



## Os Modelos de Produção de Energia Elétrica e a Diversificação da Matriz Energética Brasileira

### *The Electric Energy Production Models and Diversification of Brazilian Energy Matrix*

Anderson Ítalo Freire<sup>1</sup>; Antônio Lopes da Silva<sup>2</sup>; João José de Melo Neto<sup>3</sup> & Isabel Lausanne Fontgalland<sup>4</sup>

**Resumo:** As discussões em torno de matrizes elétricas e energéticas em todo o planeta têm crescido constantemente, e junto com essas discussões, também cresceu a diversificação da matriz energética Brasileira. Neste sentido, esse artigo possui por objetivo mostrar os modelos de produção de energia no Brasil, destacando as principais fontes utilizadas na matriz elétrica nos últimos anos, bem como a formação da matriz energética do Brasil dentre as mais diversas fontes que a compõe. Esse trabalho possui três sessões, sendo a primeira relativa à introdução do tema; a sessão seguinte trata da metodologia do trabalho, e o último bloco trata sobre a caracterização da matriz energética e como elas se apresentam. Dentro desta discussão, este trabalho traz também as características que definem a necessidade da diversificação da matriz nacional. O artigo traz resultados interessantes em relação à matriz nacional, tais como o quão renovável é a matriz elétrica do Brasil, o quanto que ela pode se expandir aos mais diversos setores de produção de energia, e o contraste entre a matriz do Brasil e do mundo.

**Palavras-chave:** Brasil. Energia Elétrica. Diversificação. Matriz energética.

**Abstract:** Discussions around electrical and energy matrices across the planet have been constantly growing, and along with these discussions, the diversification of the Brazilian energy matrix has also grown. In this sense, this article aims to show the models of energy production in Brazil, highlighting the main sources used in the electrical matrix in recent years, as well as the formation of the energy matrix in Brazil among the most diverse sources that compose it. This work has three sessions, the first relating to the introduction of the theme; the next section deals with the methodology of the work, and the last block deals with the characterization of the energy matrix and how they present themselves. Within this discussion, this work also brings the characteristics that define the need for diversification of the national matrix. The article brings interesting results in relation to the national matrix, such as how renewable is the electricity matrix in Brazil, how much it can expand in the most diverse sectors of energy production, and the contrast between the matrix of Brazil and the world.

**Keywords:** Brazil; Electricity; Diversification; Energy matrix.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 25/11.2022; aprovado em 30/05/2023.

<sup>1</sup> Economista - UFCG. Mestrando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais pela UFCG, anditafre@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5063-0228> \*;

<sup>2</sup> Eng. Ambiental - UFCG. Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais pela UFCG. antoniolopsilva@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4129-9451>;

<sup>3</sup> Economista - UFCG, Pós-graduado em Mercado de Capitais - UNICESUMAR. Mestrando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais pela UFCG. joaojmneto@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0769-6579>;

<sup>4</sup> B.S in Economics from the Federal University of Ceará - Brazil (1992); MsC in Economics from the Federal University of Paraíba - Brazil (1995); Doctorate degree in Industrial Economics - Université de Sciences Sociales de Toulouse 1 (1999) - France (LIRHE), PHD acknowledgment in Georgia State University - USA and a Post Doc in Economics from Ohio University (2012) - Athens - Ohio -, isabelfontgalland@gmail.com, USA. <https://orcid.org/0000-0002-0087-2840>.

## **INTRODUÇÃO**

Ao longo dos anos, os países experimentaram diversas modificações em seus sistemas de produção de energia elétrica, desde as suas origens primárias até as formas em que eram distribuídas. Essas modificações ocorrem constantemente, e em seus aspectos mais profundos, ocorrem tanto em virtude de políticas energéticas e políticas econômicas; Ressaltando que em muitos países, as suas respectivas matrizes energéticas e elétricas são reflexos das escolhas feitas no passado e no presente (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017).

Todo o processo envolto nas escolhas das fontes primárias de energia e na forma de distribuição e consumo é intrínseco ao estilo de vida dos cidadãos, do tipo de indústria presentes em determinada região, e das características climático-geográficas pertinentes; fazendo com que o ciclo de decisões tomadas influencie nos métodos de acesso à energia elétrica (LIMA, AMANAJÁS, *et al.*, 2010).

