia, principalmente hidrelétrica. Estudos disponíveis até o momento apontam possível redução na precipitação de algumas regiões, o que pode trazer efeitos negativos para a geração do parque instalado e para a viabilidade econômica das usinas (MME, 2020, p. 81).

Os reservatórios das usinas hidrelétricas funcionam como uma grande bateria de armazenamento de energia. De forma análoga à bateria de um veículo, ela deve ser recarregada com frequência e na mesma proporção de seu consumo, e quando isso não acontece o sistema entra em desequilíbrio. Um dos maiores motivos que causam o desequilíbrio no sistema hidroelétrico é a escassez de chuvas, que afeta o nível dos reservatórios, impactando na vazão de água necessária para acionar as turbinas das usinas e, conseqüentemente, impactando negativamente na oferta de energia por meio da hidroeletricidade. Por isso, a escassez hídrica é um problema que prejudica tanto o meio am-

biente quanto a segurança energética de uma nação (CARVALHO; MACHADO, 2016).

A implantação de usinas com reservatório por represamento de rios e lagos é tema que divide opiniões entre especialistas no assunto. Um dos pontos de divergência está na grande extensão de áreas inundadas e na construção de barragens que afetam drasticamente a biodiversidade local e a vida de povos ribeirinhos. Um dos problemas enfrentados pelas comunidades que residem às margens destes rios é o valor proposto a título de indenização, tema que gerou nas décadas de 1970 e 1980 inúmeros conflitos entre as famílias prejudicadas pela construção das barragens e o governo (VAINER; VIEIRA, 2010). O prejuízo causado às comunidades ribeirinhas vai além da questão financeira, "(...) precisam ser considerados os fatores culturais e sociais da região afetada, pois é relevante a perda de sua identidade social, como a integração comunitária, a perda da cultura no local desenvolvido e as tradições criadas" (FARIA, 2021, p. 2).

Outro fator relevante que deve ser considerado são os impactos ambientais. Na maioria dos casos, o alagamento do entorno do rio provoca a destruição das matas ciliares, locais considerados como "verdadeiros refúgios da fauna silvestre e que muitas vezes são as únicas florestas que sobraram por conta da dificuldade de acesso para usos agrícolas ou exploração madeireira" (VAINER; VIEIRA, 2010, p. 17). Na visão de Lima e Souza (2014), não se pode desprezar as benesses que as usinas hidrelétricas proporcionam para sociedade. A segurança elétrica é indispensável para manutenção de importantes setores da economia e da sociedade, como um todo, além de ser considerada uma fonte renovável e ambientalmente sustentável, uma vez que não emite gases de efeito estufa. Segundo os autores, uma alternativa interessante para a redução dos impactos ambientais pelas hidrelétricas seria a construção de usinas do tipo "fio d'água", conforme pode ser visualizado na Figura 6 (FLICKR, 2008).



Figura 6 - Usina Hidrelétrica de Dardanelos, do tipo "fio d'água", na cidade de Aripuanã-MT

Nos últimos anos, o Brasil tem favorecido a construção de hidrelétricas “fio d’água”, caracterizadas pela menor capacidade de seus reservatórios. Entretanto, existe o risco de diminuição de vazão do rio, levando à possíveis desabastecimentos (ABBUD; TANCREDI, 2010).

2.2.2 Geração de energia elétrica por termoeletricidade

As Usinas Termelétricas (UTES) são empreendimentos que podem utilizar tanto combustíveis renováveis como não renováveis. De acordo com Viscondi et al. (2016):

A geração termelétrica consiste na conversão da energia química presente nos combustíveis, sejam eles líquidos, sólidos ou gasosos, em energia térmica, por meio do processo de combustão. Por sua vez, essa energia térmica (calor) é convertida em trabalho em máquinas térmicas que, por estarem conectadas ao gerador elétrico, geram eletricidade (VISCONDI et al. 2016, p. 9).

