

**O HISTÓRICO DAS FONTES DE ENERGIA NO DECORRER DA
HISTÓRIA E A URGÊNCIA DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA PARA
ATENDIMENTO DO ODS 7 DA AGENDA ONU 2030**

***THE HISTORY OF ENERGY SOURCES THROUGHOUT HISTORY
AND THE URGENCY OF THE ENERGY TRANSITION TO MEET SDG
7 OF THE UN 2030 AGENDA***

CAROLINA APARECIDA GALVANESE DE SOUSA

Estágio Pós-doutoral em Direito em andamento no Centro Universitário Curitiba (UNICURITIBA). Doutora em Direito Ambiental Internacional. Mestre em Direito da Saúde. Advogada. Docente. Pesquisadora. Investigadora colaboradora do Lisbon Public Law Research Centre. Pesquisadora da Associação Lawgorithm de Direito e Inteligência Artificial. Membro de Grupos de Pesquisa em Direito. E-mail: carolina.adv@adv.oabsp.org.br. Orcid: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-3208-3184>.

DANIEL FREIRE E ALMEIDA

Estágio Pós-doutoral, Doutor e Mestre em Direito Internacional. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu - Doutorado e Mestrado em Direito da Universidade Católica de Santos. Advogado. E-mail: danielfreire@unisantos.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5723-9723>.

VERÔNICA SCRIPTORE FREIRE E ALMEIDA

Estágio Pós-doutoral, Doutora e Mestre em Direito Econômico. Professora Permanente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado em Direito da Saúde, da Universidade Santa Cecília. Advogada. Editora da Revista Global Health Law Journal. E-mail: veronicascriptore@adv.oabsp.org.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5811-7779>.



RESUMO

Este trabalho propõe-se a traçar um breve histórico das principais fontes energéticas utilizadas pela humanidade, justificando a urgência de políticas públicas de transição energética para fontes limpas e renováveis. O objetivo é mitigar as mudanças climáticas antrópicas, atribuídas à matriz energética fóssil, e identificar as opções mais viáveis para substituir ou reduzir os combustíveis fósseis, alinhando-se aos padrões de sustentabilidade do ODS 7 e da Agenda 2030 da ONU. Adota-se o método indutivo, de cunho exploratório, fundamentado em pesquisa bibliográfica. O levantamento foi realizado em bases de dados como Scielo, Google Scholar, Science Direct e ResearchGate, utilizando as palavras-chave: fontes de energia, energia sustentável, transição energética, história da energia, ODS agenda 2030 da ONU. Espera-se apresentar um panorama histórico das fontes energéticas, evidenciar a correlação entre o uso de combustíveis fósseis e as alterações climáticas, e analisar os benefícios e malefícios de diversas fontes limpas e renováveis. Serão apontadas as opções mais aptas a promover uma substituição célere e eficiente dos combustíveis fósseis, visando a promoção da sustentabilidade. A transição para uma matriz energética baseada em fontes limpas e renováveis é imperativa para combater as mudanças climáticas. A pesquisa indicará a viabilidade de diversas alternativas energéticas e a necessidade de políticas públicas robustas para a implementação efetiva da transição, em conformidade com os objetivos de desenvolvimento sustentável globais.

Palavras-chave: Fontes de energia; Energia sustentável; Transição energética; História da energia; ODS agenda 2030 da ONU.

ABSTRACT

This study aims to provide a brief historical overview of the main energy sources utilized by humanity, justifying the urgent need for public policies on energy transition towards clean and renewable sources. The objective is to mitigate anthropogenic climate change, attributed to the fossil fuel-based energy matrix, and to identify the most viable options to replace or significantly reduce fossil fuels rapidly and efficiently, aligning with the sustainability standards of SDG 7 and the UN 2030 Agenda. An inductive, exploratory method is adopted, based on bibliographic research. The survey was conducted in databases such as Scielo, Google Scholar, Science Direct, and ResearchGate, using the keywords: energy sources, sustainable energy, energy transition, history of energy, UN 2030 Agenda SDG. It is expected to present a historical overview of energy sources, highlight the correlation between the use of fossil fuels and climate change, and analyze the benefits and drawbacks of various clean and renewable sources. The most suitable options for promoting a rapid and efficient replacement of fossil fuels will be identified, aiming for sustainability. The transition to an energy matrix based on clean and renewable sources is imperative to combat climate change. The research will indicate the viability of various energy alternatives and the necessity of robust public policies for the effective implementation of this transition, in accordance with global sustainable development goals.

Keywords: Energy sources; Sustainable energy; Energy transition; History of energy; UN 2030 Agenda SDG.



1 INTRODUÇÃO

É fato que a necessidade e consequente busca por fontes de energia externa é tão antiga quanto a própria existência humana.

No decorrer da história, a inteligência e as habilidades dos seres humanos foram hábeis em se desincumbir da hercúlea tarefa de obter energia, motivados sempre pela imposição primária da garantia da subsistência.

Desta maneira, sua imprescindibilidade remonta na história em um movimento crescente e a cada dia em volume muito mais expressivo e sofisticado, seja como recurso primário para o fornecimento de calor e enfrentamento do frio, seja para preparação de alimentos, defesa pessoal, forja de ferramentas, indústria, combustível para deslocamento e outras tantas utilizações que culminam no momento atual, na sua aquisição como insumo da tecnologia, sem a qual o planeta inteiro certamente sucumbiria.

Todavia, neste caminhar, por milênios, não houve qualquer espécie de preocupação humana com a qualidade, a procedência e as consequências do uso destas fontes até então obtidas, notadamente em relação a seu potencial caráter danoso, como no caso da exploração do combustível fóssil, que hoje como sabido, é considerado sujo, não renovável, tóxico, extremamente poluente e portanto, contraproducente no que diz respeito ao almejo de uma sadia qualidade de vida e quiçá, o maior responsável pelo infausto fenômeno das mudanças climáticas.

Embora esta ausência de conscientização não seja o foco da pesquisa, é bem verdade que seus desdobramentos trazem em seu bojo um expressivo legado de males à humanidade, perante o qual a atual geração é chamada a intervir de modo incisivo a considerar a urgência da transição energética, sob pena de comprometimento das futuras gerações.

