

RECURSOS HÍDRICOS E MATRIZ ELÉTRICA NO BRASIL

LUCIANO SERGIO HOCEVAR¹, CARINE TONDO ALVES², JADIEL DOS SANTOS PEREIRA³ e MARIA CÂNDIDA ARRAIS DE MIRANDA MOUSINHO⁴

¹Prof. Dr no curso de Engenharia de Energias, UFRB – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Feira de Santana-BA, lucianohocevar@ufrb.edu.br

²Profª Drª no curso de Engenharia de Energias, UFRB, Feira de Santana-BA, carine.alves@ufrb.edu.br

³Prof. Dr no curso de Engenharia de Energias, UFRB, Feira de Santana-BA, jadielpereira@ufrb.edu.br

⁴ Profª Drª no IFBA – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
4 a 6 de outubro de 2022

RESUMO: A matriz de geração de energia elétrica brasileira é composta majoritariamente por fontes renováveis em um patamar mais elevado que a matriz mundial. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN 2022), a fonte hidráulica se destaca entre as renováveis. A geração de energia a partir de fontes renováveis é um tema relevante no contexto nacional e global, mas, no caso brasileiro, considerando a relação direta entre a fonte hidráulica e o regime de chuvas, constata-se uma vulnerabilidade, tendo em vista que quando há períodos de baixas precipitações pluviométricas, o volume dos reservatórios diminui e usinas termelétricas precisam ser acionadas para atender à demanda. Este trabalho levanta o debate sobre o planejamento energético considerando a análise dos aspectos técnicos, econômicos e gerenciais relacionados às decisões sobre a composição e uso da matriz de energia elétrica brasileira. A metodologia é fundamentalmente pautada na revisão de literatura. Buscou-se encontrar a resposta para uma questão básica relacionada à disponibilidade de energia para atender a demanda brasileira e se as decisões governamentais tomadas podem ser consideradas as mais adequadas. Para esse intento, analisou-se a Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil desde 1970, cruzando com dados do crescimento populacional e de crescimento do PIB comparando-a com a evolução da capacidade instalada de geração de energia.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos; matriz elétrica brasileira; termelétricas; planejamento.

WATER RESOURCES AND THE ELECTRICAL MATRIX IN BRAZIL

ABSTRACT: The Brazilian electricity generation is mainly composed by renewable sources. According to the National Energy Balance (BEN 2022), the hydraulic source stands out among the renewable sources. The generation of energy from renewable supply is a relevant topic in the national and global context, but, in the Brazilian case, considering the direct relationship between the hydraulic source, there is a vulnerability, considering that there are periods of low rainfall, the volume of smaller reservoirs and thermoelectric plants need to be adjusted to the demand. The present work focused on ecological planning considering the analysis of technical and managerial aspects related to decisions on the composition and use of the Brazilian electricity matrix. The literature is based on the literature review. The authors tried to find a basic question related to energy to attend the Brazilian demand and as a greater availability of response. For this intention of electric energy increase, crossing it with GDP data comparing it with the evolution of the energy installation capacity.

KEYWORDS: water resources; Brazilian electrical matrix; thermoelectric plants; planning.

INTRODUÇÃO

A energia é um meio fundamental para satisfazer algumas necessidades humanas, seu uso é intrinsecamente relacionado ao acesso à recursos naturais e, evidentemente, também relacionado a questões ambientais, sublinhando os desafios e a complexidade dessa relação imbricada, na contemporaneidade, em uma crise energética.

O acesso a recursos energéticos é crucial, pois milhões de lares continuam sem acesso aos serviços básicos de energia. E quanto às questões ambientais, o aumento das emissões do CO₂ por combustão de combustível fóssil nos últimos trinta anos (1990-2020) é uma questão a ser considerada com cuidado (ENERDATA, 2021), já que a demanda global por energia irá aumentar (EIA, 2019; EXXONMOBIL, 2019; EIA, 2021a) e países emergentes, como o Brasil, terão papel relevante no processo de transição energética.