A produção e distribuição de energia elétrica estão ligadas a diversos fatores como oferta de recursos, tamanho territorial, capacidade de exploração, e outros fatores (ABEEÓLICA, 2018). No Brasil, ainda que as fontes de energia sejam variadas, grande parte da energia produzida é proveniente da energia hidráulica (ETENE, 2015).

A fonte hídrica é majoritária e enfrenta resistência dos setores mais ecológicos, considerando as grandes áreas que são inundadas e a necessidade de um volume constante de águas em reservatórios para que a produção de energia não diminua. Outra parte da energia vem de fontes não limpas e não renováveis, como gás, óleo e carvão, que, além de poluentes, são caros, e outra parte é totalmente renovável, limpa e um pouco barata, vinda das eólicas e das usinas solares (ETENE, 2015).

A energia é essencial para realizar as atividades do dia a dia de seus usuários, por isso é necessária num contexto de forte dependência econômica dos combustíveis fósseis (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017), para fazer face aos significativos desafios energéticos que as alterações climáticas representam, combatendo a poluição e a crescente vinculação nas importações de petróleo, a pressão exercida sobre os recursos energéticos e o fornecimento de energia segura a todos os consumidores a preços acessíveis (FERREIRA JUNIOR e RODRIGUES, 2015).

As energias renováveis - eólica, solar (térmica e fotovoltaica), hidráulica, geotérmica e biomassa - são uma alternativa essencial aos combustíveis fósseis (TOLMASQUIN, 2016). Seu uso permite reduzir as emissões de gases de efeito estufa na produção e consumo de energia e reduzir a dependência de combustíveis fósseis em uma determinada região ou país (BEZERRA, 2019).

No Brasil e no mundo as energias limpas, também conhecidas como energias renováveis, vêm adotando um papel de proeminência no que diz respeito à sustentabilidade. Deste modo, a energia nas suas mais diversas formas, é indispensável para a sobrevivência da humanidade, em termos de suprimento

energético, a energia elétrica tornou-se uma das formas mais versáteis e convenientes de energia e representa papel de destaque para o desenvolvimento econômico e regional (PINÃS *et al.*, 2016).

Nosso país tem relevante vantagem na questão de energias renováveis, pois conta com uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, o abastecimento de eletricidade no Brasil é realizado, principalmente, por meio de fontes renováveis de energia. Mas já é consenso da maioria dos estudiosos que a matriz energética mundial sofrerá alterações elevando este percentual de uso de energias limpas (JACOBOWSKI *et al.*, 2020; PINÃS *et al.*, 2016; GEHN, 2016).

Assim, o objetivo principal deste trabalho é evidenciar e descrever as os modelos de produção de energia elétrica nacional, além de mostrar a diversificação da matriz energética do Brasil.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Principais fontes de energia**

O meio ambiente e a energia estão intrinsecamente ligados; ao longo de sua história, o homem foi capaz de encontrar as mais diversas fontes de energia necessárias à sua sobrevivência (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017). Na natureza, a energia em sua forma natural pode ser classificada como energia fóssil e energia não fóssil, onde os fósseis são originados de toda matéria orgânica que está sedimentada e depositada em determinadas camadas do subsolo, processos que geralmente duram milhares de anos, e cuja totalidade é finita, ou seja, a sua quantidade é limitada e passível de exaurimento (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017).

Esse exaurimento em decorrência da exploração contínua dos recursos fósseis acarreta escassez de recursos e aumento de custos (TOLMASQUIN, 2016). Mais além, a extração desses materiais está ligada a certo grau de poluição constante, desde o processamento do petróleo até a extração de carvão mineral.

Depois de coletados, passam por uma transformação, combustão, que gera uma produção significativa de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principal causador do efeito estufa e do aquecimento global (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017). Amplamente associado à Revolução Industrial do século 19, o carvão é historicamente o primeiro combustível fóssil usado antes do petróleo e do gás natural (SANTOS e HATAKEYAMA, 2012); e permanece até hoje o primeiro utilizado no mundo para a produção de eletricidade e, ao contrário de outros combustíveis fósseis, não está em processo de esgotamento. Considerado a primeira fonte de energia do mundo desde meados do século XX à frente do

carvão, o petróleo está em toda parte em nossas vidas diárias: nos combustíveis, na eletricidade, nas mais diversas formas de aquecimento, mas também nos plásticos, tintas, tecidos, tinturas, cosméticos etc.

