

# + AMBIENTAL

Nº 12 | ANO III



REVISTA DE ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE DA GRACY AMBIENTAL

# Editorial

## COORDENADORA EDITORIAL

CARLA GRACY RIBEIRO MENESES  
Doutora em Engenharia Química com área de concentração em engenharia ambiental /UFRN, Mestre em engenharia sanitária/UFRN, Engenharia Civil/UFRN, Diretora técnica da Gracy Ambiental – Gestão, Consultoria e Projetos Ambientais Ltda. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária e Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: resíduos sólidos, tratamento de efluentes, tratamento de águas, sistema de gestão ambiental, qualidade.  
[Currículo Lattes](#)  
E-mail: [cgracy@gracyambiental.com.br](mailto:cgracy@gracyambiental.com.br)

## COLABORADORES

ANDRÉ LUIS CALADO ARAÚJO  
PhD Engenharia Sanitária - University of Leeds, Mestre Engenharia Sanitária/UFPB, Engenheiro Civil/UFPA, Estatístico/UFRN, Professor da Diretoria de Recursos Naturais do IFRN-Campus Natal/RN, Atua nas áreas de saneamento e meio ambiente.  
[Currículo Lattes](#)  
E-mail: [andre.calado@ifrn.edu.br](mailto:andre.calado@ifrn.edu.br)

CARLOS ENRIQUE DE MEDEIROS JERONIMO  
Doutor em Engenharia Química/UFRN, Mestre em Engenharia Química/UFRN, Especialista em Engenharia de Processamento de Petróleo/UERJ, Especialista Engenharia de Segurança do Trabalho/UNP, Graduado em Engenharia Química/UFRN, Engenheiro da Petrobras.  
[Currículo Lattes](#)  
E-mail: [c\\_enrique@hotmail.com](mailto:c_enrique@hotmail.com)

EVANEIDE MARIA DE MELO  
Doutora em Ciências Sociais/UFRN, Mestre em Geografia/UFRN, Graduação em Geografia (Licenciatura Plena)/UFRN, Professora de Geografia/IFRN - Campus Ceará-Mirim/RN.  
[Currículo Lattes](#)  
E-mail institucional: [evaneide.melo@ifrn.edu.br](mailto:evaneide.melo@ifrn.edu.br)

FÁBIO FONSECA FIGUEIREDO  
Doutor em Geografia Humana na Universidade de Barcelona/Espanha, Economista (UFRN), Professor do Departamento de Políticas Públicas e do Programa de Pós-graduação em Estudos Urbanos e Regionais da UFRN. Pesquisador do Grupo de Pesquisa SEMAPA - Socioeconomia do Meio Ambiente e Política Ambiental.  
[Currículo Lattes](#)  
E-mail: [ffabiof@yahoo.com](mailto:ffabiof@yahoo.com)

FERNANDO DUARTE DA COSTA  
Diretor da GA  
[fcosta@gracyambiental.com.br](mailto:fcosta@gracyambiental.com.br)

JEAN LEITE TAVARES  
Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos/UFCE, Mestre em Engenharia Sanitária/Recursos Hídricos/UFPB-CG, Engenheiro Civil/UFPB-CG. Professor Efetivo da Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN, campus Natal - Central nos Cursos de Engenharia Sanitária e Ambiental, Gestão Ambiental, Controle Ambiental e do Mestrado em Uso Sustentável dos Recursos Naturais.  
[Currículo Lattes](#)  
E-mail: [jean.tavares@ifrn.edu.br](mailto:jean.tavares@ifrn.edu.br)

JOSIVAN CARDOSO MORENO  
Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental/UFRN, Tecnólogo em Controle Ambiental/IFRN. Consultor em engenharia sanitária e ambiental com atuação em elaboração, planejamento e execução de planos, programas e projetos nas áreas de recursos hídricos e engenharia sanitária e ambiental.  
[Currículo Lattes](#)  
E-mail: [josivan.cardoso@gmail.com](mailto:josivan.cardoso@gmail.com)

