

CIÊNCIAS DO AMBIENTE

Fascículo 3

Matriz energética e meio ambiente

Autores:

Beatriz de Deus Grotto

Tatiana Vieira de Moraes

Ozelito Possidônio de Amarante Junior

Celso Maran de Oliveira

© 2022 by Beatriz de Deus Grotto, Tatiana Vieira de Moraes, Ozelito Possidônio de Amarante Junior,
Celso Maran de Oliveira

Direitos dessa edição reservados ao Centro de Estudos em Democracia Ambiental da Universidade
Federal de São Carlos – CEDA-UFSCar

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem a autorização expressa da Editora.
Capa e Projeto Gráfico: Matheus Mazini Ramos

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Amarante Junior, Ozelito Possidônio de; Oliveira, Celso Maran de
(Organizadores).

Ciências do Ambiente; fascículo 3: Matriz energética e meio ambiente /
Beatriz de Deus Grotto, Tatiana Vieira de Moraes, Ozelito Possidônio
de Amarante Junior, Celso Maran de Oliveira - São Carlos:
CEDA/UFSCar, 2022.

17 p.il.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-997083-4-3

1. Ambiente. 2. Energia. 3 Sustentabilidade. Grotto, Beatriz de Deus. I. Moraes, Tatiana Vieira. II. Amarante Junior, Ozelito Possidonio. III. Oliveira, Celso Maran. IV.



Centro de Estudos em Democracia Ambiental
Universidade Federal de São Carlos
Via Washington Luís, km 235 CEP: 13565-905.
São Carlos, SP. Brasil
Telefone: (16) 3306-6789
<http://www.ceda.ufscar.br>

MATRIZ ENERGÉTICA E MEIO AMBIENTE

Beatriz de Deus Grotto, Tatiana Vieira de Moraes

Ozelito Possidônio de Amarante Junior & Celso Maran de Oliveira

O que é Matriz Energética?

A Matriz Energética é composta por elementos que produzem basicamente eletricidade e combustíveis, sendo ela essencial para as atividades humanas desenvolvidas na atualidade. Ao contrário do que comumente se associa, energia não é sinônimo de eletricidade, uma vez que combustíveis diversos podem gerar energia sem o uso da eletricidade. Como, por exemplo, o carvão sustentar fogo pelo uso do fósforo. Além disso, as finalidades das energias não são necessariamente congruentes.

A Matriz Energética de determinado país ou região é derivada do uso de fontes de energia, sendo estas renováveis ou não renováveis, ou seja, sua disponibilidade pode ou não se repetir para usos futuros (ao menos a curto e médio prazo).

Matriz Energética e meio ambiente

Relaciona-se a Matriz Energética ao meio ambiente pois a primeira não poderia existir sem o segundo. O meio ambiente é a sustentação da Matriz Energética em todos os lugares do mundo, independente desta ser renovável ou não renovável.

Assista ao documentário da TV Câmara sobre Geração de Energia, acessando ao [link](#).



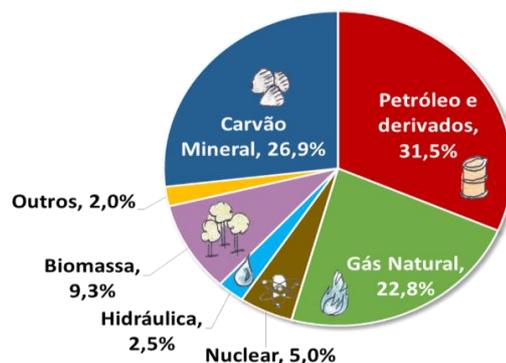
Praia do Cassino, Rio Grande, RS (Foto: Ozelito Possidônio de Amarante Junior).

Quais são as fontes utilizadas para geração de energia?

Atualmente, a grande parte das atividades humanas exige o uso de energia. A Revolução Industrial (séculos XVII a XIX) acelerou esta dependência e pode-se dizer que os desenvolvimentos social e econômico estão atrelados aos usos de energia para desempenho das inúmeras atividades e até mesmo para a melhoria da qualidade de vida nos dias de hoje.

Com o decorrer dos benefícios advindos da Revolução Industrial, os recursos naturais foram cada vez mais sendo utilizados, sem o adequado planejamento e sem se ter conhecimento sobre seu esgotamento em quantidade e qualidade (veja mais detalhes no fascículo 11 - Sistema de Gestão Ambiental). Esta postura se reflete até os dias de hoje, evidenciada pelo uso excessivo de fontes não renováveis na Matriz Energética mundial, como vemos na Figura 1. É uma tarefa constante mudar esta herança, promovendo práticas mais sustentáveis.

Figura 1 – Matriz Energética mundial



(Fonte: IEA, 2020)



Pausa para reflexão:

Por que os desenvolvimentos econômico e social foram apoiados no uso de recursos não renováveis?

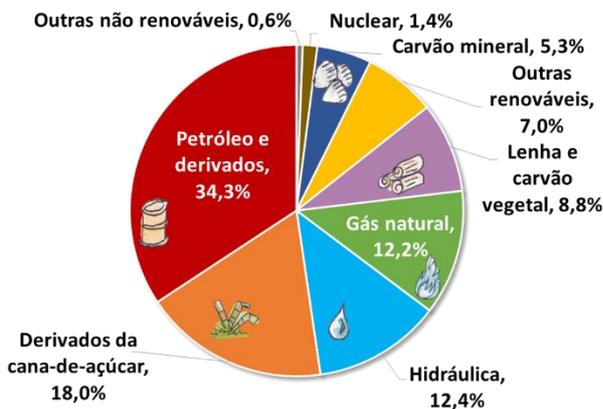
A grande disponibilidade destes recursos suscitou a impressão de abundância e inesgotamento destes, o que trouxe o entendimento de que se poderia utilizar os recursos naturais, principalmente o petróleo e o carvão, sem ônus.