Estes desafios supracitados farão com que escolhas por alternativas às fontes tradicionais de produção de energia emergjam e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) proposto pelas Nações Unidas ajudarão a incrementar as energias renováveis na matriz energética global.

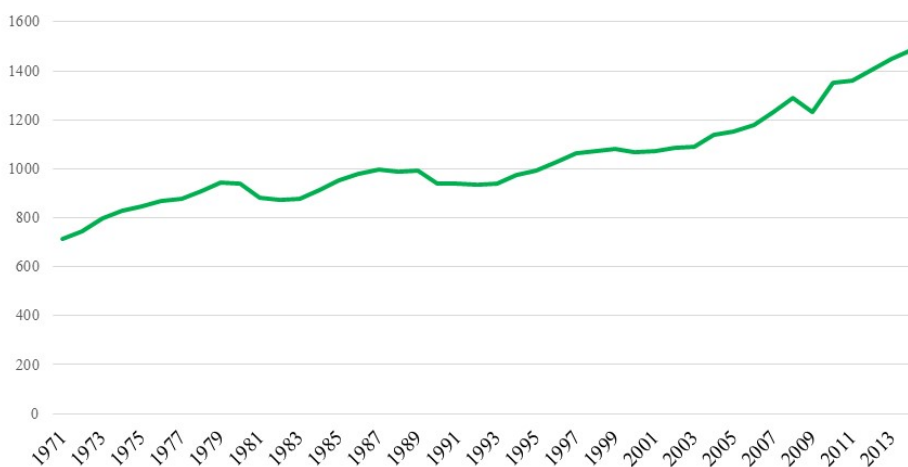
Diante do cenário de desafios globais ligados à questão energética e considerando o papel da hidroeletricidade, temos como objetivo principal nesse trabalho apresentar um panorama sobre o planejamento energético analisando aspectos técnicos, econômicos e gerenciais sobre a composição e o uso da matriz elétrica brasileira. Para isso, dois questionamentos foram considerados para a construção desse artigo, i.e., se o Brasil terá energia elétrica disponível para atender à sua demanda nos próximos anos e se as decisões tomadas ao longo de 2021 podem ser avaliadas como adequadas considerando aspectos técnicos e econômicos. Dividimos esse trabalho em duas seções além da Introdução. A primeira analisa o perfil energético brasileiro, comparando-o com o de outros países. A segunda seção versa sobre a análise dos dados de crescimento da oferta interna de energia elétrica, população residente e produto interno bruto. Por fim, são tecidas as considerações finais do trabalho.

PERFIL ENERGÉTICO BRASILEIRO

Tanto em termos de geração e de consumo de energia o Brasil responde por 2% dos valores globais. Em consumo, no ano de 2020, fomos o sexto maior consumidor de energia do mundo, com 2% do consumo global e produzimos 324 Mtep ou cerca de 2% do que foi produzido no mundo (ENERDATA, 2021).

No período de 1971 a 2014 o uso de energia per capita no país dobrou, com oscilações observadas especialmente após 1979, com retomada do crescimento em 1984, nova queda em 1990, voltando a crescer entre 1993 e 2009 quando o uso de energia caiu novamente e voltando a se intensificar a partir do ano seguinte como pode ser observado a partir da figura a seguir.

Figura 1. Brasil: evolução do uso de energia (kg oil equivalente per capita) 1971-2014



Fonte: WORLD BANK, 2022.

A maior parte do consumo total de energia do Brasil vêm do petróleo, gás natural e carvão mineral, com cerca de 60% de do total. Em 1973 o consumo de energia no país era de 82.2 Mtep e em 2020 saltou para 286 Mtep (MME, 2016b, ENERDATA, 2021).