Dentre os recursos renováveis mais empregados estão a madeira, bagaço de cana-de-açúcar e resíduos vegetais. Já dentre os não renováveis mais utilizados nas termelétricas estão o carvão mineral, derivados de petróleo e o gás natural. Na Figura 7 (elaborado pelos autores com base nos dados da EPE, 2021). é possível identificar a participação dos principais combustíveis das termelétricas no Brasil:

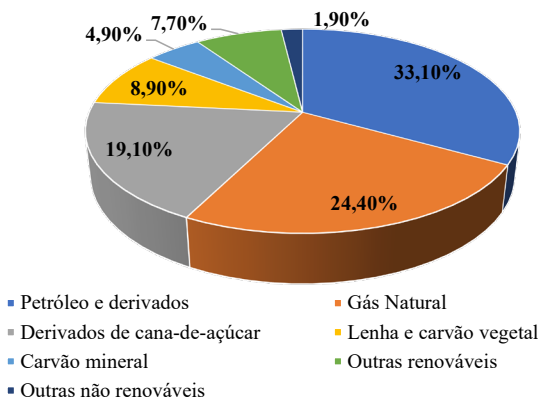


Figura 7 - Participação dos combustíveis utilizados nas termelétricas, no Brasil, em 2020

A crise elétrica entre os anos 2001 e 2022 forçou o país a transformar as termelétricas, que até então eram usinas auxiliares, em unidades principais de geração. A escassez hídrica forçou a inatividade de diversas hidrelétricas, o que resultou aumento do custo da energia no período. Além dos custos econômicos, outro problema que envolve a geração pelas termelétricas são as emissões. No mundo, as termelétricas operam principalmente com carvão mineral e gás natural. A questão chave do uso desses combustíveis é a emissão de GEE, conforme destacam Abbud e Trancredi (2010):

As ameaças identificadas ao meio ambiente são de natureza diversificada, como se sabe, mas vêm tomando dimensões cada vez maiores a preocupação com a emissão dos gases de efeito estufa (GEE), cuja redução foi elevada à categoria de verdadeiro imperativo mundial, na visão do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), e ocupou corações e mentes no mundo inteiro durante a COP 15. A aceleração do ritmo do aquecimento global é entendida, hoje, como uma grave ameaça ao futuro de toda a Humanidade (ABBUD; TANCREDI, 2010, p. 40).

No Brasil, no ano de 2020 a geração de energia elétrica por meio das termelétricas representou 24,9% (GOLDEMBERG; KISHINAMI, 2020). Esse percentual é significativo, considerando o contexto de renováveis que o Brasil tem à disposição para geração de energia elétrica. Portanto, as usinas termelétricas teriam uma função específica e estratégica de complementação, com o intuito de salvaguardar o sistema elétrico nacional de um possível “apagão” quando os reservatórios das hidrelétricas estivessem em níveis baixos (ROSA, 2007).

Lima e Souza (2014) destacam que o acionamento das termelétricas em períodos de escassez hídrica é uma solução para suprir a demanda. A questão que merece ser analisada é a continuidade de operação dessas usinas, mesmo em períodos de chuvas normais ou acima da média, condição que encarece o preço final da energia, justamente por utilizarem combustíveis fósseis que têm preço elevado. Entretanto, as termelétricas possuem a vantagem de instalação perto do mercado consumidor, reduzindo os custos de transmissão de eletricidade, o que não é possível com as hidrelétricas.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

No que tange à finalidade da pesquisa, este trabalho é um estudo do tipo pesquisa básica estratégica. Conforme Gil (2010), a pesquisa básica estratégica tem por intuito construir novos conhecimentos que podem ser empregados em diversas áreas, com o intuito de trazer solu-

ções para problemas práticos. Quanto à abordagem, a pesquisa classifica-se como do tipo qualitativa. Este tipo de abordagem se fez necessária devido a característica da própria pesquisa em verificar as vantagens e desvantagens da geração de energia elétrica através dos sistemas solar e eólico. A abordagem qualitativa possibilitou identificar se essas alternativas podem ser potencializadas com o intuito de se evitar a falta de energia elétrica ocasionada pela escassez hídrica e ao mesmo tempo contribuírem com a sustentabilidade ambiental do planeta. Em relação aos objetivos, o estudo é de caráter exploratório. Sobre a pesquisa exploratória Gil (2010) esclarece:

As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. De todos os tipos de pesquisa, estas são as que apresentam menor rigidez no planejamento. Habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso. Procedimentos de amostragem e técnicas quantitativas de coleta de dados não são costumeiramente aplicados nestas pesquisas. Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis (GIL, 2010, p. 27).