Neste sentido, a evolução do conhecimento científico impulsionado pela tecnologia propicia o engendramento de novas fontes energéticas menos impactantes e vocacionadas à sustentabilidade, o que além de resolver dentro de razoável espaço de tempo os prejuízos já causados ao meio ambiente, também atende aos objetivos de desenvolvimento numa perspectiva globalizada à luz da Agenda 2030 da ONU.



Para tanto, neste estudo, será colacionado no primeiro tópico, um esboço histórico a respeito do surgimento das fontes energéticas, junto com sucinta descrição de seus principais aspectos e características até nossos tempos, de maneira a contextualizar o leitor no que diz respeito à evolução do tema e atuais possibilidades diante das virtuosidades que os substitutivos do combustível fóssil apresentam.

No segundo tópico, será trazida a questão em torno da eleição das fontes de energia à base de combustíveis fósseis até este momento, seus correspondentes agravos, em especial por ser um dos maiores agentes poluidores em razão da expressiva emissão de gases de efeito estufa, causadores das mudanças climáticas antrópicas e em contraposição, quais podem ser as opções mais sustentáveis, consideradas e sopesadas de modo técnico, seus aspectos favoráveis e desfavoráveis, elegíveis para a composição de uma nova matriz energética, que propicie uma transição eficiente com supedâneo em fontes limpas e renováveis.

Por derradeiro, nas considerações finais, destacados os pontos de maior relevância do trabalho, serão apontados os melhores caminhos a serem perseguidos, que se apresentem com maior viabilidade e possibilidade de implementação de uma transição energética que prestigie a manutenção sustentável da vida humana em todo o planeta, promovendo a seu turno, o ODS 7 da Agenda 2030 da ONU.

2 A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA COMO ELEMENTO DE SUSTENTABILIDADE PARA CUMPRIMENTO DO ODS 7 DA AGENDA 2030 DA ONU

2.1 DO SURGIMENTO DAS ATUAIS FONTES ENERGÉTICAS DISPONÍVEIS

A necessidade humana por energia remonta à sua própria origem ancestral, dada a essencialidade desta como elemento fundamental de sobrevivência.

Como o ser humano, as fontes e formas de captação energética se encontram em perene evolução, surgindo novas apresentações sempre à mercê da resiliência obtida pela adaptação e acionamento de gatilhos deflagrados por crises.

A busca que inicialmente se destinava a atender necessidades básicas de subsistência, como o cozer e aquecer, supridas naquele primeiro momento pela descoberta do fogo em razão do atrito de ramos de vegetais resinosos, recebeu o incremento da tecnologia na escala evolucionária e passou a ser aperfeiçoada a partir



do manejo de outras fontes, também para fins de estocagem, otimização de trabalho, forja de armas de defesa e proteção, de modo a proporcionar assim conforto, descanso, melhor aproveitamento dos recursos e com isso uma melhor qualidade de vida.

Apurada a sequência histórica de aparecimento, tem-se após a supramencionada descoberta do fogo, até o século passado, de forma ainda bastante rudimentar, o consumo da biomassa pela queima de lenha, o beneficiamento da energia dos ventos pela criação de engenhos matemáticos a permitir uma potencial exploração, o manejo do vapor, a extração e queima do carvão mineral¹ (primeiro combustível fóssil utilizado em larga escala e elemento consolidador do período da Revolução Industrial), a combustão (queima) do petróleo² e a energia elétrica. (FARIAS; SELLITTO, 2011).

Na década de 40 do século XX, surge a energia nuclear, cuja significativa resistência se refletiu não apenas em razão de seu altíssimo custo financeiro para instalação e manutenção, mas principalmente por conta dos gravíssimos acidentes nucleares de *Three Mille Island* (USA), *Chernobyl* (Ucrânia) e *Fukushima* (Japão) cujos danos de expressiva monta mobilizaram movimentos ambientalistas a encampar um discurso depreciativo – com razão - em seu desfavor (MAMUM, 2013).

Apesar de se tratar de uma fonte limpa por possuir baixa emissão de volume de gás carbônico e demais gases contribuintes para o efeito estufa, a energia nuclear tem ainda em seu demérito, o fato de não ser renovável.

O descarte de seus dejetos e os exorbitantes investimentos necessários em tecnologia de ponta para instalação e manutenção da usina geradora, como mencionado acima, além da qualificação perene dos profissionais envolvidos, são também outros pontos negativos.

¹ “Formado por troncos, raízes, galhos e folhas de árvores gigantes que cresceram há mais de 250 milhões de anos em pântanos rasos, essas partes vegetais, após morrerem, depositaram-se no fundo lodoso e ficaram encobertas. As condições de pressão da terra e o tempo transformaram o material acumulado em uma massa negra homogênea, as jazidas de carvão. Até 1961, o carvão era a principal fonte primária de energia no mundo, quando foi ultrapassado pelo petróleo.” (FARIAS; SELLITTO, 2011, p. 10).

² “O ano de 1859 é considerado o marco zero da industrialização do petróleo, quando Edwin Drake descobriu petróleo a uma profundidade de 21 metros em Tutsville, nos EUA. Até então, o petróleo aproveitado era o que aflorava na superfície, o que era possível devido a sua característica de constante movimentação no subsolo, no caso de não encontrar formações rochosas.” (FARIAS, SELLITTO, 2011, p. 10).

Muito embora os notáveis benefícios da energia nuclear infelizmente não sejam adequadamente divulgados, notadamente em áreas como medicina, indústria (em destaque a farmacêutica) e agricultura, os seus potenciais malefícios findam por se sobressair e assim desestimular sua adoção como fonte de energia sustentável a compor a matriz energética de muitos países, embora renovável e limpa, dados os perigos envolvidos na superveniência de acidentes com repercussões apocalípticas como os já experienciados, reportados acima (CARDOSO, 2008).

A energia hidrelétrica, também nominada como hidroelétrica ou hidráulica, embora merecedora de admissíveis críticas, encontrou também seu lugar no século XX, traduzindo-se como a mais relevante fonte energética de boa parte dos países em todo o mundo, notadamente daqueles com significativa concentração fluvial, como no caso do Brasil (NATT; CARRIERI, 2017).

Em termos sucintos, sua produção se dá pelo acionamento e movimentação mecânica de turbinas que, na queda d'água, fazem funcionar um gerador elétrico.