MARIA WAGNA DE ARAÚJO DANTAS  
Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Estudos Urbanos e Regionais (PPEUR)/UFRN; Mestre Ciências Ambientais/IFRN, Especialista em Educação Profissional e Tecnológica/IFRN, Especialista em Gestão Ambiental/IFRN, Graduação em Ciências Econômicas – Bacharelado/UFRN, Presidente da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES/Seção RN, Presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Ceará-Mirim/RN, Conselheira do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbú, da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi Mossoró e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH).  
[Currículo Lattes](#)  
E-mail: [wagnadantas@funcern.br](mailto:wagnadantas@funcern.br)

RÉGIA LÚCIA LOPES  
Doutora em Engenharia Civil/UFPE, Mestre em Engenharia Química/UFRN, Engenheira Civil/UFRN. Professora do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais (PPgUSRN) do IFRN.  
[Currículo Lattes](#)

E-mail: [regialopes@hotmail.com](mailto:regialopes@hotmail.com)

## PROJETO GRÁFICO E EDITORAÇÃO

ANDREIA DUARTE DA COSTA  
[www.acriativa.pt](http://www.acriativa.pt)  
E-mail: [ac@acriativa.pt](mailto:ac@acriativa.pt)

PERIODICIDADE  
Trimestral

REGISTO ISBN  
978-65-997471-7-5



# Sumário

OUTUBRO | NOVEMBRO | DEZEMBRO 2023

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 04 | EDITORIAL<br>UM OUTRO MUNDO É POSSIVEL!?<br>AUTOR: Fábio Fonseca Figueiredo                                                                                                                                                                                                    |
| 06 | O BOOM DO HIDROGÊNIO VERDE: BREVE ASPECTOS PRODUTIVOS, AMBIENTAIS, ESTRATÉGICOS E DE SEGURANÇA<br>AUTORES: Juan Alberto Chavez Ruiz, Fabiola Correia de Carvalho, Marcilio de Melo Bayer, Matheus Almeida da Silva, Márcia Fernanda T. de Menezes e Giovanni Silva de Oliveira |
| 16 | HIDROGÊNIO VERDE NO RIO GRANDE DO NORTE: PARA QUEM E PARA QUE?<br>AUTORA: Fátima Maria Oliveira Viana                                                                                                                                                                          |
| 22 | TRANSIÇÃO ENERGÉTICA<br>AUTOR: Francisco del Moral Hernández                                                                                                                                                                                                                   |
| 28 | VENTOS E RAIOS SOLARES QUE TRANSFORMAM? Um estudo sobre o impacto econômico, social e ambiental da instalação de Empreendimentos Eólicos e Solares no Rio Grande do Norte/Brasil<br>AUTOR: Rafael Fonsêca da Costa                                                             |
| 36 | ENTREVISTA<br>AUTORES: Douglnilson de Moraes Ferreira e Ricardo Luiz Machado                                                                                                                                                                                                   |
| 40 | BOLETIM INFORMATIVO<br>PREDE DE INSTITUTOS SENAI DE INOVAÇÃO (ISI)<br>AUTORES: Samira de Azevedo Santos Emiliavaca, Alan Rodrigues de Sousa e Bruno Nascimento e Silva                                                                                                         |



# UM OUTRO MUNDO É POSSÍVEL!?

Em tempos remotos, quando a humanidade ainda não dominava ferramentas básicas e necessárias, a sobrevivência da espécie estava condicionada ao entendimento dos ciclos da natureza para a adequação da vida no planeta. Assim, se observarmos a reprodução das sociedades antigas, iremos encontrar a pujança da agricultura dos egípcios, a rotação de cultura realizada pelos astecas, as construções da civilização Inca e a pesca dos povos do Mediterrâneo.

A partir do domínio da técnica e da tecnologia que levou ao desenvolvimento das forças produtivas, da evolução da cultura do capitalismo e da afetação do capitalismo global como conhecemos, novos contornos nessa relação homem-meio ambiente se faz presente. A possibilidade da espécie humana em alterar o meio natural levou a emergência da mesma espécie sentir os riscos diretos dessa intervenção. A crise ambiental, como amplamente divulgada desde a segunda metade do século XX, nos leva a algumas constatações que por mais popularescas que venham a ser, faz parte de sofisticados estudos e pesquisas sobre a relação homem-meio ambiente.