Hoje sabemos que não é assim, pois observamos que, ao longo do tempo, a quantidade de extração é muito superior à quantidade de reposição do recurso na natureza, o que o torna indisponível para uso recorrente.

E no Brasil, como é a Matriz Energética?

No Brasil, o uso dos recursos naturais para geração de energia é diferente do restante do mundo. Como vemos na Figura 2, aqui utilizamos mais fontes renováveis, principalmente as derivadas de cana-de-açúcar e hidráulica.

Figura 2 – Matriz Energética brasileira



(Fonte: IEA, 2020)

Enquanto na Figura 1 observa-se a presença de cerca de 14% de fontes renováveis, na Figura 2 há cerca de 46%, o que traz perspectivas positivas para o desenvolvimento sustentável no Brasil.



Pausa para reflexão:

Por que os recursos renováveis são mais utilizados no Brasil do que no mundo?

O Brasil é um dos maiores países do mundo em território, sendo o quinto com maior área, ficando atrás apenas da China, Canadá, Rússia e Estados Unidos (IBGE, 2020). Esta vantagem propicia o uso das terras brasileiras para cultivos agrícolas, especialmente da cana-de-açúcar, sendo este o principal recurso utilizado para produção do Etanol, o que proporciona maior poder de exportação deste produto, trazendo e visibilidade e alavancando a economia do país.

Ainda, o Brasil é um dos países com maior disponibilidade hídrica, contendo cerca de 12% da água disponível no mundo (ANA, 2020), o que novamente possibilita vantagem para uso deste recurso na Matriz Energética.

Quais são as fontes não renováveis de energia?

As fontes de energia não renováveis, denominadas fontes convencionais, são finitas e esgotáveis, uma vez que sua possível reposição pela natureza levaria milhões de anos e dependeria de diversos fatores e condições ambientais para ocorrer.

Podem ser mencionadas, como exemplo, as seguintes fontes de energia não renováveis:

- **Petróleo:** é um combustível fóssil, produzido há milhões de anos e extraído das bacias sedimentares, que se encontram no subsolo aquático ou terrestre. Dá origem a combustíveis e diversos outros materiais. É atualmente a maior fonte de energia utilizada no planeta e, como consequência, uma das maiores fontes de conflitos.



Rio Grande do Norte. Foto: Ozelito P. de Amarante Jr., 2010.

- Carvão mineral: é um combustível fóssil rico em carbono, originado há milhões de anos pela fossilização da madeira em áreas de antigos pântanos e florestas. No Brasil, é utilizado na indústria siderúrgica, a exemplo da produção de aço e ferro-gusa.



Fonte: [Pixabay]

- Gás natural: é a forma gasosa de mistura de hidrocarbonetos, principalmente o metano. Suas reservas são encontradas na maior parte das vezes nas bacias sedimentares, de onde se extrai o petróleo.



Fonte: (ppi.gov.br)

- Xisto betuminoso: é uma rocha rica em matéria orgânica que, ao ser submetida a elevadas temperaturas (aproximadamente 500°C, libera óleo e gás.



Fonte: (aen.pr.gov.br)

- Energia nuclear: é produzida em usinas termonucleares a partir da fissão (divisão) do núcleo de átomos de urânio. É utilizada principalmente para produção de eletricidade.



Fonte: [Pixabay]

Quais as consequências do uso das fontes não renováveis?

As fontes não renováveis são conhecidas há muito tempo e tradicionalmente utilizadas. No entanto, geram consequências negativas ao ambiente e à saúde.

Como fontes de energia, há necessidade de estes combustíveis serem queimados para a produção de energia. Com isso, há geração de gases poluentes, tóxicos e de efeito estufa, bem como material particulado (pó, poeira e fuligem). Tais gases e

materiais possuem efeito poluente na atmosfera e são nocivos à saúde. Excetua-se deste efeito a energia nuclear, uma vez que não há combustão no processo de obtenção de energia por essa fonte.

A extração de carvão, xisto e urânio geram intenso impacto negativo ao meio ambiente, já que a extração mineral é considerada atividade de significativo impacto ambiental (veja o Fascículo 6: Avaliação de Impacto Ambiental).

O processo de extração e transporte do petróleo também é considerado negativamente impactante ao ambiente, já tendo ocorrido diversas tragédias por derramamento e vazamento de óleo.

Assista ao vídeo do Jornal O Globo sobre o derramamento de petróleo no Nordeste brasileiro, acessando ao [link](#).

A utilização do urânio na produção da energia nuclear envolve grandes riscos de acidentes, além de o resíduo gerado (chamado de lixo nuclear radioativo) ser extremamente contaminante e envolver a necessidade de gestão adequada e armazenamento especial.

Vemos, portanto, que os impactos ambientais não estão apenas ligados à produção direta de energia, mas também aos processos de extração dos recursos não-renováveis, seu transporte, transformação (como o refino do petróleo ou a purificação do urânio, por exemplo), armazenamento, distribuição e, finalmente, uso para obtenção de energia (elétrica ou calor).