A implantação de uma usina hidrelétrica não é ambientalmente imaculada, pois provoca impactos ambientais austeros por conta das alterações ocasionadas à geografia e à estrutura do leito dos rios (desvio do curso, transposição, represamento), à mortandade da fauna e flora como consequência do alagamento da área, comprometimento da qualidade da água para consumo, além da necessidade do deslocamento forçado das comunidades do entorno e ribeirinhas em razão das perturbadoras modificações antrópicas supostamente justificadas pela conveniência de sua instalação.

Todavia, esta é uma fonte considerada limpa e tida como renovável pela presunção de que a água utilizada como insumo para produção da força motriz, se trata de um recurso presumidamente inesgotável, o que por óbvio, comporta opinião divergente (LAVEZZO, 2016, NATT; CARRIERI, 2017).

De forma didática é possível visualizar no quadro abaixo, um comparativo entre as vantagens e desvantagens da energia hidrelétrica.



Tabela 1 - Principais vantagens e desvantagens na geração hidrelétrica

Hidrelétrica		
	Vantagens	Desvantagens
Governo	Fonte economicamente competitiva, com baixo custo de operação quando comparada a outras fontes; Fonte hídrica renovável.	Incremento populacional que possibilita a sobrecarga nos equipamentos e serviços públicos
Usuário	Produz grandes montantes de energia	Comprometimento da qualidade da água;
Agentes do setor	Flexibilidade operativa;	A retirada da vegetação nativa para formar o reservatório e para a abertura de vias de acesso;
	Maturidade tecnológica;	
Sociedade	Aumento da segurança energética de todo sistema.	Necessidade de licenciamento ambiental.
	Baixa emissão de gases de efeito estufa;	A obra pode interferir em locais com elementos do patrimônio natural, cultural, histórico, arqueológico, paleontológico, paisagístico e espeleológico;
	Reservatórios de acumulação regularizam a vazão dos rios;	
	Desenvolvimento social e econômico obtido a partir do avanço da indústria hidrelétrica;	
	Geração de empregos temporários;	
Dinamização da economia local.	A obra pode atingir diretamente cidades, vilas, distritos, afetando moradias, benfeitorias, equipamentos sociais.	

Fonte SILVA; SHAYANI; OLIVEIRA, 2018.

A energia térmica ou energia interna, objeto do represamento em termelétricas ou termoelétricas, é definida como a soma da energia cinética e potencial associada aos elementos microscópios que constituem a matéria.

Os átomos e moléculas que formam os corpos apresentam movimentos aleatórios de translação, rotação e vibração, este movimento é chamado de agitação térmica.

A variação de energia térmica de um sistema ocorre através de trabalho ou de calor, cuja transferência normalmente acarreta um aumento na agitação das



moléculas e átomos de um corpo, que produz um aumento da energia térmica e conseqüentemente, um aumento na sua temperatura.

De modo sucinto, a transformação de energia térmica em energia elétrica para ser usada em larga escala, é manejada nas usinas termoelétricas (ou termelétricas) onde a partir da combustão de algum material que se preste a este fim, aquece-se a água (ou outro líquido) contida em caldeira, e com o vapor ou o gás produzido, se deflagra e alimenta a movimentação das turbinas ligadas ao gerador de energia elétrica.

A energia termelétrica utiliza uma variedade de elementos combustíveis, sendo os mais relevantes o carvão vegetal e mineral, o óleo, o gás natural e a biomassa como supramencionado.

Dentre outras matérias-primas variáveis, utilizadas atualmente, tem-se também o bagaço de cana de açúcar, o biogás, o capim elefante, a casca de arroz, a lenha, o licor negro, os próprios resíduos florestais.

As usinas termelétricas a gás natural ganham espaço por serem consideradas como fonte energética mais limpa dentre os combustíveis fósseis.

O gás natural é considerado um combustível de queima limpa, pois ao se comparar com outros combustíveis fósseis, ele emite menos CO₂ e gases poluentes (SILVA; SHAYANI; OLIVEIRA, 2018).

A título de exemplificação, segue Tabela 2 comparativa, apontando as principais vantagens e desvantagens na geração termelétrica a gás natural.





Tabela 2 - Principais vantagens e desvantagens na geração termelétrica a gás natural

Termelétrica – Gás Natural		
	Vantagens	Desvantagens
Governo	Aumento na arrecadação de tributos e incremento na economia local	Custo final elevado quando comparado às outras fontes energéticas.
Usuário	Independente de variações climáticas.	Interferência na infraestrutura local.
Agentes do setor	Flexibilidade Operacional.	Interferência na fauna e flora;
Sociedade	Flexibilidade Locacional, o que permite um baixo custo inerente a extensas linhas de transmissão.	Consumo expressivo da água decorrente da tecnologia usada para resfriamento;
		Emissões de óxidos de nitrogênio (NOx), que geram alteração da qualidade do ar, efeitos na saúde da população local e acidificação da água das chuvas;
		Gera emissão de gases de efeito estufa, principalmente o CO ₂ .

Fonte SILVA; SHAYANI; OLIVEIRA, 2018.

Todavia, desde a década de 70, em razão das sucessivas crises do petróleo com a alta de preços e preocupação crescente em relação ao uso de combustíveis de origem fóssil, houve o desencadeamento de uma série de ações pelos governos de Estados variados, visando diversificação das fontes de energia, o que se pode denominar como o germe do movimento que desagua hoje na política de transição energética.

Assim, passou-se a observar um crescimento significativo no desenvolvimento de tecnologias e engenharias alternativas e sustentáveis, à exemplo



da captação da energia eólica, que dadas as suas peculiaridades, permite o uso de forma complementar à energia hidrelétrica, além de apresentar baixo impacto ambiental.

Trata-se esta, de forma de captação de energia obtida por um processo mecânico em que o vento é transformado em energia cinética, e a partir dela em eletricidade, proveniente da reação à movimentação pelo vento das gigantescas pás, e consequente, acionamento dos aerorotores.

Podem ser instaladas sobre o solo, ou sobre plataformas em alto mar, pelo que recebem respectivamente a denominação de parque eólico *on shore* e *off shore*.