Uma dessas constatações é que ou alteramos a forma como nos relacionamos como o nosso entorno natural, ou sentiremos as consequências diretas do meio ambiente. Ou, quem no senso comum nunca

reclamou de que as temperaturas estão mais cálidas nos últimos dez anos; ou, quem nunca percebeu e comentou que estamos vivendo períodos de extrema aridez contrapondo-se que intensas chuvas em certos períodos do ano?

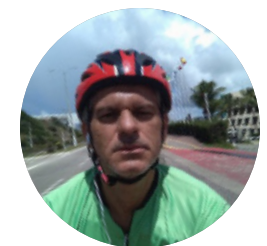
Um dos aspectos a se mencionar a partir do reconhecimento dessa crise ambiental, uma crise forjada por uma forma de produção e consumo típico da cultura do capitalismo global, é a questão energética. Especialistas analisam os impactos socioambientais a partir da maior necessidade de se gerar e distribuir energia, a força motriz do capitalismo global. Portanto, uma forma de, num primeiro momento, mitigar os efeitos nocivos e nefastos desse modelo de reprodução da vida é a passagem para uma transição energética, ou seja, uma mudança de paradigma que envolve não somente a geração de energia, mas também o consumo e o reaproveitamento dela. Parte da migração de matrizes energéticas poluentes, como combustíveis fósseis à base de carvão ou petróleo, para fontes de energia renováveis, como hidrelétricas, eólicas, solares e de biomassas.

A transição energética vai além da mera substituição de fontes de energia de alto carbono, para o uso de energia de baixo carbono. Reque uma reestruturação de toda a cadeia produtiva, que se inicia na geração

de energia e vai até a distribuição e o consumo. Também, garante uma transição justa, assegurando que nenhuma parcela da população ou setor econômico seja negligenciado.

Pensando nessas questões de crise ambiental como foco no debate da transição energética que o número 12 da Revista + Ambiental reuniu seis textos de diferentes estirpes, com especialistas das mais variadas áreas do conhecimento para tratar justamente as questões relacionada a transição energética num mundo da crise ambiental global. É mister não perder de vista que somente a técnica e a tecnologia não darão conta de explicar os motivos dessa crise e aplicar sistemas energéticos menos poluentes e mais racionais.

Anterior ao importante e necessário debate sobre a transição energética e a referente necessidade se de buscar outras fontes de energia, há que se ter em conta o entendimento das causas da crise ambiental e os seus consequentes desdobramentos. E nesse sentido, para além de um debate meramente técnico, os textos aqui reunidos não deixam de relacionar a crise, motivos, desdobramentos e encaminhamentos a partir de uma possibilidade de alteração da base energética que, no limite, pode implicar num novo, talvez diferente, modelo civilizatório; um outro mundo é possível! ●



Fábio Fonseca Figueiredo

Professor Dr., Instituto de Políticas Públicas e do Programa de Pós-Graduação em Estudos Urbanos e Regionais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/Brasil. Pesquisador do Grupo de Pesquisa SEMAPA/UFRN

[fabiofonsecafigueiredo@gmail.com](mailto:fabiofonsecafigueiredo@gmail.com)  
<http://lattes.cnpq.br/3895306086709129>

# O *boom* do Hidrogênio: Breves aspectos produtivos, ambientais, estratégicos e de segurança

“No cenário mundial, embora não apresente estratégia para H<sub>2</sub> consolidada, o Brasil apresenta enorme potencial para se tornar um dos protagonistas do mercado mundial de H<sub>2</sub> renovável”.

## AUTORES:

Juan Alberto Chavez Ruiz  
Fabiola Correia de Carvalho  
Marcilio de Melo Bayer  
Matheus Almeida da Silva  
Márcia Fernanda Teixeira de Menezes  
Giovanny Silva de Oliveira





“O hidrogênio oriundo de fontes renováveis vem sendo amplamente discutido, tornando-se um assunto de interesse nacional.”