O petróleo permite a produção de eletricidade por combustão em usinas térmicas, como outros combustíveis fósseis que também permitem essa produção por combustão (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017). O gás natural é um combustível fóssil constituído principalmente por metano e está localizado em bolsões do subsolo, às vezes próximos a poços de petróleo, ou está preso em rocha, onde é extraído através de *fracking*. Terceira fonte de energia térmica depois do petróleo e do carvão (BEZERRA, 2019), o gás natural é explorado para produzir calor e eletricidade e é menos poluente devido às menores emissões de carbono na atmosfera.

Já na produção de energia nuclear, o urânio é usado principalmente como matéria-prima; é um metal extraído do subsolo terrestre cuja energia é produzida por fissão, produzindo eletricidade em termelétricas nucleares graças ao calor liberado (ETENE, 2015). Para tanto, tem-se também o biogás, que diferente do gás natural, é considerado uma fonte de energia renovável, o nome biogás indica um gás com origem em um processo biológico, esse processo é muito comum na natureza e ocorre, por exemplo, em pântanos, fundos de lagos, esterqueiras e no rúmen de animais ruminantes.

Da decomposição anaeróbia da matéria orgânica dos resíduos depositados em aterros sanitários e estações de tratamento de efluentes, a partir da presença de microrganismos heterótrofos, os quais oxidam substratos orgânicos para suas necessidades energéticas resulta no biogás. No final deste processo este biogás expelido é uma mistura de 50 a 60% de metano ( $CH_4$ ), 40 a 50% de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e outros gases em concentração traço, ou seja, menores que 1%, por exemplo, o gás sulfídrico ( $H_2S$ ), os mercaptanos e diversos compostos orgânicos voláteis (SILVESTRE, 2015).

O metano ( $CH_4$ ) possui um impacto vinte e uma vezes maior que dióxido de carbono sobre o agravamento do efeito estufa, mas em contrapartida, este componente presente no biogás proporciona um amplo poder calorífico, conferindo a ele potencial de reaproveitamento energético (FREITAS e MAKIYA, 2012; MELO NETO, FONTAGALLAND e LIMA, 2022). A energia hidráulica – hidroeletricidade – é a energia produzida pela força da água – rios, riachos, cachoeiras, correntes marinhas etc. – e transformada em energia elétrica (TOLMASQUIN, 2016).

Representa a primeira fonte renovável e a terceira maior fonte de eletricidade depois do carvão e do gás. É fundamental ressaltar que a produção de energia a partir de fontes hídricas também incorre em problemas, pois é necessário que haja um fluxo infinito de água, implicando na necessidade de chuvas constantes para manter a vazão e o nível constantes dos rios. Segundo o EPE (2018) cerca de 12% da oferta interna de energia no Brasil para o ano de 2018 era proveniente de fontes hídricas, contra 36% de origem do petróleo e derivados.

### Matriz energética e elétrica: Brasil e mundo

A composição das matrizes energéticas globais determina fortemente o grau de busca pela substituição ou manutenção de fontes de energia, sejam elas renováveis ou fósseis, considerando que a energia é um insumo essencial consumido na cadeia de produção dos países mais industrializados e de outros países. Ainda está em processo de industrialização e considerando que a matriz energética mundial utiliza predominantemente fontes não renováveis como carvão, petróleo, gás e urânio para a energia nuclear (BARBIERI, 2007).

As matrizes energéticas dos países são determinadas pelas características naturais que favorecem ou dificultam a produção de energia. Segundo Mauad (2017), as variações nas estratégias de produção de energia elétrica, incluindo as fontes utilizadas, e as diferenças nas economias nacionais fazem com que haja uma grande variabilidade no custo para gerar eletricidade entre diferentes países, como no caso do Brasil, que possui uma vantagem hídrica significativa, mas que tem um alto custo de produção.