Pausa para reflexão:

O que são Gases de Efeito Estufa (GEE)?
São gases gerados pela queima de combustíveis fósseis, além das queimadas e desmatamentos, já que estes eliminam as fontes naturais de absorção destes gases. Os principais gases contribuintes para o aumento do efeito estufa são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e o ozônio (O₃).
(Fonte: [CETESB](#))

Quais são as fontes renováveis de energia?

Como comentamos, as fontes renováveis de energia são aquelas que não se esgotam a curto e médio prazo, desde que seu uso não seja excessivo e não exceda às capacidades de reposição natural do meio ambiente. Quando falamos de matriz energética e uso dessas fontes, não devemos considerar apenas a geração de eletricidade, mas também usos diretos da energia em processos de produção ou fornecimento de serviços. São alguns exemplos:

- Solar: utiliza a radiação solar como fonte de energia, por meio de placas solares. Existem diferentes modelos de transformação da energia solar em energia elétrica ou calor. Placas fotovoltaicas (que empregam materiais semicondutores, por exemplo), fluidos que se aquecem e se dilatam, compostos orgânicos que sofrem oxirredução entre duas placas de vidro, até algas que transformam luz em biomassa e depois são usadas como combustível são possíveis formas de empregar a luz solar como fonte de energia.



Amestista do Sul, RS. (Foto: Ozelito P. de Amarante Jr., 2021).

- Eólica: utiliza a força mecânica do vento como fonte de energia, por meio de turbinas eólicas (ou aerogeradores) para geração de eletricidade. Também pode-se empregar a energia eólica de forma direta, para fazer funcionar um moinho que macere grãos, para bombear água ou até

mesmo para refrigerar ambientes, apenas para citar alguns exemplos.



Praia do Cassino, Rio Grande, RS. (Foto: Ozelito P. de Amarante Jr., 2013)

- **Hidráulica:** utiliza a força da água para geração de energia, também por meio de turbinas. Existem, também, diferentes modelos para gerar eletricidade empregando a água. Podem-se construir barragens, que garantem uma coluna d'água de uma certa altura, acumulando energia potencial, que é transformada em energia cinética e empurra a água dentro da turbina, gerando eletricidade. Esse modelo leva à inundação de áreas que podem, por degradação da matéria orgânica do solo, gerar gás metano (que possui efeito estufa). Outra possibilidade é usar a correnteza, não sendo necessário inundar áreas. Neste modelo, não há áreas inundadas e não se tem a geração do gás metano. Também podemos utilizar a energia hidráulica de forma direta, para mover moinhos, por exemplo.



Cataratas do Iguazu, Foz do Iguazu, PR. (Foto: Ozelito P. de Amarante Jr., 2015)

- **Maremotriz e ondas:** utiliza a força das marés ou das ondas para geração de energia; por meio de turbinas transformadoras. Nessa fonte de energia encontram-se vários modelos e protótipos para aproveitamento da energia das ondas ou da altura das marés.



Praia de Tambaba, João Pessoa, PB. (Foto: Ozelito P. de Amarante Jr., 2015)

- **Biomassa:** esta energia é gerada por um processo mais complexo que as anteriores, passando por processos como pirólise, gasificação, combustão ou co-combustão de material orgânico (derivados de organismos vivos, como madeira, bagaço da cana-de-açúcar, fezes, dentre outros).



Palmeira de babaçu, Maranhão.(Foto:Ozelito P. de Amarante Jr., 2015)

- Geotérmica: utiliza do calor do interior da Terra, principalmente por meio do magma, sendo este calor transportado em forma de água quente ou vapor para geração de energia pelas turbinas.



(Fonte: Esfera Energia, 2021)



Pausa para reflexão:

O uso das energias renováveis sempre é benéfico?
Nem sempre o uso das energias renováveis é benéfico, pois o seu excesso pode também causar desequilíbrio no meio ambiente, provocando impactos negativos para a fauna e flora local; e, em alguns casos, também para a qualidade de vida humana.
É preciso ter equilíbrio no uso das energias, planejando-se sua instalação e desenvolvimento de forma que ocasione a menor quantidade de impactos negativos possível, e que estes possam ser reversíveis ou compensados corretamente.

A ampliação do uso das energias renováveis certamente deve ser impulsionada, principalmente

em detrimento do uso das energias não renováveis. No entanto, é preciso planejar e praticar este uso de maneira adequada, para que não prejudique o meio ambiente e a qualidade de vida.

Apesar da grande parte das energias renováveis serem consideradas limpas, há impactos negativos que podem ser ocasionados, como aponta-se a seguir, utilizando-se como base o trabalho de Santos *et al.* (2015):

- Eólica: pode causar morte de avifauna, apresenta impacto visual e principalmente sonoro;
- Hidráulica: provoca desmatamento, assoreamento dos cursos d'água, deslocamento de comunidades ribeirinhas e indígenas, dentre outros;

Assista ao documentário “Belo Monte: Usina de Problemas”, produzido pela TV Cultura, acessando ao [link](#).

- Maremotriz: provoca mudanças no ecossistema marítimo, demandando manutenções;
- Biomassa: emite dióxido de carbono (CO₂) e apresenta baixa capacidade de armazenagem de energia.
- Geotérmica: demanda locais específicos para sua geração, provoca impactos sonoros.

Das energias citadas, a que apresenta menores impactos socioambientais é a solar, sendo algumas desvantagens o seu alto custo aquisitivo (devido à tecnologia agregada) e a dependência das condições climáticas para sua eficácia, somada à sua baixa capacidade de armazenagem.