É considerada fonte renovável e limpa, em que pesem as considerações desabonadoras a seguir.

O ruído dos aerorotores e o impacto visual representado pela grandiosidade de suas dimensões estruturais são elementos depreciativos que vão de encontro à sustentabilidade, principalmente no que diz respeito ao incômodo auditivo à vizinhança, mas que traz como contraponto a chamada turística movimentadora da economia, que vê nas instalações, um atrativo a ser visitado (ARAÚJO, 2017, MEYER et. al., 2014).

Ainda há a considerar a possível interferência de tal estrutura no radar das aves migratórias, que impõe cuidados na instalação, pois além de ocasionar um desvirtuamento da rota, também provoca a morte dos animais pelo abalroamento.

A subsistência de comunidades à beira mar também resta comprometida pelo afugentar dos peixes quando o parque eólico é *off shore*.

Isso sem olvidar o fato de que em adição a outras causas, o material utilizado na fabricação das pás pode ocasionar eventuais interferências eletromagnéticas, causando perturbações nos sistemas de comunicação e transmissão de dados (MEYER et. al., 2014).

Em seguida vem a biomassa, cuja maior expressão no território brasileiro é ocupada pelo etanol a partir da extração da cana de açúcar, mas que a este insumo não se restringe.

Como aspecto positivo da exploração desta fonte energética, merece destaque o impulso socioambiental dado em razão da geração de empregos e a fixação do homem no campo, com a redução das emissões de CO₂ e particulados.

Porém ao contraponto, há a desvantagem representada pelo exorbitante consumo de água para alimentar quase todas as etapas de produção, além da



competição que se estabelece entre o uso do solo para plantio da matéria-prima e a produção de alimentos e dos subempregos criados nas colheitas que mantêm muitos à míngua de direitos trabalhistas, o que pode assim, representar ameaça à segurança alimentar no caso de uma produção em alta escala (FARIAS; SELMITTO, 2011).

Recentemente, com o avanço da ciência no setor energético, consideram-se como fontes viáveis a energia gravitacional, proveniente da movimentação dos oceanos: a maremotriz ou ondomotriz³ (OMAR.2018) e do gás metano oriundo das fezes de animais, matéria-prima do biogás, obtido de biodigestores das bactérias anaeróbicas (STOPASSOLI et. al., 2018).

Considerado o combustível do futuro, por ser o possível e mais adequado recurso explorável em substituição aos combustíveis fósseis, o hidrogênio, tem como característica a ser ressaltada, o fato de não emitir gases poluentes na atmosfera, uma vez que em sua combustão há apenas a liberação de água e energia (ALMEIDA et. al., 2019), portanto é limpa e renovável.

Há também um aumento exponencial da adesão à energia solar.

Merece destaque ainda a exploração da luz solar, cuja obtenção de energia pode se dar por duas maneiras, a uma sob a forma de energia heliotérmica⁴, que é oriunda da radiação solar, e que resulta do aproveitamento dos raios solares diretos (que incidem nos espelhos) produzindo vapor em razão do aquecimento de água

³ A maremotriz ou ondomotriz trata-se da captação de energia a partir da das ondas oceânicas que ocupam mais de 70% da superfície do planeta Terra. Os oceanos em razão de sua área vasta, de dinâmica complexa, características peculiares, permitem a exploração de energia de diversas formas: pela instalação do sistema eólico *off-shore*; pela tecnologia da OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*), com o aproveitamento do diferencial de temperatura entre águas superficiais e profundas; a energia produzida pela oscilação da altura das marés; das forças das correntes oceânicas; e finalmente das ondas oceânicas. “Globalmente, estima-se que o potencial energético combinado de ondas, marés, correntes, gradientes de salinidade e temperatura se encontre na ordem dos 32.000 TWh/ ano , o que representa aproximadamente o dobro da energia elétrica consumida mundialmente no ano 2008 (17.000 TWh)” (OMAR, 2018, p. 2).

⁴ “Energia heliotérmica ou energia solar térmica concentrada, ou ainda energia termossolar, conhecida pela sigla em inglês CSP (*Concentrating Solar Power*), é uma fonte de energia que utiliza do princípio térmico de geração, ou seja, aquece água até que se consiga um vapor em alta pressão para mover o gerador elétrico, mas com o calor concentrado provindo dos raios solares. Atualmente existem quatro tipos mais conhecidos dessa geração, onde alternam-se apenas os arranjos dos espelhos que concentram a luz solar, são eles: o coletor cilíndrico-parabólico, o linear Fresnel, as torres solares e os discos parabólicos. As quatro topologias têm o mesmo objetivo: concentrar os raios solares em uma mesma direção, podendo ser um único ponto (disco parabólico e torre solar) ou ainda em uma mesma linha (calha cilíndrico parabólica e coletor linear Fresnel)” (PASSOS; FRAGOSO, 2020, p. 18).



sobre cujo reservatório incide, e com isso, conseqüentemente, impulsiona o funcionamento de gerador.

A duas pelo sistema fotovoltaico, onde além da absorção da luz direta do sol, também se aproveita a difusa, captada pela exposição de painéis solares fotovoltaicos, que podem ser instalados na modalidade *on shore* e *off shore* (PASSOS; FRAGOSO, 2020).

Novamente como todas as demais, apesar de renovável, limpa e segura, essa fonte de energia possui seus deméritos, quais sejam, a limitação concernente à estreita possibilidade de implementação apenas em locais com significativa incidência direta de luz solar (o que restringe sua possibilidade de instalação desguarnecidos desta posição estratégica), e a destinação dos resíduos após esgotamento do uso, haja vista existir na composição dos painéis solares, muitos materiais nocivos como o telureto de cádmio e o cobre, que se descartados inadequadamente, ou em locais inapropriados, podem prejudicar consideravelmente o meio ambiente (SILVA, 2021).

Neste sentido segue Tabela 3 que estabelece as vantagens e desvantagens da energia fotovoltaica.