Segundo Bezerra (2019), cerca de 63% da energia produzida no Brasil em dezembro de 2019 veio de fontes hidrelétricas, o que reflete o fato da vantagem do Brasil no quesito hídrico (ETENE, 2015). Entretanto, o abastecimento de energia no nosso país fica exposto aos riscos fortuitos sobre as fontes hídricas, virando muito atrativo, a proposta de criação de novas fontes de geração de energia elétrica.

Partindo do pressuposto da situação atual as condições climáticas instáveis que vem se enfrentando e os problemas com os níveis incipientes de grandes reservatórios hídricos, que por sua vez colocam em xeque o setor de energia, a diversificação de sua matriz energética se torna uma ação concreta contra futuras crises de energia elétrica no país (JACOBOWSKI et al., 2020).

Na Tabela 1 estão detalhadas as fontes de geração de energia elétrica que são predominantes no Brasil nos últimos quatro anos, destaca-se a maior geração que é por meio hídrico com aproximadamente 362.818 GWh no ano de 2021, entretanto observa-se que tem diminuído ao longo dos anos e pode ser resultado da inserção de novas fontes energéticas como a energia eólica e solar que ambas tem crescido muito nos últimos anos como alternativa de energia mais limpa, principalmente a geração de energia solar, que saltou de 3.461GWh em 2018 para 16.752 GWh em 2021.

**TABELA 1:** Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh).

Fontes	2018	2019	2020	2021	$\Delta\%$ (21/ 20)	Part. % (2021)
Hidráulica	388.971	397.877	396.381	362.818	-8,5	55,3
Gás Natural	54.295	60.188	53.515	86.861	62,3	13,2

Derivados de Petróleo	10.293	7.846	8.556	18.244	113,2	2,8
Carvão	14.204	15.327	11.946	17.585	47,2	2,7
Nuclear	15.674	16.129	14.053	14.705	4,6	2,2
Biomassa	51.876	52.111	55.613	51.711	-7,0	7,9
Eólica	48.475	55.986	57.051	72.286	26,7	11,0
Solar	3.461	6.651	10.748	16.752	55,9	2,6
Outras	14.147	14.210	13.387	15.146	13,1	2,3
Total	601.396	626.324	621.250	656.108	5,6	100,0

**FONTE:** EPE (2021).

Na perspectiva mundial de matrizes energéticas, é possível observar que existe um padrão relativo às características de cada país, ou seja, cada matriz energética de cada país possui uma característica peculiar e comum com outras matrizes energéticas, países como os Estados Unidos, China e Rússia utilizam uma quantidade substancial de carvão mineral e diesel de petróleo para produção de energia elétrica térmica, além de serem países continentais que possuem estações do ano bem definidas e invernos rigorosos, o que se traduz num consumo maior de energia (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017). No ano de 2018, aproximadamente 32% da matriz energética dos países, numa perspectiva de média, era composta por petróleo e seus derivados, seguidos pelo carvão mineral (27,1%), e pelo gás natural (22,1%) (IEA, 2018), em contraste com a matriz mundial, a matriz energética do Brasil era composta por aproximadamente 36% de petróleo e derivados, 17% de derivados da cana de açúcar, e 12% de fontes hidráulicas (EPE; MME., 2018).

Em relação à matriz elétrica mundial, para o ano de 2018, pouco mais de 38% da matriz era composta por carvão, 23% por gás natural, e aproximadamente 17% de origem hidráulica (EPE; MME., 2018), por seu turno, a matriz elétrica nacional era composta por 65% de origem hidráulica, 10% proveniente de gás natural, 8% proveniente de biomassa, e 6,2% de origem renovável unicamente solar e eólica (EPE; MME., 2018). Essa perspectiva nos mostra o quão estimulante e dinâmica a energia e a matriz elétrica são no Brasil e no mundo. Em dezembro de 2018, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEÓLICA – (2019), cerca de 48.880 MW eram provenientes de usinas hidrelétricas, representando 75% da produção nacional de energia no período referido, evidenciando o potencial de produção de energia elétrica do Brasil. É neste modelo comparativo que se vê a necessidade de novas estratégias de produção de energia, não só eletricidade, mas todas as formas de energia, uma vez que tudo o que se produz em termos de energia não é apenas para consumo elétrico, segundo a IEA (2018) cerca de 4,4 milhões de Ktoe foram usados para fornecimento de energia no ano de 2018, significando milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Ainda, de acordo com a International Energy Agency, a IEA (2018) 3,8

milhões de Ktoe de carvão e 2,9 milhões de Ktoe de gás natural também foi usada mundialmente na produção de energia, o que reforça a ideia de que as fontes da matriz energética global ainda são muito dependentes de fósseis.