O caráter exploratório da pesquisa auxiliou na elucidação do problema de pesquisa. Quanto aos procedimentos, esta pesquisa é do tipo bibliográfica e documental, uma vez que se realizou levantamento de informações em livros, artigos científicos e documentos relacionados com a temática da geração de energia elétrica. Uma pesquisa, quando possui o perfil bibliográfico e documental, se torna o resultado de um exame ou investigação minuciosa em fontes científicas publicadas por meio de livros, artigos e documentos, e que deve ser realizada com a intenção de resolver um determinado problema recorrendo-se a procedimentos e métodos científicos (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Com base na literatura estudada e em consulta aos órgãos oficiais, como a ANEEL, EPE e MME, foi possível definir se existe viabilidade produtiva e ambiental na geração de energia elétrica por usinas fotovoltaica e eólica, comparando com os sistemas hidrelétrico e termoeletrico. Assim, foi realizado uma comparação dos sistemas convencionais (hidro e termoeletricas) com os sistemas alternativos (fotovoltaico e eólica), analisando suas vantagens e desvantagens.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Vantagens e desvantagens das fontes alternativas para geração de energia elétrica

4.1.1 Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV)

Os sistemas fotovoltaicos consistem no aproveitamento da energia dos raios solares para geração de energia elétrica. Segundo Dantas e Pompermayer (2018):

A busca por fontes de energia renováveis é um dos grandes desafios enfrentados pela humanidade nos últimos anos e vem ganhando mais importância com a intensificação do efeito estufa. Uma das formas mais promissoras de contornar esse problema é aproveitar a energia fornecida pelo Sol, fonte limpa e gratuita de energia (DANTAS; POMPERMAYER, 2018, p. 7).

As Centrais Geradoras Solar Fotovoltaica (UFV) são usinas que possuem a finalidade de transformar a energia advinda do Sol em energia elétrica, por meio do efeito fotovoltaico. A geração da energia é realizada por meio de módulos fotovoltaicos (placas e painéis solares), que podem ser instalados no solo ou telhados. Sua principal vantagem é o custo, que está em redução, e seu pequeno impacto direto no meio ambiente, diferentemente de outras fontes não renováveis (REZENDE, 2019). Existem também as chamadas usinas termosolares ou heliotérmicas, que produzem energia elétrica por meio de calor, com acionamento das turbinas. Nesse tipo de usina são instalados diversos espelhos (heliostatos ou coletores) que captam e redirecionam os raios solares para um único ponto, onde está localizado um recipiente com líquido. Os raios concentrados transformam o líquido em vapor, que aciona as turbinas, movendo os geradores que produzem eletricidade (PORTAL SOLAR, 2021).

Para Maia (2018), a energia solar fotovoltaica tem tido forte crescimento. Só entre 2010 e 2016 foram investidos mais de US\$ 2 trilhões em todo o mundo, com um crescimento total de 263 GW, alcançando o recorde de mais de 300 GW instalados. Entretanto, esta fonte ainda corresponde a 1,3% da energia elétrica gerada em todo o planeta. De acordo com a ANEEL (2022), em 2021 o Brasil possuía 4.357 usinas fotovoltaicas em operação, com capacidade para gerar 3,84 GW. Conforme a Agência, existiam 81 usinas em fase de instalação e 643 projetos de construção não iniciados, o que pode elevar a capacidade de geração para 24,8 GW até 2050.

O Parque Solar São Gonçalo é a maior usina fotovoltaica da América Latina e se encontra em solo brasileiro, na cidade de São Gonçalo, no Piauí, com capacidade de gerar 608 MW (em 2021). O Brasil

ainda possui o Complexo Solar Pirapora-MG (321 MW); o Parque Solar Nova Olínda, em Ribeira do Piauí (292 MW); o Complexo Solar Ituverava, em Tabocas do Brejo Velho-BA (292 MW), e o Parque Solar Lapa em Bom Jesus da Lapa-BA (168 MW). Essas cinco usinas juntas correspondem a mais de 68% da capacidade fotovoltaica no Brasil. Na Figura 8 (PORTAL SOLAR, 2021) é possível observar o Parque Solar São Gonçalo, que ocupa uma área de 250 hectares, com 800 mil painéis fotovoltaicos que são capazes de suprir a demanda elétrica de 270 mil residências.