Tabela 3 - Principais vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica

Solar Fotovoltaica		
	Vantagens	Desvantagens
Governo	Incremento na economia local;	Alto custo de instalação (geração centralizada).
Usuário	Geração descentralizada que permite a aceleração da eletrificação em regiões isoladas e de difícil acesso;	Alto custo de instalação (geração descentralizada).
Agentes do setor	Alta flexibilidade locacional da instalação;	Alteração da paisagem e do uso do solo;
	Baixa interferência na fauna e flora	
Sociedade	Geração de empregos temporários e permanentes.	Geração de expectativas em torno do empreendimento;
		Possibilidade de emissão de gases de efeito estufa e de SO ₂ , riscos de acidentes e danos ambientais devido à utilização de produtos químicos corrosivos, manuseamento de substâncias explosivas e gases tóxicos, geração de resíduos tóxicos. Decorrente do silício (matéria prima do painéis fotovoltaicos)

Fonte SILVA; SHAYANI; OLIVEIRA, 2018.

Há ainda há a energia geotérmica, produzida pelo calor existente no interior do planeta (LAVEZZO, 2016).

Este fluxo contínuo de calor procedente do centro da Terra, proporciona uma grande oportunidade para a energia renovável, e possui como vantagens: a capacidade de fornecer eletricidade de forma contínua e ininterrupta; a promoção de desenvolvimento principalmente aos países emergentes, haja vista o acesso e



captação democráticos; a produção de zero impacto ambiental no momento da captação; a confiabilidade, o fato de ser uma fonte limpa, o que por consequência produz menor impacto ambiental; o baixo custo quando comparado com os combustíveis fósseis; a alta eficiência energética à semelhança da luz solar.

Porém, em contrapartida, também possui algumas desvantagens como: elevados custos de instalação com equipamentos e capacitação de profissionais, escassez de locais com elevado potencial geotérmico, manutenção cara, e a poluição sonora.

A sugerir meios para facilitação de sua inserção no cenário da matriz energética mundial, há estudo científico que aponta a viabilidade técnica à custo barato, na utilização (ou reutilização) de poços de petróleo abandonados.

Considerando que “de acordo com a ANP, com base em dados de 2010 a 2015, são abandonados permanentemente em média 391 poços por ano no país. A maior parte dos abandonos permanentes se refere a poços marítimos”, o que acena a um potencial imenso e inexplorado, que serviria a bem do meio ambiente, se houvesse interesse e investimento (MONTENEGRO; COSTA JÚNIOR, 2020).

Dos oceanos também exsurge como fonte de energia renovável e sustentável, a possibilidade de cultivo das microalgas, aclamada com entusiasmo, como a terceira geração de biocombustível dentro da categoria de biomassa (PANTA et. al., 2021).

Como se vê, muito embora haja um amplo rol de opções de fontes de energia limpa e renovável, com viabilidade exploratória e eficiência energética comprovada, não são estas as atualmente utilizadas como componentes da matriz energética da maioria dos países.

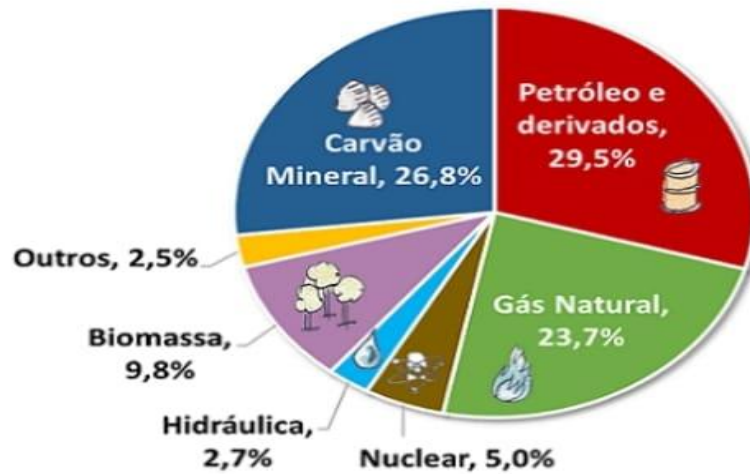
Isso porque, numa perspectiva mundial, os dados apontam que em 2020, exatos 80% de toda matriz energética mundial estava baseada em combustíveis fósseis, e apenas 2,5% para “outras” a incluir a energia eólica, gravitacional, solar, de base de hidrogênio, geotérmica e por microalgas.

Fontes renováveis como solar, eólica e geotérmica, por exemplo, juntas correspondem a apenas 2,5% da matriz energética mundial, assinaladas como “Outros” no gráfico. Somando à participação da energia hidráulica e da biomassa, as renováveis totalizam aproximadamente 15% (EPE, 2023).

A corroborar estes dados, note a Figura 1 a seguir.



Figura 1 - Matriz Energética Mundial 2020



Matriz Energética Mundial 2020

(IEA, 2022; total: 585 milhões de TJ - terajoule)

Fonte: EPE20, 2026.

Portanto, ao que parece até este momento, é que o mundo não se deu conta da seriedade dos efeitos da emissão dos gases de efeito estufa (GEE) provenientes da combustão fóssil, e isso, diante das várias alternativas elencadas, passa a ter resposta meramente política face a escolha por determinada forma de se fazer gestão pública, pois opções promotoras da sustentabilidade, existem.

2.2 A NECESSIDADE DA REDUÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E DO AVANÇO URGENTE À TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Superado o breve sobrevoo no histórico das fontes energéticas manejadas pelo ser humano no decorrer do tempo, é inquestionável que o uso dos combustíveis fósseis durante todo este período foi e é a fonte de energia mais utilizada.

Os combustíveis fósseis, de que são exemplos o petróleo (diesel e gasolina), o gás natural e o carvão mineral, diante de sua nomenclatura autoexplicativa, compõem fonte energética que encontra na matéria orgânica animal ou vegetal

fossilizada há milhões de anos, extraída da crosta terrestre, geração de energia oriunda de sua queima.

Trata-se ainda de energia não renovável, pois de impossível reposição ante seu uso e esgotamento.

Logo, é de todo desestimulado e combatido o seu aproveitamento, devendo assim, ser reduzido seu uso ao mínimo absolutamente necessário.

No tocante ao processo de mineração e transporte do carvão, podem-se apontar riscos de incêndio e danos à indevida exposição humana tanto a agentes cancerígenos, quanto às altas temperaturas, o que submete os trabalhadores envolvidos nessa cadeia, aos riscos inerentes à insalubridade e à periculosidade.