### **A necessidade de diversificação da matriz energética**

Com o tempo, a necessidade de mudanças em setores específicos de energia proliferou devido a vários fatores, como esgotamento de fontes, crescimento da demanda, impactos no meio ambiente etc. Com o advento da tecnologia, a produção de energia no mundo mudou drasticamente:

[...] com o desenvolvimento de novas tecnologias e o surgimento de novas necessidades, aliado ao crescimento quase constante da população mundial, um dos grandes desafios hoje encontrados é a incerteza com relação à disponibilidade futura de energia frente à demanda, principalmente devido ao abrangente uso de fontes não-renováveis e a exploração de alta escala dos recursos fornecidos pelo planeta (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017, p. 27).

A necessidade de avanços tornou uma evolução fundamental também na matriz energética. Assim, evidencia-se que a redução da degradação ambiental é um dos grandes impulsionadores da nova fase da energia, ou seja, a soma dos fatores de desenvolvimento tecnológico, novas necessidades energéticas, e a escassez de recursos no meio ambiente foi, e é a base primária para induzir o desenvolvimento de estratégias energéticas por meio de energias renováveis, ao longo do tempo.

Após os períodos de 1973 e 1974 (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017), que ficou conhecido como choque do petróleo, a busca pela redução dos impactos ambientais causados desde a Primeira Revolução Industrial e a substituição do próprio petróleo como fonte de energia, por outras fontes que fossem renováveis e mais baratas, desencadeou um movimento mundial que culminou na elaboração de metas e objetivos a serem cumpridos pelas nações, para que se pudesse reverter o processo de degradação ambiental já existente (SIMAS e PACCA, 2013).

As discussões em torno de um modelo que pudesse substituir os combustíveis fósseis na matriz energética não eram algo apenas do século XXI; pode-se notar que desde os primeiros encontros mundiais promovidos pela Organização das Nações Unidas – ONU – e pelos problemas já apresentados no passado, como os choques do petróleo, onde a busca pela seguridade energética e a maior independência da importação de combustíveis se tornou uma necessidade (FERREIRA JUNIOR e RODRIGUES, 2015). Estes fatos têm estimulado o debate em torno da redução do impacto de gases do efeito estufa e da

redução do impacto da exploração de combustíveis fósseis nos mais diversos países, como EUA, China e países europeus (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017).

Hoje, um desenvolvimento significativo pode ser observado na produção de energias consideradas limpas como eólica, solar, biomassa proveniente de bagaço de cana e de compostagem e na produção de energia em pequenas centrais hidrelétricas, conhecidas como PCH (ETENE, 2015). Essa evolução na produção de energias renováveis ajudou a evitar a liberação de pelo menos 20,58 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera (ABEEÓLICA, 2018), o que por si só já justificaria fortemente a adoção de energias renováveis e limpas na matriz energética nacional.

Não muito distante, os debates sobre energias renováveis se fizeram e se fazem presentes no cotidiano, quer seja pela verdadeira necessidade de se reduzir os impactos da exploração massiva dos recursos ambientais e a degradação do meio ambiente, ou seja, apenas pelo interesse de se compensar a população pelos altos preços pagos desde sempre pelo consumidor de energia elétrica. Isso complementa o caráter emergencial pelo qual se deu o desenvolvimento das energias renováveis não só no Brasil, mas também no mundo, reforçando o poder transformador que a energia renovável pode provocar.