Figura 8 - Vista aérea do Parque Solar São Gonçalo, no Piauí

Para Vieira e Santos (2012) os impactos causados pela instalação das usinas fotovoltaicas são mínimos se comparados às constantes emissões de gases e outros poluentes que por séculos têm fragilizado o meio ambiente. Na visão de Silva e Carmo (2017), o Brasil possui grandes oportunidades para desenvolver a indústria de energia fotovoltaica, bem como ampliar a participação dessa fonte na matriz elétrica brasileira. As alterações climáticas demonstram que alguma ação urgente deve ser pensada no tocante a geração de eletricidade e a geração por fontes renováveis é uma forma de suprir quando das crises hídricas cada vez mais frequentes. Os investimentos para esta modalidade de geração de energia elétrica devem ter como prioridade o barateamento, proporcionando acesso à população a esse tipo de energia. São necessários incentivos fiscais para que órgãos públicos e empresas privadas invistam em tecnologia de geração que preserve o meio ambiente (GOLDEMBERG e LUCON, 2012; DUPONT, GRASSI e ROMITTI, 2015).

No Brasil, a energia fotovoltaica tem ganhado destaque nas residências e propriedades rurais. De acordo com informações do Portal Solar (2021), em 2020 o Brasil alcançou 30 mil imóveis residenciais lo-

calizados na zona urbana usando energia fotovoltaica de forma plena ou parcial. Foi um crescimento de 45% em relação ao ano anterior, com uma capacidade total de 4.460 MW. No campo, aproximadamente 13% de todas as propriedades rurais no Brasil possuem a geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico, porém mais de 95% dessas são médias ou grandes propriedades rurais¹.

No que tange a geração de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico residencial ou rural, a mesma pode ser classificada de duas maneiras: 1) Sistema *On-Grid*: modelo mais comum, em que o sistema fotovoltaico está conectado à rede elétrica; 2) Sistema *Off-Grid*: neste caso, o consumidor deve ter baterias para acumular a energia gerada, para evitar comprometimento do serviço elétrico (LAGRIMANTE et al., 2018). As células fotovoltaicas são fabricadas a partir de finas fatias de silício, o segundo elemento mais abundante na Terra. O sistema de energia fotovoltaica residencial pode ser bem compreendido conforme a Figura 9 (ENERGISA, 2019).

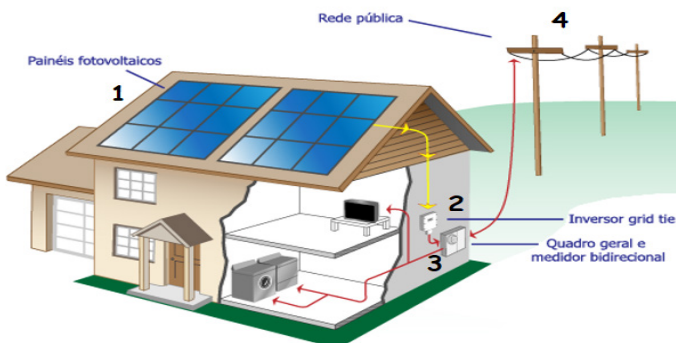


Figura 9 - Sistema de energia fotovoltaica para residências

Na figura, o dispositivo 2 é o inversor, que converte a eletricidade de corrente contínua em corrente alternada, e o dispositivo 3 controla o fluxo de eletricidade entre a residência e a rede elétrica (dispositivo 4). No sistema regulatório atual, no Brasil, o excesso de eletricidade não consumido é direcionado para a rede de distribuição elétrica da concessionária, gerando créditos (ENERGISA, 2019).

Como principais vantagens do sistema fotovoltaico, normalmente são citadas: a) o significativo potencial na maior parte do território nacional; b) o fato de ser alternativa tanto para a geração distribuída quanto em sistemas de grande porte e; c) a fácil instalação e as manutenções pouco frequentes e baratas. Em todo o mundo, no âmbito dos esforços para a redução das emissões de GEE na geração

¹ Média e grande propriedade rural considerando a extensão territorial, tendo por referência o módulo rural de cada região.

de eletricidade, há grandes perspectivas com a geração solar fotovoltaica.