Já a matriz elétrica brasileira apresentou em 41 anos taxa de crescimento anual de quase 6%, passando de um consumo 65 TWh para 624 TWh, sendo a hidráulica a fonte mais utilizada desde a década de 1970, antes com 90% e agora com cerca de 63% da matriz elétrica do Brasil.

Estima-se que a atual capacidade global de geração de energia hidrelétrica seja de 1.150 GW no total, sendo que, juntos, China (326 GW), Brasil (109 GW), Canadá (81 GW), Estados Unidos (80 GW), Rússia (48 GW) e Índia (45 GW) representaram cerca de 60% da capacidade instalada mundial.

Novos incrementos foram realizados ou incorporados à capacidade instalada em diversos países em 2019 e, dentre eles, o Brasil se destaca com maior percentual de incremento (4,9%), tendo passado de 76 GW em 2007 para 109 GW em 2020 (IRENA, 2017; REN, 2015; 2017; 2020).

A adição de 5 GW à capacidade de geração hidrelétrica brasileira representa quase um terço das adições globais, sendo a maior parte relacionada às seis turbinas finais adicionadas à usina de Belo Monte, completando 11,2 GW. No final de 2019 Belo Monte se tornou a quarta maior usina hidrelétrica do mundo representando 7% da capacidade de geração elétrica do Brasil. Com 418 TWh, a produção hidrelétrica do Brasil permaneceu praticamente inalterada desde 2018. Apesar do mercado aparentemente robusto do Brasil em 2019, o desenvolvimento hidrelétrico incremental do país é cada vez mais limitado pelos recursos disponíveis. Apenas 12 GW estão em áreas sem restrições ecológicas e/ou sociais, um potencial remanescente ainda mais limitado tanto por questões sociopolíticas, como pelos custos ambientais associados ao desenvolvimento, estimados em ordem de magnitude maior do que o típico para energia eólica e solar fotovoltaica no Brasil (REN, 2020).

A matriz de geração de energia elétrica brasileira é composta majoritariamente por fontes renováveis (cerca de 80%), num patamar muito mais elevado do que o da matriz mundial (cerca de 30%), segundo informa o Balanço Energético Nacional 2022 (EPE, 2022). O mesmo documento ainda informa que a fonte hidráulica ocupa lugar de destaque entre as renováveis, com aproximadamente 60%, seguida por biomassa e eólica, com 9% cada, e da solar, com 2%.

Considerando sua relação de dependência com o regime de chuvas, a dependência da geração hidroelétrica pode ser uma vulnerabilidade da nossa matriz de energia elétrica, principalmente nos períodos de baixas precipitações pluviométricas, quando o volume dos reservatórios diminui.

ANÁLISE DE DADOS DE CRESCIMENTO (OIEE, População e PIB)

De acordo com o BEN - Séries Históricas (EPE, 2020), a capacidade instalada de geração de energia passou de 33 GW em 1980 para 74 GW em 2000 e 175 GW em 2020. A população era 122 milhões em 1980, passou para 175 milhões no ano 2000 e alcançou 213 milhões em 2020 (IBGE, 2022).

Analisando os dados da Oferta Interna de Energia Elétrica – OIEE no Brasil, do crescimento populacional e do PIB é possível estabelecer uma relação OIEE / PIB / habitante e compará-la com a evolução da capacidade instalada de geração de energia.

Tabela 1 - Oferta Interna de Energia/ PIB/ População

		CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO	OFERTA INT. ENERGIA ELÉTRICA-OIEE	PRODUTO INTERNO BRUTO - PIB	POPULAÇÃO RESIDENTE - POP	OIEE/POP	OIEE/PIB
UNIDADE		GW	GWh	10 ⁹ US\$ppc (2010)	10 ⁶ hab	KWh/hab	GWh/10 ³ US\$
ANO	1980	33.472	139.170	1.298	122	1.142	107
	1990	53.050	249.358	1.517	150	1.665	164
	2000	73.671	393.259	1.953	175	2.251	201
	2010	113.327	550.447	2.804	196	2.812	196
	2020	174.737	645.915	2.858	213	3.039	226