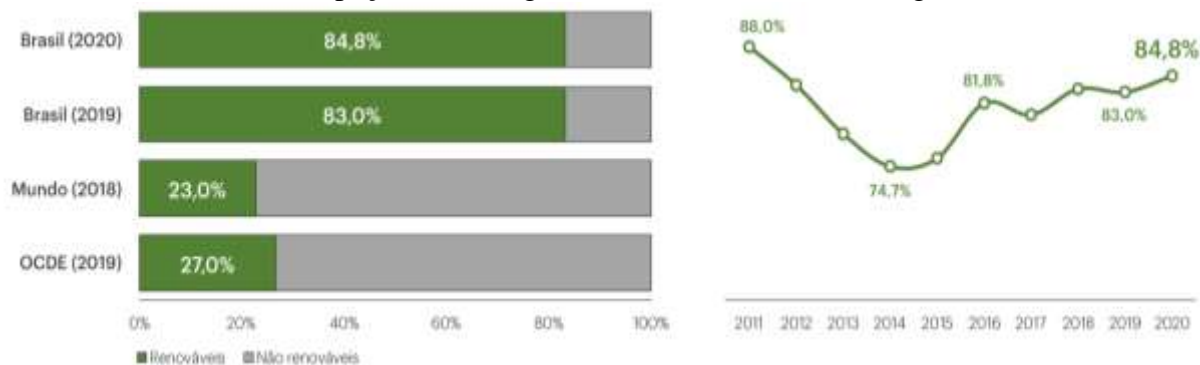
### **A importância da energia renovável no Brasil**

Na perspectiva de desenvolvimento evidenciado pela implantação de novas fontes renováveis de energia, a adoção de modelos energéticos que diversifiquem tanto a matriz energética quanto a matriz elétrica do Brasil, pode levar o país a uma situação de segurança energética e menor dependência de combustíveis fósseis, e até uma redução na dependência da água para geração de energia.

Se olharmos para o modelo de produção de energia elétrica no Brasil, nota-se que essa produção ainda possui ligações com as fontes que não são renováveis, segundo o EPE (2018) para o ano de 2018 a geração elétrica a partir de não renováveis representou 20,8% do total nacional, contra 19,6% em 2016, mostrando que ainda existe um caminho a ser percorrido na substituição das fontes fósseis por fontes renováveis. Ainda assim, vale destacar que a produção de energia elétrica no Brasil é predominantemente de origem renovável, como destaca o próprio BEN (2018).



**FIGURA 01:** Participação das energias renováveis na matriz energética do Brasil.



**FONTE:** EPE (2018).

Após os períodos de apagões que atingiram o Brasil em 2001/2002, o governo federal adotou medidas (BRASIL, 2001) para conter a crise energética reduzindo o consumo industrial e residencial mediante pagamento de multa em caso de não cumprimento da determinação (ARAÚJO et al., 2017). Por sua vez, houve também a criação do Proeólica e Proinfa, que favoreceu a produção de energia renovável no país, principalmente em relação à energia eólica, quando se observou as potencialidades nacionais para tal geração. Por ser um país continental, o Brasil possui diversas formas de gerar energia, principalmente hidrelétrica, solar e eólica. Na região sul do Brasil, os ventos provenientes da Cordilheira dos Andes sopram forte nos pampas do Estado do Rio Grande do Sul, sendo constantes e fortes o suficiente para a instalação de parques eólicos e geração de energia, já na costa Nordeste, a brisa marítima que sopra constantemente durante boa parte do ano sobre boa parte dos estados da região, favorecendo a produção de energia eólica constante (LIMA et al., 2010).

## **METODOLOGIA**

Os procedimentos desta pesquisa têm por base, o modelo bibliométrico, onde a sua natureza teórica é elaborada a partir de trabalhos, pesquisas e dados técnicos, como por exemplo, artigos científicos, relatórios, teses e monografias (GIL, 2002). Segundo Lakatos e Marconi (2001), a pesquisa bibliográfica abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, materiais cartográficos, entre outros. Abrange também o método de pesquisa documental (GIL, 2002), considerando que a abordagem também incidirá sobre uma série de produções que já analisadas ou podem ser reelaboradas pelos objetivos da pesquisa.

Esta pesquisa visa revisar os conhecimentos para o avanço científico sem a necessidade de aplicação prática, sendo uma pesquisa qualitativa e quantitativa. Este trabalho, a pesquisa utilizou-se de técnicas de pesquisa, nas perspectivas exploratória e descritiva, que irão explorar um tema e trazer familiaridade com uma situação específica, caracterizar um fenômeno e identificar os fatores desses fenômenos (GIL, 2002).