Apesar de seus benefícios, há o entrave da intermitência. Por conta disso, a unidade consumidora deve estar interligada à rede elétrica externa, ou deve haver sistemas de armazenamento da eletricidade. Exceto casos específicos, o armazenamento em baterias ainda não é viável economicamente.

Há também a questão do novo marco regulatório relativo aos sistemas fotovoltaicos. A partir de janeiro de 2023 está em vigor a Lei nº 14.300, que define o marco legal para a microgeração e minigeração distribuída: o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Segundo a Presidência da República (2022), para quem instalou o sistema até dezembro de 2022 há carência até 2045. Já para quem instalar sistemas a partir de 2023, haverá taxaço sobre a eletricidade injetada na rede da concessionária, em um montante de até 28%, com aumento escalonado até o percentual máximo, em 2029.

4.1.2 Central Geradora Eólica (EOL)

O aproveitamento da energia eólica é bastante antigo, com a moagem de grãos ou o bombeamento de água, dentre outras aplicações. Consiste basicamente na conversão da energia cinética das massas de ar em movimento, ou seja, dos ventos. A conversão acontece transformando a energia cinética de translação em energia cinética de rotação, que aciona as turbinas eólicas (aerogeradores), e que por sua vez acionam os geradores de energia elétrica, conforme detalhado na Figura 10 (RODRIGUES, 2011).



Figura 10 - Esquema de uma turbina em um parque eólico *onshore* para geração de energia elétrica

As Centrais Geradora Eólicas (EOL's) correspondem ao parque de turbinas que permite gerar energia elétrica. São classificadas em usinas eólicas *onshore* e *offshore*. As EOL's *onshore* são as usinas eólicas nas quais as turbinas estão em terra firme. A principal vantagem está na instalação em bases fixas, no solo, e no menor gasto com manutenções, devido a fácil acessibilidade. Já as EOL's *offshore* são usinas eólicas instaladas no mar. Nesse caso, as principais vantagens são a maior velocidade do vento e a menor variabilidade (LEE; ZHAO, 2022).

De acordo com Carvalho e Machado (2016), para o parque já instalado no Brasil, majoritariamente no Nordeste, a geração eólica tem sido complementar às hidroelétricas, porque o regime de mais ventos coincide com o período de escassez hídrica, momento no qual os reservatórios estão com seus níveis mais baixos. Por conta disso, a geração eólica tem contribuído com a segurança energética, evidenciando a necessidade e a importância da diversificação da matriz elétrica no país.

Números da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2022) mostram que 93% de toda energia elétrica gerada pelas usinas eólicas são provenientes de sistemas *onshore*. Nesse tipo de sistema o Brasil ocupa a sexta posição, com um potencial de geração de 21,5 GW, atrás da China, com capacidade de geração de 310,6 GW, Estados Unidos, com 134,3 GW, Alemanha, com 56,8 GW, Índia, com 40 GW, e Espanha, com 28,3 GW. A energia eólica foi responsável por 11,8% da geração de energia elétrica no Brasil, em 2021. Na Tabela 1 (CCEE, 2022) é possível observar a geração por energia eólica, por estado, em 2021.

Tabela 1 - Geração de energia eólica no Brasil, em 2021, nos principais estados

Estados geradores	Geração em 2021 (TWh)
Rio Grande do Norte	21,23
Bahia	21,15
Piauí	9,10
Ceará	7,91
Rio Grande do Sul	5,63

Os estados do Nordeste são os que têm o maior potencial, principalmente próximo da costa. Ainda conforme dados da CCEE (2022), o país possui um potencial de ampliação da geração para mais de 95,5 GWh até 2030, o que equivale ao consumo médio de 36,2 milhões de residências, ou 108 milhões de habitantes. As principais vantagens dos sistemas eólicos são: a) no caso do Brasil, os menores

custos de geração elétrica; b) potencialmente, geração de renda e melhoria de vida para os proprietários de terras arrendadas; c) fonte de energia renovável, e geração sem emissões e; d) possibilita a manutenção de atividades como plantio e ou criação de animais nos locais de geração.