Energia hidráulica no Brasil

Energias renováveis são conhecidas por sua origem a partir da geração e transformação de recursos renováveis, ou seja, recursos inesgotáveis (mas nem sempre), os quais são naturalmente repostos ou disponibilizados pela natureza, em alguns casos até mesmo em abundância. São

exemplos de energias renováveis: solar, eólica, hidráulica, maremotriz, geotérmica, biomassa, dentre outras (PORTAL SOLAR, s/d).

No Brasil, a energia renovável de maior destaque é a de fonte hídrica, a qual abastece grande parte da demanda energética do país, a partir da instalação de hidrelétricas com reservas artificiais, que serão usadas para transformação e geração da energia a ser distribuída (PORTAL SOLAR, s/d; BRASIL ESCOLA, 2021).

A energia hidráulica ganhou força no Brasil principalmente porque é um país rico em rios com extensões gigantescas, além desta apresentar alta eficiência de aproveitamento energético, e do custo zero com a principal fonte utilizada: a água (BRASIL ESCOLA, 2021). No entanto, o uso desta energia tornou-se prejudicial, uma vez que a instalação das usinas hidrelétricas pode causar enormes prejuízos à fauna e flora, e, ainda, às populações que vivem no local escolhido para construção. Os impactos socioambientais decorrentes são diversos e inúmeros, causando conflitos e, muitas vezes, mortes, o que desqualifica esta energia como puramente renovável, visto que estes impactos causam perdas irrecuperáveis (LEGNAIOLI, 2021).

O filme *Narradores de Javé* retrata uma comunidade fictícia que sofre uma opressão real, resumida pela frase do enunciado da Tarefa. A história gira em torno de uma comunidade que será despejada à força devido à instalação de uma hidrelétrica, da qual seu lago de reserva inundará as casas das pessoas que ali vivem. Essas pessoas não foram orientadas sobre a situação, nem realocadas, simplesmente sofrendo perda de seu território e de suas conquistas, perdas estas que ultrapassam o calculável, pois ferem a origem e a trajetória de suas famílias e entes queridos.

Os moradores da comunidade fazem uma tentativa de contar sua história para os empreendedores da usina, por meio de um livro escrito em conjunto, na esperança de que assim sejam ouvidos e considerados pelos opressores. Contudo, o livro não foi entregue, mas mesmo que fosse desta

maneira, o final ainda não seria diferente, e a cidadezinha seria inundada, pois estes cidadãos não estavam sendo protegidos por lei, e não eram assistidos por ninguém fora dali.

Assista ao filme *Narradores de Javé* na íntegra, acessando ao [link](#).

Perspectivas para uso das Energias Alternativas

Saldanha (2012) aponta que o setor elétrico é fundamental para o desenvolvimento social, mas o crescimento deste deve ser compatibilizado com o desenvolvimento econômico e com a proteção ambiental. Rodrigues e Costa (2016) afirmam que a construção de uma matriz energética sustentável deve ter como pano de fundo um “novo estilo de desenvolvimento, menos voraz a nível do consumo de energia e mais compatível com a sustentabilidade ambiental” (RODRIGUES; COSTA, 2016, p.1).

A partir do fim de 2019 e início de 2020, o mundo entrou em um momento de crise, ocasionada pela pandemia de corona vírus causador da COVID-19. Essa crise afeta a sociedade em diversas esferas: política, econômica e sociais, sem contar as profundas alterações na sociedade devido ao isolamento social e às lamentáveis perdas de entes queridos. Momentos de crise como este provocam severas reações em cadeia, entre elas o desequilíbrio financeiro e econômico global. O consumo de energia durante esse período não apenas não diminuiu, como também dispersou-se, uma vez que várias atividades econômicas passaram a serem realizadas de dentro dos lares dos trabalhadores. Segundo Conceição (2020), o setor energético possui estreita relação com a atividade econômica, principalmente levando-se em conta a alta demanda energética industrial, sendo este insumo, em muitos casos, o principal custo da produção. Ainda segundo Conceição (2020), praticamente todas as discussões que envolvem as estratégias para recuperação da

economia pós-pandemia devem contemplar aspectos inerentes ao setor energético.



Pausa para reflexão:

Desperdício de energia

A Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de energia (ABESCO) calculou, entre os anos de 2015 e 2017, o desperdício de R\$ 61,7 bilhões que o Brasil poderia evitar com incentivo à modernização industrial e à fabricação de produtos energeticamente mais eficientes (ABESCO, 2017).

Para além da ampliação das alternativas e novas fontes energéticas, é necessária a atualização das plantas industriais e estímulos à produção de bens de consumo mais eficientes.

Considerando-se que as fontes de energias renováveis podem ser uma alternativa inteligente para recuperação dos danos e melhora das perspectivas de geração de energia no Brasil pós-pandemia (devido ao fato de ser uma fonte de energia considerada inesgotável), a presente tarefa faz uma reflexão do histórico geral e das previsões de Potência (MW) das energias hídrica, eólica e solar, com base nos dados atualizados, disponibilizados pela ANEEL (2020).

A energia hídrica tem sido a principal fonte de energia renovável utilizada no Brasil, no entanto, este cenário pode mudar. Um dos fatores que ocasionam esta mudança é o alto investimento demandado pelas usinas hidrelétricas e o grande impacto socioambiental que estas geram. Além disso, conforme aponta Borba e Gaspar (2010), atualmente a geração e uso de energia no mundo não é sustentável, pois está pautada principalmente na dependência de combustíveis fósseis, o que está agravando a degradação dos meios ambientes locais, regionais e globais. Sendo assim, pode-se enxergar esta crise pandêmica como uma oportunidade para se realizar tais mudanças.