INTRODUÇÃO

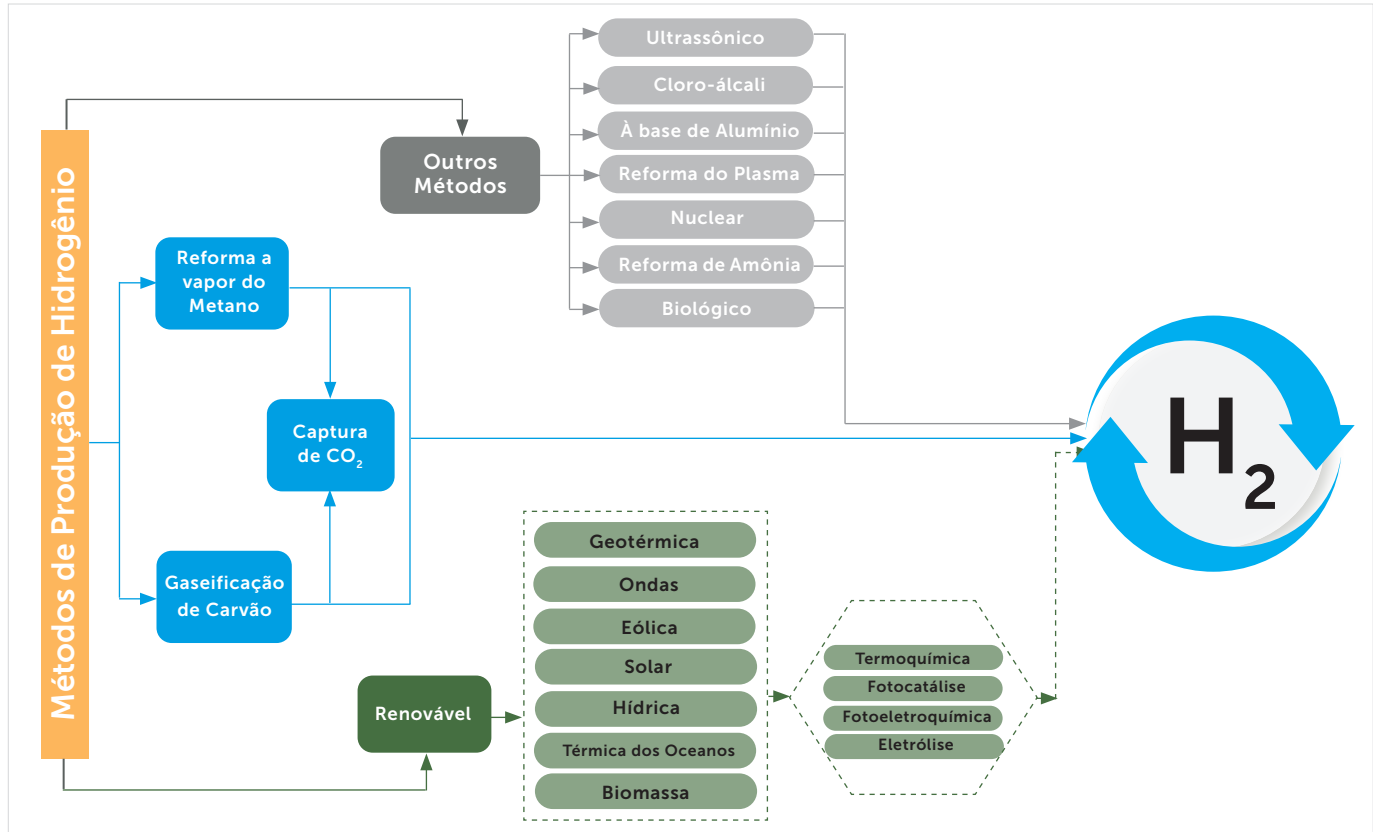
O hidrogênio é um composto químico que é utilizado para diversas aplicações e, em um passado recente, o hidrogênio oriundo de fontes renováveis vem sendo amplamente discutido, tornando-se um assunto de interesse nacional. Em 2003, o mundo consumia cerca de 42 milhões de toneladas anualmente, sendo aproximadamente 60% (25,2 milhões de toneladas) desse total utilizado para produção de amônia (NH<sub>3</sub>), 23% (9,66 milhões de toneladas) para o refino do petróleo, 9% (3,78 milhões de toneladas) para a produção de metanol e o restante (8%, ou 3,36 milhões de toneladas) para as indústrias química, metalúrgica e espacial (NATIONAL RESEARCH COUNCIL; NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2004).