Ademais, os possíveis vazamentos em plataformas de exploração petrolífera e gasodutos, e acidentes ambientais em razão de derramamentos de navios petroleiros podem gerar avarias irreversíveis e de proporções inimagináveis, considerando que o protocolo de manejo dos biorremediáveis para involução da avaria, como o próprio termo traduz, se trata de instrumento de mera minimização do dano ambiental já consumado (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

Todos os combustíveis fósseis são classificados como fonte de energia suja, pois os gases e demais contaminantes produzidos no processo de extração e combustão, são apontados como maléficos ante sua elevada toxicidade, sendo indiscutível na comunidade epistêmica o fato de serem os maiores responsáveis pela produção de gases de efeito estufa (GEE), que intensificam o aquecimento global e por consequência, as mudanças climáticas de origem antrópica.

Aliás, além de se mostrarem como agentes poluidores do ar, os combustíveis fósseis também são contaminantes do solo e da água quando de seu descarte, via de regra, irregular.

Por conta da impossibilidade de contenção diante da esparsividade fluída de natureza gasosa, os referidos GEE provocam avarias de natureza transfronteiriça, com impossível exatidão no tocante à identificação da origem e dos territórios atingidos, a se tratar portanto de um indesejável fenômeno sistemático e global, que requer um enfrentamento à idêntica envergadura – e urgente (ROMA, 2019).

Como expressão das mudanças climáticas provocadas pelas emissões de GEE, tem-se a subida do nível médio de água, e a acidificação dos oceanos em razão da absorção de parte das emissões de CO₂ com a diminuição paulatina do gelo polar e das Cordilheiras dos Andes e Himalaia, e a estes eventos se desdobram os



consequentes danos na fauna e flora, como o risco de extinção de espécies, morte dos recifes de corais, perigo no setor da segurança alimentar, baixa de recursos de água potável, recorrentes inundações deslizamentos de terra e tempestades acompanhadas ou não por furacões e/ou ciclones (REI; CUNHA, 2015, LISBOA, 2021).

É ainda prevista a savanização de boa parte da Amazônia (assim como outras florestas tropicais) em razão do aumento das queimadas e do desmatamento, inviabilizando o mecanismo de retroalimentação que propicia fotossíntese e umidificação do ar, sustentando o bioma nativo e tendo como consequência o aumento da temperatura média do planeta acima de 2°C, face a diminuição das chuvas (NOBRE, et. al, 2016).

Sob um prognóstico ainda mais pessimista, cientistas estimam que a temperatura mundial deva aumentar em 4°C até o final desse século (EPE, 2023).

Logo, as mudanças climáticas, cuja natureza antrópica é de consenso pacífico na comunidade científica, se apresentam como um plexo de múltiplos problemas ambientais, sociais, econômicos e até políticos, tendo como principal fator desencadeante, a eleição da atual matriz energética mundial (BRASIL, 2009).

A adoção, portanto, de tecnologias que sejam capazes de minimizar as emissões de GEE para a atmosfera seria um excelente começo, principalmente com a substituição dos combustíveis fósseis por outras fontes energéticas limpas e renováveis, dentre várias atualmente disponíveis conforme trazidas no tópico anterior (WEDY, 2018).

Daí então a urgência na elaboração de políticas públicas que prestigiem uma transição energética célere e eficiente.

Tais políticas devem se fazer presentes tanto no enfrentamento preventivo através de medidas de caráter pedagógico e educacional, quanto de forma assertiva, pelo fomento à pesquisa científica, subvenção de instalações, compra de equipamentos e capacitação técnica de profissionais por meio de financiamentos, concessões ou outro meio que represente também uma oportunidade de mercado para investidores.

Mas o que vem a ser essa referida 'transição energética'?

Se trata da transformação da matriz energética vigente, substituindo as atuais fontes de energia suja, tóxicas, poluentes, e que preconizam o uso da queima de combustíveis fósseis causadores das mudanças climáticas antrópicas, por outras que



sejam limpas⁵, renováveis e que carreguem em seu bojo e propósito o ideário de sustentabilidade com vistas à manutenção da saudável qualidade de vida desta e das gerações futuras que se seguirão.

Esta Transição Energética, absolutamente imprescindível, deve estar alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU, notadamente como o ODS 7 que considera de forma específica a questão relativa à aquisição de energia acessível e limpa (VEIRA et al., 2021, ONU, 2023, SACHS, 2015) e que deve ocorrer, por óbvio, através do coser de interesses e práticas participativas de governança.

Neste ponto, impende salientar que nas metas 7.a. e 7.b. respectivamente, do ODS 7, se tem como alvo:

Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa.”

[...]

“Energias limpas são as que não liberam, durante seu processo de produção ou de consumo, resíduos ou gases poluentes geradores do efeito estufa e do aquecimento global (IPEA, 2023).

Há todavia de se atribuir celeridade a esse movimento mundial, visando a conversão à uma transição energética sustentável, privilegiando desde agora a drástica redução do uso de combustíveis fósseis, com a implementação definitiva de novas fontes energéticas limpas e renováveis através de políticas públicas, práticas de ESG por entes públicos e privados, e outras formas agregadoras ao propósito por parte de todos os atores internacionais domésticos, tendo sempre como meta uma mitigação factível e eficiente dos efeitos das mudanças climáticas e por via de consequência, o atingimento dos ODS 7 e 13 da Agenda 2030 da ONU, fruto de uma união de esforços focado no bem de todos (VIEIRA et.al., 2017).

Sendo a aplicabilidade de critérios de ESG uma medida de boa governança, tem-se nestes um poderoso veículo positivamente transformador não apenas sob o aspecto propositivo, mas influenciador, uma vez que as informações oriundas de seu manejo norteiam e sinalizam o processo de tomada de decisão dos investidores.

⁵ Energias limpas são as que não liberam, durante seu processo de produção ou de consumo, resíduos ou gases poluentes geradores do efeito estufa e do aquecimento global.



Daí se abre, portanto, uma porta ampla para uma perspectiva crível de investimentos, já que os padrões de ESG estão totalmente voltados aos ODS, que hoje é uma realidade nas discussões no mercado de capitais, o que faz diante da sua envergadura, nomear os elementos de ESG como critérios de sustentabilidade de mercado (PACTO GLOBAL, 2023).