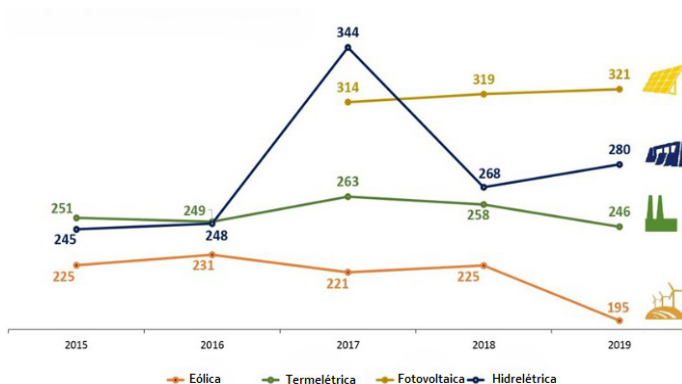


Figura 11 - Evolução dos custos de geração elétrica, por tipo de fonte (R\$/MWh), de 2015 a 2019

Como mostrado na Figura 11 (CCEE, 2022), a eólica é a que possui o menor custo de geração, com uma média de R\$ 219,40/MWh entre 2015 e 2019, e ainda há estimativas de redução no futuro (CCEE, 2022). Conforme Rodrigues (2011), a geração elétrica sem emissões é extremamente importante para a sustentabilidade do planeta, e nisso o Brasil está contribuindo.

Entretanto, as desvantagens estão na poluição visual e sonora que é gerada para quem reside próximo aos aerogeradores; e nos problemas relacionados com os impactos ao fluxo migratório de aves. O fato de haver maior potencial em áreas costeiras pode eventualmente acarretar impacto negativo ao turismo. Também, a irregularidade dos ventos pode trazer queda brusca na geração de energia elétrica.

5. CONCLUSÕES

As grandes hidroelétricas são e serão importantes na geração de energia elétrica, no Brasil. Suas vantagens estão na capacidade já instalada, na geração sem emissões diretas de GEE, e na flexibilidade operacional, com possível ajuste à demanda. Entretanto, as desvantagens estão nos grandes impactos ambientais e sociais quando da construção, e no alto valor do investimento. Outra desvantagem está na dependência do regime de chuvas, o que pode comprometer a se-

gurança energética do país. As PCH's podem ser consideradas boas alternativas, contornando algumas restrições, mas também são susceptíveis à eventual escassez hídrica.

As termelétricas têm sido a principal alternativa às hidrelétricas. No Brasil, operam com diferentes combustíveis (biomassa, gás natural, carvão e derivados de petróleo). Há vantagem na localização mais próxima ao mercado consumidor (o que reduz o custo de transmissão) e no menor investimento inicial. Todavia, há as emissões de GEE e de outros poluentes.

As fontes alternativas de geração de energia elétrica, como as Centrais Geradoras Solar Fotovoltaica (UFV) e as Centrais Geradoras Eólicas (EOL's), desempenham um papel fundamental na busca por soluções sustentáveis para suprir as demandas energéticas. A energia solar fotovoltaica é uma opção promissora e em constante crescimento, sem emissões diretas e renovável. No Brasil, existem algumas usinas fotovoltaicas de grande porte, destacando-se o Parque Solar São Gonçalo, que é a maior usina fotovoltaica da América Latina. Além disso, a energia solar também viabiliza a geração distribuída, proporcionando uma matriz elétrica mais diversificada.

A energia solar é a que mais cresce no país. De todos os sistemas elétricos, é o mais viável para ser instalado em residências e propriedades rurais, permitindo a geração elétrica de forma autônoma. A desvantagem está na intermitência.

As EOL's têm contribuído para a diversificação da matriz elétrica. No Brasil, as usinas eólicas *onshore* predominam, e sua geração tem complementado a geração hidrelétrica.