De um modo geral, as estratégias voltadas para a produção de H<sub>2</sub>

são pautadas em três pilares: redução das emissões de gases de efeito estufa, segurança energética utilizando hidrogênio renovável como vetor e crescimento econômico sustentável (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT, 2021). Além desses aspectos, as características do processo ao longo prazo, suas vantagens e desvantagens e os próprios interesses nacionais podem nortear o desenvolvimento da economia de hidrogênio de um país, de modo que essas informações normalmente são encontradas nos chamados roadmaps – documentos que estabelecem as metas, direcionamentos e visões de futuro sobre um determinado assunto.

O hidrogênio pode ser obtido através das mais variadas formas, desde reservas naturais, passando por tecnologias que transformam combustíveis fósseis em H<sub>2</sub> até as tecnologias de produção de

Figura 1: Processos utilizados para produzir H<sub>2</sub>



Fonte: Adaptado de Dash, Chakraborty & Elangovan (2023) e Ishaq, Dincer & Crawford (2022)

hidrogênio renovável e amigável ao meio ambiente, sem emissões de gases de efeito estufa devido a utilização de fontes de energias livres de carbono, como as fontes hídricas, eólicas e solares (DASH; CHAKRABORTY; ELANGOVAN, 2023; ISHAQ; DINCER; CRAWFORD, 2022). A fim de classificar o tipo de hidrogênio quanto a pegada de carbono associada ao seu processo produtivo, é utilizada uma escala de cores visando tornar simbolicamente a identificação do teor renovável desse produto.

CORES DO HIDROGÊNIO

Devido as diferentes formas de obtenção do hidrogênio, conforme apresentado na Figura 1, o hidrogênio pode apresentar aproximadamente 13 cores: amarelo, azul, branco, cinza, marrom, musgo, ouro, preto, roxo, rosa, turquesa, verde e vermelho (Figura 2).

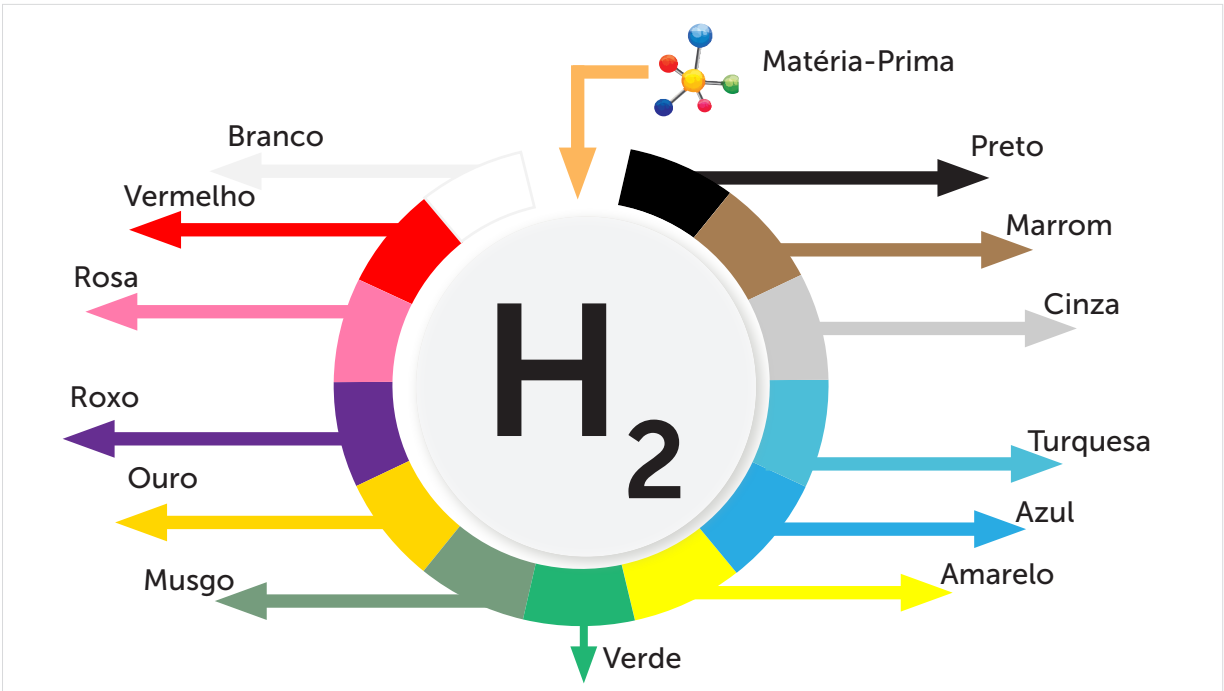
Os hidrogênios mais comumente encontrados são o preto e marrom, produzido a partir de processos convencionais que