Posto isto, serão apontados dados comparativos entre três tipos de energias renováveis, discutindo as perspectivas futuras das energias alternativas: hídrica, eólica e solar.



Praia do Cassino, Rio Grande, RS. Foto: Ozelito P. de Amarante Jr., 2016.

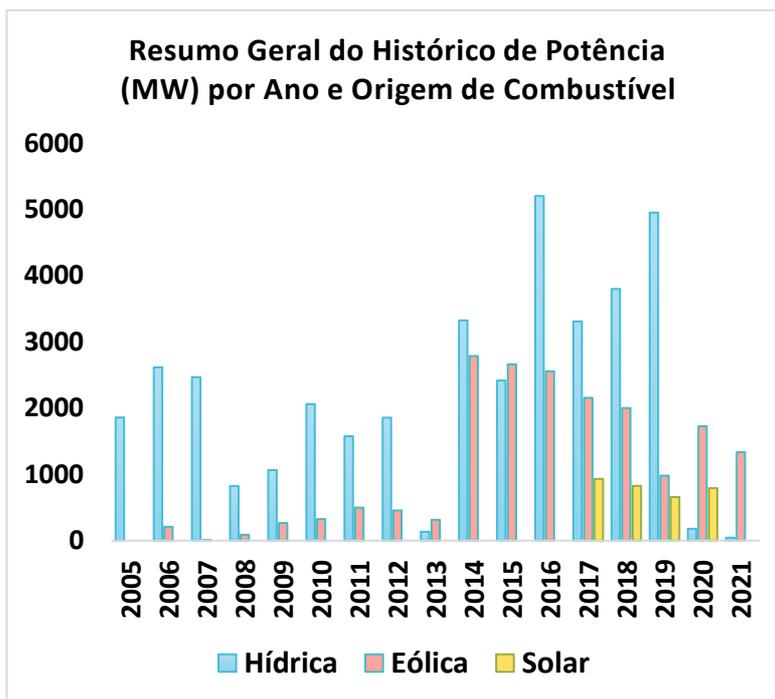
Segundo Borba e Gaspar (2010), há soluções sustentáveis para o setor energético, as quais podem ser impulsionadas por políticas fiscais e regulatórias locais, nacionais e internacionais, o que pode acelerar consideravelmente a disseminação das eficiências energéticas existentes. No âmbito brasileiro, têm-se programas como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), os quais podem favorecer a formação de mercados para tecnologias ambientalmente benéficas.

A partir da análise do Gráfico 1, é possível observar a forte presença histórica da energia hídrica na matriz energética brasileira. No entanto, nos anos de 2008, 2009 e 2013 verificam-se registros abaixo de 1000 MW. Tais quedas parecem oportunizar o uso de energias alternativas, como a eólica, pois se percebe que a Potência dessa energia aumentou de 2008 para 2009, e de 2013 para 2014 de maneira expressiva. Contudo, nos anos seguintes, a Potência desta energia decresceu. Observa-se, também, que os dados da energia solar datam apenas a partir de 2017, podendo-se afirmar que a geração desta energia ainda não estava consolidada, em termos de usinas elétricas. Isso pode ser associado com o escasso conhecimento científico e tecnológico acerca desta, e ao alto custo dos transformadores e geradores necessários para seu funcionamento.

A energia solar fotovoltaica exige potenciais financeiros e tecnológicos que o Brasil ainda não dispõe. Além disso, é possível associar a não utilização global deste sistema por se tratar de uma estrutura que pode ser instalada de forma isolada nas residências, empresas e indústrias (por quem tem este poder aquisitivo). Assim, é possível afirmar que o uso crescente da energia eólica comentado pode ser resultado de sua trajetória,

com construção de usinas desde 2006, e incentivos a partir da criação da Lei nº 10.438/2002, que dispõe sobre o PROINFA (ANEEL, 2015; BRASIL, 2002). Atualmente (nos dados de 2021), verifica-se que a Potência (MW) da energia hídrica está muito próxima de zero, e que as energias solar e eólica estão tomando força, retratando a oportunidade de mudança.

Gráfico 1 – Resumo Geral do Histórico de Potência (MW) por Ano e Origem de Combustível



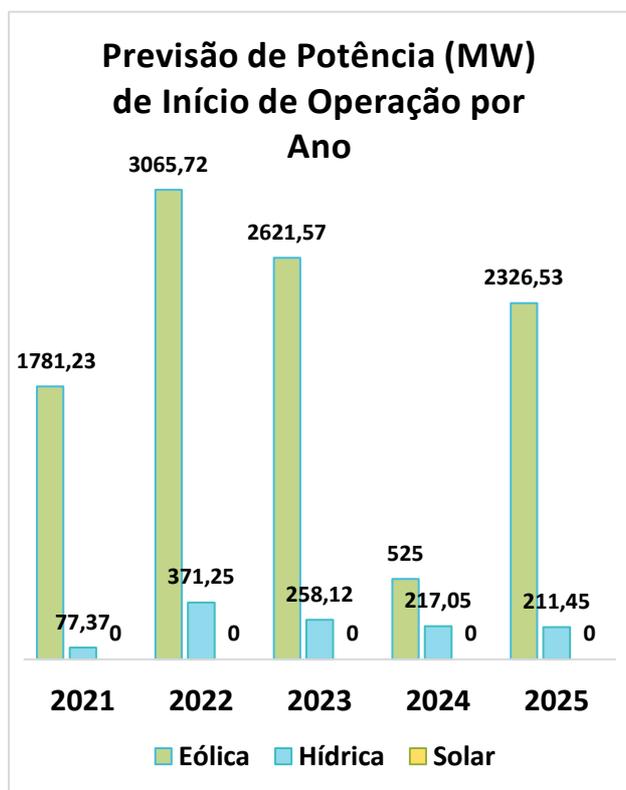
Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