E se tratando a transição energética de um projeto dependente de fomento de capital, investimento e um olhar multilateral, as práticas de ESG são extremamente necessárias e desejáveis como mais um incremento valorativo na articulação da governança ambiental global.

Vale salientar que o que projeta a eficiência como resultado não é apenas e tão somente a transição energética com a redução da matriz energética poluente, mas uma mudança de mentalidade e hábitos de toda a sociedade, caminhantes à uma educação para o consumo.

A colaboração eficaz entre os diversos atores sociais e institucionais, voltada ao fortalecimento da governança, requer que os Estados adotem políticas públicas estratégicas, aliadas à implementação de práticas ESG por parte de empresas, governos e organizações.

Esses agentes devem enxergar na crise atual uma oportunidade não apenas para avanços ambientais e sociais, mas também para dinamizar a economia por meio de modelos sustentáveis de exploração mercadológica.

Para isso, é essencial mobilizar instrumentos como incentivos fiscais, financiamentos acessíveis, investimentos privados, consórcios, concessões e parcerias regionais ou internacionais, visando à construção e modernização de infraestruturas críticas, bem como à sua operação eficiente. Paralelamente, é fundamental harmonizar mecanismos de *soft law* (como diretrizes voluntárias e certificações) com normas jurídicas vinculantes (*hard law*), assegurando coerência regulatória e estimulando a adesão ampla a padrões sustentáveis em escala global (WEDY, 2018; GRANZIERA; REI, 2013).

E quais seriam, dentre as opções atualmente disponíveis, as fontes energéticas com viés de sustentabilidade? Tal como apontado no tópico anterior, de forma geral, mesmo as fontes tidas como sustentáveis, carregam em si pontos desfavoráveis, mas que não desqualificam seus virtuosismos quando comparados com os exponenciais males perpetrados pelos combustíveis fósseis.



A energia eólica, a ondomotriz, a fotovoltaica, a geotérmica e à base de hidrogênio apresentam reconhecidamente os menores impactos ao meio ambiente, o que, com os devidos ajustes, as colocam como as mais razoáveis fontes a serem implementadas em larga escala - o que não se pode afirmar em relação ao cultivo de microalgas e à exploração do gás de metano (OMAR, 2018).

Quiçá sejam estas as mais promissoras escolhas a serem adotadas, obviamente reivindicando maiores pesquisas, programas de implementação e investimentos robustos para uma efetivação otimização, sabido que a eliminação por completo dos combustíveis fósseis não é algo factível nem no presente nem no futuro (VIEIRA et. al, 2021).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A história da vida humana se confunde com a história da energia, que é o que ao final, viabiliza sua existência.

O que se observa é que, tão essencial quanto a água e o alimento, a busca por fontes de energia nunca terá fim, tendo sua premência apenas matizada conforme os anseios da geração vigente, sendo percorrida pelo ser humano desde os primórdios até os tempos atuais, sempre a atender demandas de subsistência.

Hoje, a necessidade se impõe não apenas para usos elementares como cozimento, aquecimento, funcionamento da indústria, do tráfego, mas principalmente, para uso da mais sofisticada tecnologia.

Porém, muito embora se verifique uma evolução intelectual com a apropriação do conhecimento, e refinamento evidente dos bens da vida, a tal aprimoramento não se seguiu a conscientização no que diz respeito à obtenção das fontes de energia.

A humanidade lamentavelmente, traz há milênios a combustão de material fóssil como expoente da matriz energética mundial e essa escolha está a cobrar um preço.

A expressiva emissão de gases de efeito estufa, (GEE) resultado da queima perene e intermitente de combustíveis fósseis no decorrer de séculos, de forma contínua e crescente, são a principal causa das mudanças climáticas antrópicas, que tem, por sua vez, reverberado contra a sustentação da vida na Terra, já provocando uma série de males para a presente e para as futuras gerações.



Como apurado, a redução ao mínimo necessário dos combustíveis fósseis como fonte de energia é perfeitamente possível e viável, sendo evidente que a ciência tem se mostrado como uma valiosa aliada nesta empreitada, à vista das conquistas já obtidas com a exploração dos ventos, sol, água e até do calor do centro do planeta, representadas pela energia eólica, solar, hidrogênio, ondomotriz e geotérmica, todas renováveis, limpas, viáveis e portanto, sustentáveis.

Assim, a adoção de uma transição energética que promova tais fontes limpas e renováveis, com vistas à transformação da matriz energética suja e poluente até então inadvertidamente utilizada, se apresenta como uma construção assertiva e potencialmente eficiente não apenas para resolver a questão da crise que envolve a sua captação, mas também como política pública que possa mitigar ou reverter as mudanças climáticas de origem antrópica e assim, propiciar condições de vida saudável dentro do contexto da sustentabilidade, atendendo o ODS 7 da Agenda 2030 da ONU.

REFERÊNCIAS:

ALMEIDA, Anderson Soares de Almeida et al. Hidrogênio, o combustível do futuro. **Diversitas Jornal**, volume 4, n. 2. mai./ago. 2019, pp: 356-366. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/593/789. Acesso em: 06 maio 2023.

ANDRADE, Juliano de Almeida; AUGUSTO, Fábio; JARDIM, Isabel Cristina Sales Fontes. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, volume 35, número 3, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eq/a/sGLvvgg5B6qBspNBtncd9GKq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 maio 2023.

ARAÚJO, Horácio Braga de. **Cooperação tecnológica no Direito Internacional de Mudanças Climáticas para uma gestão energética sustentável**, 2017. Dissertação de Mestrado em Direito. Faculdade de Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/176808>. Acesso em: 12 abr. 2023.

BRASIL. **Lei 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 12 abr. 2023.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida** - Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo. Cultrix, 2006.



CARDOSO, Eliezer de Moura. **Apostila educativa - Aplicações da Energia Nuclear**. Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, 2008. Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/bitstream/123456789/555/1/Aplica%C3%A7%C3%B5es%20da%20Energia%20Nuclear.pdf>. Acesso em: 22 maio 2023.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: Fonte: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 27 maio 2023.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato – educação, ciência e tecnologia. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**, v.12, n. 17, pp. 7-16, 2011. Disponível em: <https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/164/154>. Acesso em: 05 maio 2023.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado; REI, Fernando. Org. **O futuro do Regime Internacional das Mudanças Climáticas: Aspectos Jurídicos e Institucionais**. Editalivros Produções Editoriais. Santos, 2013.