utilizam carvão fóssil e liberam elevadas quantidades de CO<sub>2</sub> na atmosfera; o hidrogênio cinza, responde por boa parte da geração convencional de H<sub>2</sub> e é produzido a partir do gás natural, proporcionando liberações de CO<sub>2</sub> inferiores aos hidrogênios preto e marrom; o hidrogênio azul, que se assemelha à produção do hidrogênio cinza, porém com captura de CO<sub>2</sub> integrada; e o hidrogênio verde, produzido pela eletrólise da água, com eletricidade fornecida por energias renováveis, preferencialmente pelas energias solar e/ou eólica (WILLIGE, 2022).

Além dessas, existem outros processos inovadores e menos convencionais que complementam a palheta de cores do hidrogênio. O hidrogênio amarelo é designado, especificamente, para a produção eletrolítica utilizando a energia solar; o hidrogênio branco, por sua vez, é encontrado de forma natural em formações geológicas; enquanto que o hidrogênio ouro é produzido a partir de micróbios fermentadores em poços de petróleo; o hidrogênio turquesa, que

“O hidrogênio pode ser obtido através das mais variadas formas, desde reservas naturais, passando por tecnologias que transformam combustíveis fósseis em H<sub>2</sub> até as tecnologias de produção de hidrogênio renovável e amigável ao meio ambiente”.

Figura 2: Classificação qualitativa do H<sub>2</sub> na nomenclatura de cores



Fonte: Autoria Própria (2023).

## Roadmaps de Hidrogênio

São documentos que estabelecem as metas, direcionamentos e visões de futuro sobre um determinado assunto. É através dos *roadmaps* voltados ao hidrogênio que determinadas regiões (estados, países ou continentes) estabelecem suas metas de produção, determinam suas políticas internas e elucidam suas visões de futuro acerca dessa matéria-prima que é visto atualmente como o principal vetor da transição energética.

**“Embora não apresente *roadmap* consolidado para o hidrogênio renovável, o Brasil possui um dos maiores – senão o maior – cenário favorável para produção dessa matéria-prima, dada sua riqueza nas fontes de energias renováveis (eólica e solar) e nas principais matérias-primas para produção de hidrogênio renovável (biomassa e água)”.**

que gera um subproduto sólidos chamado carbono negro e contribui para a mitigação de gases de efeito estufa pela captura desse carbono; já os hidrogênios roxo, rosa e vermelho são semelhantes ao hidrogênio verde e/ou amarelo, porém utilizando energia nuclear; por fim, o hidrogênio musgo, que é obtido a partir das biomassas através de processos termoquímicos com potencial para captura, armazenamento e utilização de carbono (CCUS).

Conforme observado, os processos de obtenção de hidrogênio podem classificar, de forma qualitativa, esse vetor energético através de um grande leque de possibilidades. Visando unificar todas as classificações apresentadas anteriormente e que podem proporcionar mitigações de gases de efeito estufa, a nomenclatura hidrogênio de baixo carbono ou hidrogênio renovável foi criada com o objetivo de harmonizar os tipos de hidrogênio com impactos ambientais reduzidos e minimizar possíveis ambiguidades existentes entre as diferentes classificações.