As bases levantadas para elaboração desta pesquisa foram, em sua maioria, oriundas de trabalhos técnicos, informes e relatórios de instituições governamentais e instituições autônomas. Desse modo, o processo pelo qual todo o material foi tratado e selecionado obedeceu a alguns critérios: O primeiro é relativo à seleção e análise inicial de todo o material que se encaixe aos critérios pesquisa, ou seja, nem todos os trabalhos se adequaram à alguns fatores como data de publicação e relevância no meio ambiental. O segundo ponto remete à análise minuciosa do conteúdo que compõe os trabalhos e a sua adequação às seções do artigo em questão. Por fim, toda a redação desta pesquisa seguiu os pontos julgados importantes para a compreensão da temática, tendo em vista a necessidade da compreensão de alguns fatores intrínsecos à análise da pesquisa, como modelos de energia, fontes primárias entre outras.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na perspectiva do que foi analisado nesta pesquisa, nota-se que a história do homem está intimamente ligada ao desenvolvimento energético, que se torna um componente essencial para as mais diversas atividades e para o alcance do desenvolvimento socioeconômico. Numerosas fontes de energia foram utilizadas durante a evolução da humanidade, especialmente combustíveis fósseis como petróleo, carvão, energia nuclear e gás natural. Essas fontes tornaram-se indispensáveis para atender à demanda de energia em todo o mundo.

A qualidade de vida de uma sociedade está fortemente ligada ao seu consumo de energia. A melhoria nos padrões de vida, principalmente nos países em desenvolvimento, gera o aumento do consumo de energia, e, portanto, precisam de uma melhor gestão energética que trate a segurança no fornecimento de energia para atender a esse aumento da demanda por energia.

Tem-se notado, em discussões internacionais e em estudos de diversos países, o aprofundamento da relação entre consumo de energia e o meio ambiente, uma vez que o uso da energia implica na emissão de gases causadores do efeito estufa e, conseqüentemente, do aquecimento global, ambos em países centrais e periféricos. Grandes debates surgem quando o assunto gira em torno dos efeitos do consumo de energia e as condições em que esse consumo deve ocorrer. É consenso entre os ambientalistas que o atual modelo de desenvolvimento, baseado na utilização da natureza como mais um bem econômico a ser

explorado ao máximo, é ao mesmo tempo socialmente desequilibrado e ambientalmente insustentável. Portanto, a partir das últimas décadas do século 20, a comunidade científica internacional tem se mobilizado, promovendo eventos que visam encontrar alternativas para reduzir o desequilíbrio entre as atividades humanas e o meio ambiente.

## **CONCLUSÕES**

Diante do exposto em todo o trabalho, portanto, fica claro a importância da energia elétrica e seus respectivos modelos de produção e suas necessidades apresentadas em todo seu percurso, desde suas origens até a nossa atualidade. A história do homem está intimamente ligada ao desenvolvimento energético, que se torna um componente essencial para as mais diversas atividades e para o alcance do desenvolvimento socioeconômico, levando em consideração o meio ambiente como um fator determinante que é impactado significativamente nas variadas formas de produção de energia, sejam elas limpas ou não. Com base nesse contexto, tem se discutido em vários países o aprofundamento da relação entre consumo de energia e o meio ambiente, uma vez que o uso da energia implica na emissão de gases causadores do efeito estufa e, conseqüentemente o aquecimento global. É consenso entre os ambientalistas que o atual modelo de desenvolvimento, baseado na utilização da natureza como mais um bem econômico a ser explorado ao máximo, é ao mesmo tempo socialmente desequilibrado e ambientalmente insustentável.

O Brasil é um país privilegiado, possui uma vantagem hídrica significativa comparada a vários outros países, mas por outro lado tem um alto custo de produção. Vale ressaltar que no ponto de vista de geração fotovoltaico também é favorecido, pois tem a região nordeste que passa maior parte do ano com radiação solar constante, proporcionando uma maior geração nesse segmento. É importante investir e desenvolver novas tecnologias para uma geração de energia cada vez mais eficiente e que agrida menos ao meio ambiente, atendendo as demandas atuais e garantir as futuras gerações possam usufruir desses recursos naturais com a mesma qualidade ou superior.