IPEA. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods7.html>. Acesso em: 15 maio 2023.

LAVEZZO, César Augusto Lotti. Fontes de energia. **Revista Eletrônica Gestão em Foco**. UNIFIA. Amparo, 2016. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/012_fontes_energia.pdf. Acesso em: 19 maio 2023.

MAMUM, M.M.A.. Recent Fukushima nuclear detonation, Chernobyl nuclear fallout, three mile island nuclear accident and atomic bomb explosion - rethinking the effects of nuclear radiations over human health. **International Journal of Radiation Research**, Tehran, vol. 11, ed. 2, abr. 2013, pp. 63-80. Disponível em: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/recent-fukushima-nuclear-detonation-chernobyl/docview/1419399624/se-2>. Acesso em: 06 maio 2023.

MEYER, Mauro F. et al. **Energia eólica e seus impactos ambientais**. In: 4º CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2014, Bento Gonçalves/ RS. Disponível em: <https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=693&ano=quarto>. Acesso em: 01 maio 2025.

MONTENEGRO, Tulio Santana; COSTA JUNIOR, Marcos Antônio. Utilização de poços de petróleo abandonados para a produção de energia geotérmica. **Engenharia de Petróleo – Cadernos de Graduação - Ciências exatas e tecnológicas**, Aracaju/SE, volume 6, n. 2, setembro 2020, p. 37-52. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/6045/4182>. Acesso em: 20 maio de 2025.



NOBRE, Carlos A. et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **PNAS Nexus**, vol. 113, n. 39, pp.10759–10768, 2016. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1605516113>. Acesso em: 30 maio 2025.

NATT, Elisângela Domingues Michelatto; CARRIERI, Alexandre de Pádua. Energia Hidrelétrica: a Retórica da Energia Limpa. **Repositório Institucional da Universidade Federal de Minas Gerais**, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/50792/2/Energia.indb%20-%20livro_energia.pdf. Acesso em: 07 maio 2025.

OMAR, CHRISTOF. **Estudo de métodos para a conversão da energia das ondas oceânicas**, 2018. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e Ambiente. Faculdade de Ciências – Departamento de Engenharia, Geografia, Geofísica e Energia. Universidade de Lisboa, 2018. Disponível em: https://www.academia.edu/92976651/Estudo_de_m%C3%A9todos_para_a_convers%C3%A3o_da_energia_das_ondas_oce%C3%A2nicas. Acesso em: 07 maio 2025.

ONU BRASIL. **Compreendendo as dimensões do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pZ2RsinirIA>. Acesso em: 06 abr. 2025.

PANTA, Daniel Alves de Souza et al. Microalgas e a terceira geração de biocombustíveis: desafios atuais e perspectivas futuras. **Desafios – Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, volume 8, n. 03, 2021. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/11171>. Acesso em: 06 maio 2025.

PASSOS, Ed Ákio Santos; FRAGOSO, Matheus Rudinick. **Estudo da viabilidade econômica de uma usina heliotérmica com armazenamento de energia**, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2020. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26523/1/CT_COEAU_2020_1_09.pdf. Acesso em: 19 maio 2025.

REI, Fernando; CUNHA, Kamyla; Maria Luiza Machado Granziera, Fernando Rei (org.). **O Brasil e o regime internacional das mudanças climáticas**. O futuro do Regime Internacional das Mudanças Climáticas – Aspectos Jurídicos e Institucionais. Santos, 2015, pp. 17-38.

ROMA, Júlio César. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, vol. 71, n.1, jan/mar. 2019. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252019000100011#:~:text=Os%20Objetivos%20de%20Desenvolvimento%20do%20Mil%C3%AAnio%20\(ODM\)%20foram%20oito%20grandes,do%20planeta%2C%20fatores%20que%20afetavam](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252019000100011#:~:text=Os%20Objetivos%20de%20Desenvolvimento%20do%20Mil%C3%AAnio%20(ODM)%20foram%20oito%20grandes,do%20planeta%2C%20fatores%20que%20afetavam). Acesso em: 06 abr. 2025.



ROSA, Luis Pinguelli. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. **Dossiê Energia. Estudos Avançados** 21, abr. 2007, pp. 39-58. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/4LQNgb9vFRTqRFgtVSYK5Q/?lang=pt>. Acesso em 06 maio 2025.

SACHS, Jeffrey. **The age of sustainable development**. Sustainable Development Goals. Columbia University. New York, 2015, pp. 481-511.

SECRETARIA DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS. **Agenda 2030: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**, 15 mar. 2022. Disponível em: <https://www.internacional.df.gov.br/agenda-2030-objetivos-do-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 06 abr. 2025.

SILVA, Lara Raquel de Jesus Rodrigues; SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de. Análise comparativa das fontes de energia solar fotovoltaica, hidrelétrica e termelétrica, com levantamento de custos ambientais, aplicada ao Distrito Federal. **Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar**. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/527/527>. Acesso em: 10 jun. 2025.

SILVA, João Victor Felix Cabral da. **Resíduos de placas solares: uma revisão bibliográfica**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. UFRS. Angicos, RN, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufrs.edu.br/bitstream/prefix/8043/1/Jo%c3%a3oVFCS_MONO.pdf. Acesso em: 21 maio 2025.

STOPASSOLI, Géssica et al. **Produção de biogás como geração de energia, voltada para área ambiental**. Universidade Federal da Fronteira Sul. Anais do SEPE – Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão, volume 8, 2018. Disponível em: <https://portaleventos.ufrs.edu.br/index.php/SEPE-UFRS/article/view/10010>. Acesso em: 05 maio 2025.

VIEIRA, Michael Raphael Soares et al. O futuro das energias renováveis e os acordos ambientais como mitigação da mudança climática e a possibilidade de compensação por emissões evitadas. **Research, Society and Development**, v. 10, n.14, 25 out. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21558/19349>. Acesso em: 27 maio 2025.

WEDY, G. **Desenvolvimento sustentável na era das mudanças climáticas**. São Paulo: Saraiva, 2018. E-book.