O Gráfico 2 apresenta as perspectivas futuras em torno da Potência (MW) das 3 fontes de energias renováveis, pelos próximos quatro anos (até 2024). A partir da observação dos dados apresentados, pode-se verificar que a energia hidráulica não estará mais dominante, sendo substituída pelas fontes alternativas, eólica e solar. Há a previsão de um “boom” da energia solar em 2022, ano em que, de acordo com o Portal Solar (2022a), estará chegando o carro Sono Sion no Brasil, que poderá ser carregado o suficiente para andar até 34 km com um dia de sol.

O Portal Solar (2022b) também aponta que o setor de geração solar centralizada está com projetos

para 2021 e 2022, pois o mercado está olhando para frente e busca autonomia. Segundo Casarin (2020), há expectativas para o início de fornecimento de 48 novas usinas solares até 2022, conforme divulgado pelo Conselho de Administração da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). O conselho declarou que há previsão de início das obras em 2021, as quais aumentarão a Potência da energia solar em mais de 50%. Ainda, o diretor do Conselho aponta que esta fonte de energia é a que mais está recebendo apoios financeiros, com o maior número de projetos habilitados.

Gráfico 2 – Previsão de Potência (MW) de início de operação por ano, para os próximos anos.



Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

Origem de Combustível	Dados até julho de 2021	
Hídrica	Previsão de Operação (MW)	77,37
	Usinas em Atraso	61
	Usinas Adiantadas	5
	Usinas Dentro do Prazo	20
Eólica	Previsão de Operação (MW)	1781,23
	Usinas em Atraso	47
	Usinas Adiantadas	95
	Usinas Dentro do Prazo	130
Solar	Não há dados	-

Tabela 1 – Dados de previsão de operação e cumprimento de cronogramas de usinas em 2021.

Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

A Tabela 1 destaca os dados referentes à Previsão de Operação (MW), usinas em atraso, usinas adiantadas e usinas dentro do prazo, referentes às fontes de energias hídrica, eólica e solar, no ano de 2021. A Tabela 2 apresenta os mesmos dados, para os anos de 2008 e 2009 (com acréscimo dos anos que antecederam e sucederam esta crise, para fins de comparação).

Tabela 2 – Dados de previsão de operação e cumprimento de cronogramas de usinas em 2007, 2008, 2009 e 2010.

Dados em 2008 - 2009		
Hídrica	Previsão de Operação (MW) em 2008	822,84
	Previsão de Operação (MW) em 2009	1065,48
	Previsão de Operação (MW) em 2007	2467,99
	Previsão de Operação (MW) em 2010	2060,92
Eólica	Previsão de Operação (MW) em 2008	89,3
	Previsão de Operação (MW) em 2009	266,93
	Previsão de Operação (MW) em 2007	10,2
	Previsão de Operação (MW) em 2010	325,6

Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

Por meio da observação destes dados é possível constatar o que foi comentado anteriormente, no sentido de que a energia eólica ganhou força no ano de 2010, em que se sucedeu a crise de 2008-2009, enquanto a energia hídrica, neste mesmo ano, não recuperou a Potência que tinha em 2007, antes da crise. Para o ano de 2020, é possível verificar que a previsão de operação para início do ano da energia solar (103 MW) está próxima da energia hídrica (155 MW), sendo que a energia eólica está se sobressaindo, com 976 MW.

Comparando-se o cumprimento do cronograma das usinas, observa-se que a maior parte das usinas hidrelétricas (12) está em atraso, enquanto a maior parte das usinas eólicas (27) e solar (2) está adiantada.

A partir da observação dos dados apresentados é possível afirmar que a atual crise ocasionada pelo COVID-19, apesar de suas severas consequências, está oportunizando o fortalecimento das fontes de energias renováveis alternativas, eólica e solar. Esta tendência estava, de certa forma, iniciada pelo comportamento das Potências (MW) das energias nos anos de 2008-2010.

Conforme apontado, o Brasil é um país em desenvolvimento que busca por estratégias para obter autonomia financeira, considerando-se que o setor energético está intrinsecamente ligado ao setor econômico, faz-se necessário buscar meios para otimizar os custos da geração de energia, potencializando suas fontes e viabilizando a recuperação econômica pós-crise.



Foto: Ozelito P. de Amarante Jr., 2016.

Matriz Energética e as mudanças climáticas

O Brasil é signatário da Convenção das Nações Unidas sobre Mudança Climáticas, assumindo o “compromisso voluntário de redução de suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas até 2020, conforme consta na Política Nacional sobre Mudanças Climáticas - PNMC, adotada por meio da Lei nº 12.187 de 2009” (CAVALCANTE; ALVERNE, 2016 p. 140).



Pausa para reflexão:

Compromissos da Política Nacional sobre Mudanças no Clima - PNMC

Para alcançar os objetivos da PNMC, o Brasil se dispôs a adotar, como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa. No campo da matriz energética, o país se propõe a executar a expansão da oferta hidroelétrica, da oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais hidroelétricas e bioeletricidade, da oferta de biocombustíveis e do incremento da eficiência energética. Além disso, incrementar a utilização na siderurgia do carvão vegetal originário de florestas plantadas e melhoria na eficiência do processo de carbonização. (Veja a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas – PNMC e o Decreto regulamentador).