Assim como a solar fotovoltaica, em todo o mundo a energia eólica é vista como boa alternativa para a redução das emissões de GEE na geração de eletricidade. Seus custos são os mais baixos para a expansão da capacidade de geração. As desvantagens ficam por conta dos impactos visuais e dos problemas relacionados aos acidentes com pássaros. Uma alternativa é não construir parques eólicos que podem impactar importantes rotas de migração.

Apesar das vantagens oferecidas por essas fontes alternativas, ainda existem desafios a serem enfrentados, como a intermitência. O armazenamento de eletricidade em larga escala ainda não é viável economicamente. Além disso, no Brasil, o novo marco regulatório para a energia fotovoltaica pode impactar as recentes taxas de crescimento da capacidade instalada.

Diante das alterações climáticas e da necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, as fontes alternativas de geração de eletricidade, como a solar fotovoltaica e a eólica, representam opções viáveis e sustentáveis para suprir a demanda. É importante que sejam promovidos investimentos e incentivos fiscais para o desenvolvimento dessas tecnologias, visando o barateamento e a ampliação

do acesso à energia limpa, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente e a construção de um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBUD, O. A.; TANCREDI, M. Transformações recentes da matriz Brasileira de geração de energia elétrica - causa e impactos principais. Centro de Estudos da Consultoria do Senado. 2010. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/182500>. Acesso em: 19 de setembro de 2022.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Geração distribuída: geração de energia fotovoltaica. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: nov. de 2022.

_____. Quantidade de empreendimentos de geração de energia em operação. 2022. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/empreendimentos-em-operacao>. Acesso em: nov. de 2022.

ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de química questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. (2020). Boletim anual de geração eólica 2020. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/04/PT_Boletim-Anual-de-Geracao_2020.pdf. Acesso em: out. de 2020.

BOFF, L. Sustentabilidade: o que é – o que não é. 5ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

CARVALHO, R. N. F.; MACHADO, R. H. S. Planejamento e Operação do Sistema Elétrico Brasileiro. In: Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear. Rio de Janeiro: 2016. cap. 01.

CAUS, T. R.; MICHELS, A. Energia Hidrelétrica: Eficiência na geração. Monografia (Pós-graduação). Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, EaD, RS. 2014.

CCEE. CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Geração de energia elétrica. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/dados-geracao>. Acesso em: nov. de 2022.

DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, F. M. Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaico no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico. Texto para discussão. Ipea. Rio de Janeiro. 2018.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. Água. Disponível em: < [ENERGISA. EMPRESA MATO-GROSSENSE DE ENERGIA ELÉTRICA. A energia fotovoltaica. Disponível em:< \[ENERZEE. Soluções energéticas. Disponível em: < \\[EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz energética e elétrica, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: nov. de 2022.\\]\\(https://www.enerzee.com.br/#destaque>. Acesso em: out. 2022.</p></div><div data-bbox=\\)\]\(https://www.energisajuntos.com.br/>. Acesso em out. 2022.</p></div><div data-bbox=\)](https://www.embrapa.br/contando-ciencia/agua/-/asset_publisher/EljJNRSeHvoC/content/vamos-economizar-agua-/1355746?inheritRedirect=false#:~:-text=Enquanto%2097%25%20da%20%C3%A1gua%20da,rios%20e%20lagos%20do%20planeta.>. Acesso em: nov. de 2022.</p></div><div data-bbox=)

_____. Produção de energia fotovoltaica no Brasil: o mercado fotovoltaico brasileiro está amadurecendo mais rápido que o esperado, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/epe-na-midia/o-mercado-fotovoltaico-brasileiro-esta-amadurecendo-mais-rapido-que-o-esperado>. Acesso em: nov. de 2022.

FARIA, A. Crise Hídrica: Mudanças climáticas, devastação ambiental, ineficiência energética, desperdício – muito além da “falta” de chuvas. Novembro de 2021. Disponível em: <https://ecoa.org.br/wp-content/uploads/2021/11/CriseHidricaFinalNov21.pdf>. Acesso em: ago. de 2022.

FLICKR. Vista aérea da usina hidrelétrica (UHE) Dardanelos na região do município de Aripuanã em Mato Grosso. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/pacgov/6002891470>. Acesso em: nov. de 2022.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDENBERG, J.; KISHINAMI, R. Usinas Termoelétricas e a Crise no Setor Elétrico Brasileiro pela COVID 19. Relatório técnico portfólio de energia. 2020. Disponível em: https://idec.org.br/sites/default/files/relatorio_tecnico_portfolio_energia_final_web_2.pdf. Acesso em: out. de 2022.