FONTE: Elaborada pelos autores a partir de dados da EPE (BEN - Séries Históricas)

De 1980 a 2020 a Oferta Interna de Energia Elétrica - OIEE cresceu quase 5 vezes, enquanto o Produto Interno Bruto – PIB e a População Residente cresceram 2 vezes. A relação OIEE/Pop cresceu quase 3 vezes no mesmo período e a OIE/PIB, aproximadamente 2 vezes. Ou seja, a OIEE cresceu sempre mais do que os indicadores relacionados com a Demanda, como População e PIB.

Com planejamento, observando-se os ciclos de chuva, as características regionais, a quantidade de água que chega às usinas e que pode ser convertida em energia (Energia Natural Afluente – ENA) e as diversas modalidades de geração disponíveis no Sistema Interligado Nacional – SIN é possível atender à demanda de energia elétrica sem maiores percalços, como demonstrado pela evolução da OIEE (Tabela 1).

Porém, a geração hidrelétrica não tem acompanhado o crescimento da OIEE, devido ao volume de chuvas desfavorável, com precipitações pluviométricas raramente acima da média histórica, indicando tendência de escassas chuvas.

Contudo, é nesse ponto que se revela a importância do planejamento, já que os modelos que definem o despacho das usinas para o atendimento à demanda trabalham com os cenários de projeção de chuvas, podendo decidir, por meio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), quando despachar usinas térmicas para ajustar as relações oferta / demanda.

De acordo com o registrado em ATA da 242ª Reunião do CMSE realizada em 07/12/2020, na qual foram avaliadas as condições do atendimento eletroenergético do SIN, o ONS informa que em novembro de 2020 “não foram verificados volumes significativos de chuvas nas principais bacias de interesse do SIN, sob a ótica da geração de energia elétrica”. E prossegue relatando que, em termos de Energia Armazenada, em novembro de 2020 “foram verificados armazenamentos de 17,7%, 18,3%, 52,2% e 28,9% nos subsistemas Sudeste/Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Norte, respectivamente, evidenciando a impossibilidade do início da recuperação do armazenamento dos principais reservatórios do SE/CO e Sul, contrariamente ao comportamento esperado para o início do período tipicamente úmido”. Ora, já havia informações relevantes sobre as condições dos reservatórios e do regime de chuvas dos meses seguintes, o que deveria ter levado a efetivar decisões adequadas à gravidade da situação.

Também os dados disponíveis do Volume Equivalente do SIN, mostram a série histórica de 2014 a 2021 com resultado entre 29% e 42% para os meses de dezembro (ANA, 2022).

A ANA – Agência Nacional de Águas publica acompanhamento regular e periódico da situação da seca, cujos resultados consolidados são divulgados por meio do Mapa do Monitor de Secas. Mensalmente informações sobre a situação de secas são disponibilizadas até o mês anterior, com indicadores que refletem o curto prazo (3, 4 e 6 meses) e o longo prazo (12, 18 e 24 meses), indicando a evolução da seca na região (ANA, 2022).

O Monitor de Secas consolida o conhecimento técnico e científico já existente em diferentes instituições estaduais e federais num documento comum contendo informações sobre as condições de seca (severidade, evolução temporal e espacial) e impactos sobre os diferentes setores envolvidos. O Monitor facilita a tradução das informações em ferramentas e produtos utilizáveis por instituições tomadoras de decisão e indivíduos, de modo a fortalecer os mecanismos de Monitoramento, Previsão e Alerta Precoce, sendo uma valiosa ferramenta de auxílio à gestão dos recursos hídricos e planejamento energético.