Como vimos anteriormente, a energia hidráulica é extensamente utilizada no Brasil, mas há alguns impactos negativos provindos da implantação e

manutenção desta energia, somando-se a controvérsia do potencial desta fonte elétrica a respeito do efeito estufa, pois alguns autores apontam a energia hidroelétrica como grande emissora de metano (um dos piores gases do efeito estufa, causando impacto 25 vezes maior que o gás carbônico sobre o aquecimento global) (FEARNSIDE, 2015; FORSTER *et al.*, 2007; SHINDELL *et al.*, 2009). Ainda, esta fonte de energia está afetando o potencial da vazão dos rios (SCHAEFFER *et al.*, 2008 p. 23).

Desta forma, o setor de energias renováveis não hidráulicas se desenvolveu no Brasil a partir dos anos 2000, diversificando a matriz energética em complementariedade às hidroelétricas no sentido de reduzir a emissão de GEE em 37% até 2025 e 40% até 2030 (CAVALCANTE; ALVERNE, 2016).

Conforme também observado no Gráfico 1, o uso da energia eólica está se tornando mais recorrente, em comparação à hidráulica, nos anos de 2020 e 2021. Esta mudança na geração de energia pode ser associada a programas de incentivo como o PROINFA, os quais podem favorecer a formação de mercados para tecnologias ambientalmente benéficas (SOUZA, 2010).

A energia eólica *offshore* pode oferecer uma alternativa para o cumprimento destes compromissos brasileiros, sendo que esta fonte se refere à “energia elétrica gerada pela força cinética dos ventos em parques eólicos situados no mar, constituindo uma das modalidades de energias marinhas renováveis” (CAVALCANTE; ALVERNE, 2016 p. 142). Sendo que, ainda, os primeiros incentivos à produção desta fonte de energia fundamentaram-se na Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e, mais precisamente, na adoção do Protocolo de Quioto (CAVALCANTE; ALVERNE, 2016).

De acordo com os dados do IPCC (2007), a geração de energia é o fator humano de maior influência para as emissões de GEE. Souza (2010) aponta que a segurança no abastecimento energético é estratégica para o desenvolvimento

sustentável, e a energia eólica é uma alternativa viável e apropriada para este fim, representando um importante instrumento para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, apresentando benefícios “decorrentes de menores impactos ambientais negativos, a exemplo da baixa taxa de emissão de gases do efeito estufa, e de maiores perspectivas de geração de emprego, com consequente diminuição da migração para os grandes centros urbanos” (SOUZA, 2020 p. 138).

Este autor apresenta diversas discussões acerca do potencial benéfico da geração de energia eólica nos aspectos ecológicos, econômicos, sociais, territoriais e culturais, principalmente em detrimento à fonte de energia mais utilizada no Brasil até 2019, a hidráulica.

Dessa forma, a instalação de usinas eólicas *offshore* pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas principalmente substituindo a geração de energia hidráulica, suprimindo todos (ou pelo menos quase todos) os impactos negativos advindos desta fonte extensamente utilizada, mas que, conforme discutido anteriormente, provoca inúmeros prejuízos socioambientais, além de provocar intensas modificações nos ecossistemas, resultando na diminuição da vazão dos rios, e afetando a fauna e flora de diversas formas.

Assim, a tendência da utilização de usinas eólicas *offshore* (em ambientes marinhos) está permitindo a diminuição de inúmeros impactos socioambientais, além de diminuir a emissão de GEE, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

Além da energia eólica, a energia solar vem despontando paulatinamente como Matriz Energética renovável não emissora de GEE.

No entanto, a própria produção de energia solar pode ser influenciada pelas mudanças no clima. Em relatório produzido no ano de 2018 pela Empresa de Pesquisa Energética (vinculada ao Ministério de Minas e Energia) é informado que “os efeitos do aquecimento global na energia solar

poderão variar dependendo da localização e do tipo de usina. Tanto os painéis solares fotovoltaicos quanto as usinas de energia solar concentrada (CSP) - que usam um sistema de espelhos ao invés de semicondutores – tenderão a observar sua eficiência alterada. Segundo Dubey *et al.* (2013), nas usinas fotovoltaicas, a redução da eficiência com aumento da temperatura pode variar de 0,1 a 0,6% para cada 1°C de aumento na temperatura de operação” (EPE, 2018, p. 11).



Vagoneta, molhes da Barra, Rio Grande, RS. Foto: Ozelito P. de Amarante Jr., 2016.

Finalmente, outra fonte indicada como destaque na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas no Brasil é a bioeletricidade, principalmente a proveniente do bagaço de cana, uma vez que envolve comercialização de eletricidade e créditos de carbono/ certificados de reduções de emissões (EPE, 2018).

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Disponibilidade de Água**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: jan. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Painéis interativos do Relatório de Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica (RALIE)**, 2020. Disponível em:

<<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMGYyZWlONzgtMGRlOC00M2ZjLTljZDYtZTVkYjIjZjZkxZDBkIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>>. Acesso em: jan. 2022.

BORBA, M. C. V.; GASPAR, N. F. (Trad.). **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. FAPESP. São Paulo. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 2010. Traduzido de *Lighting the way: toward a sustainable energy future*. InterAcademy Council. Amsterdam, 2007.

BRASIL. **Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018**. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União, 23 de nov. 2018.