GOLDENBERG, J.; LUCON, O. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo: USP, 2012.

GOLDENBERG, J.; PRADO, L. T. S. Reforma e crise no setor elétrico no período FHC. Revista Tempo Social da Universidade de São Paulo (USP). vol. 15, São Paulo: USP, nov. de 2003.

HOLANDA, L. et al. Contribuições para o planejamento energético 2050. FGV Energia. 2015. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/artigos/planejamento-energetico-2050-contribuicoes-para-o-planejamento-energetico-2050>. Acesso em: ago. de 2022.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Obter informações sobre impactos da mudança do clima (AdptaBrasil). Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-informacoes-sobre-impactos-da-mudanca-do-clima-adaptabrasil>. Acesso em: nov. de 2022.

ITAIPU BINACIONAL. Energia: geração. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>. Acesso em: set. de 2022.

LAGRIMANTE, D.; LANDIM, L. P.; CRUZ, V.; AMARANTE, M. Estudo da Aplicação de Energia Fotovoltaica. Pesquisa e Ação, v. 4, n. 1, mai. 2018. ISSN 2447 - 0627.

LEE, J.; ZHAO, F. GWEC. Global Wind Report. Global Wind Energy Council, New York: p. 75, 2022.

LIMA, M. T. S. L.; SOUZA, M. C. Discorrendo sobre o uso das termelétricas no Brasil. Ciência e Natura, v. 37 Ed. Especial UFVJM, 2014, p. 17–23.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia Científica. 7. ed. Editora Atlas, 2010.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME e EPE lançam cartilha sobre a situação hídrica e o impacto na geração de energia elétrica, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-e-epe-lancam-cartilha-sobre-a-situacao-hidrica-e-o-impacto-na-geracao-de-energia-eletrica>. Acesso: nov. de 2022.

_____. Plano Nacional de Energia 2050. Brasília 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: ago. de 2022.

ONS. OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Energia agora: reservatórios. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/reservatorios>. Acesso em: nov. de 2022.

PORTAL SOLAR. Simulador de energia fotovoltaica. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/>>. Acesso em: out. 2022.

_____. Usina Solar: todas as informações sobre a tecnologia no Brasil e no mundo. 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/usina-solar.html>. Acesso em: nov. de 2022.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 14.300 – Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Disponível em: < <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14-300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>>. Acesso em out. 2022.

REZENDE, J. O. A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável. Ponta Grossa: Editora Atenas, 2019.

RODRIGUES, P. R. Energias renováveis: energia eólica. Consórcio de Universidades Europeias e Latino-Americanas em Energias Renováveis – JELARE. Livro Digital. Editora Unisul, 2011.

ROSA, L. P. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. Estudos Avançados [online]. 2007, v. 21, n. 59 Epub 26 Out 2007. ISSN 1806-9592, pp. 39-58. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100005>. Acesso em: out. de 2022.

SAUER, I. Um novo modelo para o setor elétrico brasileiro. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – PIPGE-IEE/USP, tese de doutorado, dez. São Paulo: USP, 2002.

SILVA, R. L.; CARMO, A. M. P. Bioenergia da Biomassa Residual: Potencial Energético da Combustão da Casca de Arroz em Dourados-MS e Região. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 91-105, 2016.

VAINER, C.; VIEIRA, F. B. Manual do atingido. Movimento dos atingidos por barragem - MAB. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional/ Universidade Federal do Rio de Janeiro -IPPUR/UFRJ. 2010.

VECCHIA, R. Energia nuclear em fissão. Webartigos. 2011. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/energia-nuclear-em-fissao/62903>. Acesso em: jul. de 2022.

_____. O meio ambiente e as energias renováveis: instrumentos de liderança visionária para sociedade sustentável. Barueri, SP: Manole: Minha Editora, 2010.

VIEIRA, M.; SANTOS, A. O Meio Ambiente Sustentável e a Energia Solar. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT, v.1, n. 1, 131 - 139, 2012.