Para 2021 o Monitor de Secas mostrava que na Região Nordeste janeiro, fevereiro e março tiveram piora na condição de seca, condição intensificada com agravamento da seca em maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro. O mesmo monitor mostra piora do cenário na Região Sudeste, com agravamento da seca em janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, julho, agosto e setembro. Já na Região Sul, chuvas abaixo da média agravaram a seca nos três estados em abril, maio, junho, julho, agosto, novembro e dezembro. Por fim, no Centro-Oeste houve avanço da seca grave em janeiro, março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, além de persistência do cenário de seca intensa, em decorrência dos déficits de chuva acumulados em longo prazo – superior a 12 meses.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados disponíveis e de suas correlações mostra que a oferta de energia elétrica, caracterizada pela Oferta Interna de Energia Elétrica - OIEE, tem sido sempre maior do que a demanda, inferida pelo aumento da População Residente e pelo aumento do poder aquisitivo, logo pelo poder de consumo, obtido pela evolução do Produto Interno Bruto - PIB. Mesmo as relações

OIEE/ População Residente e OIEE/PIB mostram índices favoráveis ao crescimento da OIEE. Logo, não há uma demanda crescente de energia elétrica superior à oferta. Contudo, a OIEE precisa ser administrada, já que é composta por diversas fontes, com predominância da hidrelétrica. A gestão dos recursos hídricos, alternando geração hidrelétrica e termelétrica pode ser feita preventivamente, levando em consideração indicadores publicados pelos ONS, SIN, EPE e ANA. Descartadas as causas técnicas para uma possível, mas improvável crise de fornecimento de energia elétrica resta investigar outras causas, como as decisórias e administrativas, já que os dados e informações que permitem decidir qual a melhor rota de geração e qual o momento mais adequado para acioná-la estão disponíveis e ao alcance dos responsáveis pelas decisões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - Agência Nacional de Águas. Sistema Interligado Nacional. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar/sin> Acesso: 01 mai. 2022.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Sistema Interligado Nacional - SIN. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar0/MedicaoSin> Acesso: 01 mai. 2022.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Monitor de Secas. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/o-monitor-de-secas> Acesso: 13 mai. 2022.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional 2022 - BEN 2022 | Relatório Síntese | Ano base 2021 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2022. Brazilian Energy Balance 2022 Year 2021 / Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2022. 67 p. : 182 ill. : 23 cm 292 p. : 182 il. ; 23 cm. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso: 29 jun. 2022.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional - Séries Históricas. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas>. Acesso: 01 mai 2022.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Glossário. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/glossario> Acesso: 09 mai. 2022.
- EXXONMOBIL. Outlook for Energy: a perspective to 2040. USA: Exxon Mobil, 2019, 58p.
- GLOBAL ENERGY STATISTICAL YEARBOOK (ENERDATA, 2021). World Energy & Climate Statistics Yearbook 2021. Disponível em: <https://yearbook.enerdata.net> Acesso: 20 jan 2022.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censos Demográficos de 1980, 1991, 2000 e 2010 e Contagem da População 1996. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=series-historicas> Acesso: 01 mai 2022.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA, 2021a). Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=BRAZIL&energy=Balances&year=2019> Acesso: 10 mai 2022.
- _____. (IEA, 2021b). Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=BRAZIL&energy=Electricity&year=2019> Acesso: 10 mai 2022.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Renewable Capacity Statistics 2017. Abu Dhabi: IRENA, 2017, 60p.
- RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK (REN 2016). Renewables Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat, 2016, 272p. Disponível em: http://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2016/11/REN21_GSR2016_KeyFindings_port_02.pdf Acesso: 10 mai 2022.
- _____. (REN, 2015). Renewables Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat, 2015, p. 251 p.
- _____. (REN, 2020). Renewables Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat, 2020, p. 367 p.
- US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). International Energy Outlook 2019: with projections to 2050. Washington: EIA 2019, 85p.
- _____. (EIA, 2021a) International Energy Outlook. Washington, 2021, 21p.
- WORLD BANK (2022). CO2 Emissions Brazil. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE?locations=BR> Acesso: 10 mai 2022.