_____. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Diário Oficial da União, 30 de dez. 2009.

BRASIL ESCOLA. Energia Hidrelétrica. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-hidreletrica.htm>>. Acesso em: jan. 2022.

CASARIN, R. Portal Solar. **Há expectativa para o início de fornecimento de 48 novas usinas solares até 2022**, diz CCEE. Publicado em março 2020. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/ha-expectativa-para-o-inicio-de-fornecimento-de-48-novas-usinas-solares-ate-2022-diz-cee.html>>. Acesso em: jan. 2022.

CAVALCANTE, M. M.; ALVERNE, T. C. F. M. A inclusão da energia eólica offshore na gestão dos espaços marinhos. In: DIZ, J. B. M.; SILVA, A. R. da; TEIXEIRA, A. V. (Org.). **Integração, Estado e Governança**. Rede de Pesquisa. Universidade de Itaúna. Pará de Minas, Brasil: Virtualbooks, 2016. p. 140-155.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Programa Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo (PROCLIMA)**. Gases do Efeito Estufa. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>. Acesso em: jan. 2022.

CONCEIÇÃO, A. L. Análise da demanda e oferta de recursos energéticos: cenários possíveis e recomendações ao setor energético e petrolífero. Cap. 13. In: **COVID-19 Crises entremeadas no contexto de pandemia** (antecedentes, cenários e recomendações). VALENCIO, N.; OLIVEIRA, C. M. (Org.). CPOI/UFSCar, São Carlos, 2020.

DUBEY, S.; SARVAIYA, J. N.; SESHADRI, B. **Temperature Dependent Photovoltaic (PV) Efficiency and Its Effect on PV Production in the World – A Review**. *Energy Procedia*, v. 33, 2013.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Mudanças Climáticas e Desdobramentos sobre os Estudos de Planejamento Energético: Considerações Iniciais**. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Mudancas%20Climaticas%20e%20Planejamento%20Energetico.pdf>>. Acesso em: jan. 2022.

_____. **Fontes de Energia**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>>. Acesso em: jan. 2022.

FEARNSIDE, P. M. **Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras**. Manaus: Editora do INPA, 2015.

FORSTER, P. *et al.* Changes in atmospheric constituents and radiative forcing. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; IPCC. **Climate change 2007: synthesis report**. Valência: 2007. Disponível em: <www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf>. Acesso em: jan. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Países mais extensos do mundo**. Disponível em:

<<https://cnae.ibge.gov.br/en/component/content/article/94-7a12/7a12-vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/1461-o-brasil-no-mundo.html>>. Acesso em: jan. 2022.

IEA. International Energy Agency. **Consistent, accurate and timely energy data and statistics**. Dados de 2020. Disponível em: <<https://www.iea.org/data-and-statistics>>. Acesso em: jan. 2022.

LEGNAIOLI, S. **eCycle**. O que é energia hidrelétrica?. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/2906-energia-hidreletrica.html>>. Acesso em: jan. 2022.

PORTAL SOLAR. **Carro elétrico solar mais eficiente para o Brasil chega em 2022**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/carro-eletrico-solar-mais-eficiente-para-o-brasil-chega-em-2022.html#:~:text=O%20carro%20el%C3%A9trico%20solar%20Sono,como%20um%20>>. Acesso em: jan. 2022a.

PORTAL SOLAR. **Setor de geração solar centralizada segue ativo com foco em projetos para 2021 e 2022, aponta executivo da Trina Solar**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/setor-de-geracao-solar-centralizada-segue-ativo-com-foco-em-projetos-para-2021-e-2022-aponta-executivo-da-trina-solar.html>>. Acesso em: jan. 2022b.

PORTAL SOLAR. **Fontes de Energia Renováveis: Tudo o que você precisa saber**. s/d. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/fontes-de-energia-renovaveis.html>>. Acesso em: jan. 2022.

RODRIGUES, M. C.; COSTA, F. J. P. **Paradigmas e sustentabilidade no contexto da economia global**. 2016. Disponível em: <<https://administradores.com.br/producao-academica/paradigmas-e-sustentabilidade-no-contexto-da-economia-global>>. Acesso em: jan. 2022.

SALDANHA, M. M. Energia Elétrica e Meio Ambiente: Um Novo Paradigma Para o Desenvolvimento. Direito em Debate. **Revista do Departamento de Ciências Jurídicas e Sociais da UNIJUÍ**. Ano XXI. n.38, 2012.

SANTOS, P. R. G. *et al.* Fontes renováveis e não renováveis geradoras de energia elétrica no Brasil. In: Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar. MICTI. VIII. Instituto Federal Catarinense. **Anais...** Disponível em: <<http://eventos.ifc.edu.br/micti/wp-content/uploads/sites/5/2015/10/FONTES-RENOV%C3%81VEIS-E-N%C3%83O-RENOV%C3%81VEIS-GERADORAS-DE-ENERGIA-EL%C3%89TRICA-NO-BRASIL.pdf>>. Acesso em: jan. 2022.

SCHAEFFER *et al.* **Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Brasileira, 2008.

SHINDELL, D. T.; FALUVEGI, G.; KOCH, D. M.; SCHMIDT, G. A.; UNGER, N.; BAUER, S. E. **Improved attribution of climate forcing to emissions**. Science, v. 326, p. 716-718, 2009.

SOUZA, A. D. de. **Avaliação da energia eólica para o desenvolvimento sustentável diante das mudanças climáticas no nordeste do Brasil**. 150p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil; Recife, 2010.