## **REFERÊNCIAS**

[1] ABEEÓLICA. **Boletim Anual dados 2020**. Associação Brasileira de Energia Eólica. São Paulo, p. 20. 2020.

- [2] ABEEÓLICA, Associação Brasileira de Energia Eólica. **Boletim anual de geração eólica**. [S.l.], p. 27. 2018.
- [3] BARBIERI, José C. **Gestão ambiental empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2007.
- [4] BEZERRA, Francisco D. Energia eólica no Nordeste. **Caderno Setorial ETENE**, n. 66, 2019.
- [5] BRASIL. Resolução nº 24, de 05 de Julho de 2001, Brasília, DF, Jul 2001.
- [6] EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, DF, p. 149. 2021.
- [7] EPE; MME. **BEN, Balanço Energético Nacional**. Rio de Janeiro. 2018.
- [8] ETENE, Informe T. **As fontes renováveis de energia solar e eólica no nordeste: Oportunidade para novos negócios & inovação**. BNE. [S.l.], p. 22. 2015.
- [9] FERREIRA JUNIOR, Júlio C. G.; RODRIGUES, Manoel G. Um Estudo sobre a energia eólica no Brasil. **Ciência Atual**, Rio de Janeiro, 5, 13, 2015.
- [10] FREITAS, C. O.; MAKIYA I. K. **Potencial energético a partir do biogás proveniente de aterros sanitários do estado de São Paulo**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, RS, 2012. Disponível em: <[https://www.al.sp.gov.br/repositorio/bibliotecaDigital/20919\\_arquivo.pdf](https://www.al.sp.gov.br/repositorio/bibliotecaDigital/20919_arquivo.pdf)>. Acesso em: 27 de maio de 2022.
- [11] GEHM, S. C. **Análise de viabilidade técnico econômica da implantação de uma usina de processamento de resíduos sólidos de Ijuí para produção de energia elétrica**. XXIV Seminário de Iniciação Científica. Unijuí, 2016. Disponível em: <<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/7050/5817>>. Acesso em: 29 de maio de 2022.
- [12] GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

- [13] IEA, [International E. A. <https://www.iea.org/>, 2018. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=ElecGenByFuel>. Acesso em: maio 2021.
- [14] JAKOBOWSKI, M. *et al.* Viabilidade econômica da cogeração de energia elétrica do biogás: um estudo de caso no aterro sanitário de Toledo, Paraná. **Revista Desafios**. v.7, n. 3 , Palmas, TO, 2020.
- [15] MELO NETO, João José; FONTGALLAD, Isabel Lausane; LIMA, Vera Lúcia Antunes. Análise de cenários do potencial econômico e energético da geração de biogás no aterro sanitário de Campina Grande – PB. **Cidades Inteligentes e Novos Modelos Sustentáveis**. 1ª ed. Campina Grande: Amplla, 2022. p.124-143.
- [16] LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- [17] LIMA, Francisco J. L. D. *et al.* Análises de Componente Principal e de Agrupamento para estudo de ventos para a geração de energia eólica na região do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, 5, n. 2, 2010. 188 - 201.
- [18] MAUAD, Frederico F.; FERREIRA, Luciana D. C.; TRINDADE, Tatiana C. G. **Energia renovável no Brasil: Análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras**. São Carlos: EESC/USP, 2017.
- [19] PINAS, J. A.V. *et al.* Aterros sanitários para geração de energia elétrica a partir da produção de biogás no Brasil: comparação dos modelos LandGEM (EPA) e Biogás (Cetesb). **Revista Brasileira de Estudos de População**. v.33, Rio de Janeiro, 2016..
- [20] SANTOS, Sueli D. F. D. O. M.; HATAKEYAMA, Kazuo. Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural. **Produção**, 22, n. 2, 2012.

[21] SILVESTRE, V. V. **Levantamento do potencial de geração de biogás de aterro sanitário para aproveitamento sob a forma de energia elétrica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2015.

[22] SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Estud. av., v. 27, 2013. 99-116 p.

[23] TOLMASQUIN, Mauricio T. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** Rio de Janeiro: EPE, 2016.