### AS ESTRATÉGIAS PARA O HIDROGÊNIO: ROADMAPS DOS PAÍSES

Conforme mencionado anteriormente, é através dos *roadmaps* voltados ao hidrogênio que determinadas regiões (estados, países ou continentes) estabelecem suas metas de produção, determinam suas políticas internas e elucidam suas visões de futuro acerca dessa matéria-prima que é visto atualmente como o principal vetor da transição energética.

No *roadmap* europeu (*“Hydrogen Roadmap Europe: A Sustainable Pathway for the European Energy Transition”*), foi apresentado que os processos envolvendo eletrólise e reforma são os principais protagonistas no cenário da economia do hidrogênio. Além disso, para os eletrolisadores (equipamentos que produzem H<sub>2</sub> a partir da eletrólise), até o ano de 2030 é estabelecida a meta de obter sistemas capazes de transformar entre 15 a 40 GW de energia em H<sub>2</sub>, segundo Collins (2022), o maior eletrolisador em funciona-

mento nos dias atuais se encontra na China, com capacidade de 150MW), representando até 60% do hidrogênio utilizado para novas aplicações.

Como principal representante da Oceania, a Austrália também desenvolveu seu plano nacional de desenvolvimento de hidrogênio com o intuito de contribuir para o crescimento global desse mercado. Para tanto, aposta nos processos de eletrólise e reforma e na gaseificação do carvão. Além disso, o país aposta em seu potencial eólico e solar atrelado ao seu vasto recurso hídrico para produção de hidrogênio renovável. Devido as atividades de mineração de ferro, estima-se que, apenas na região de Pilbara, existem águas subterrâneas capazes de gerar aproximadamente 14 megatoneladas por ano de hidrogênio (COAG ENERGY COUNCIL, 2019; FEITZ; TENTHOREY; COGHLAN, 2019).

Apesar de não possuir *roadmap* plenamente desenvolvido, a Arábia Saudita será o representante do Oriente Médio que receberá um dos maiores investimentos mundiais em hidrogênio renovável. Através do “Projeto Neom”, que contará com o envolvimento

de diversas empresas tais como Air Products (EUA) e Thyssenkrupp Technology (Alemanha), estima-se que o país produzirá, diariamente, 650 toneladas de hidrogênio renovável através de eletrolisadores da mesma empresa alemã, a ser exportado na forma de amônia (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT, 2021).

Representando o continente asiático, o *roadmap* chinês (*“Hydrogen Fuel Cell Vehicle Technology Roadmap”*) reporta pesquisas voltadas, principalmente, às células combustíveis de hidrogênio e infraestrutura para o H<sub>2</sub>, mesmo assim, apesar das metas estabelecidas com aumento da capacidade em todos os setores desse mercado, não são disponibilizadas informações sobre a capacidade produtiva e de exportação do país.

No continente sul-americano, o Chile é um dos primeiros atores na economia do hidrogênio. Através de sua estratégia nacional para o hidrogênio renovável (*“National Green Hydrogen Strategy”*), é apresentado um potencial para produzir 160 megatoneladas de hidrogênio renovável anualmente devido ao seu alto potencial em energias renováveis, com ênfase

## Brasil - Hidrogênio

Diversas discussões ainda permeiam o cenário brasileiro, encabeçadas principalmente pela Comissão Especial para Debate de Políticas Públicas sobre Hidrogênio Verde, sejam elas de cunho tecnológico, buscando compreender as potenciais tecnologias e processos existentes no Brasil, sejam de cunho governamental, visando debater as políticas públicas (como o Programa Nacional de Hidrogênio – PNH<sub>2</sub>) que podem alavancar a economia nacional do H<sub>2</sub>.

**“Por mais que o cenário brasileiro seja de abundância de matérias-primas para a produção de hidrogênio renovável e de tecnologia, vale ressaltar que a infraestrutura também é um ponto a ser considerado no que diz respeito a produção e que essa está intimamente atrelada a demanda pelo H<sub>2</sub>, visto que depende da finalidade a qual será destinada essa matéria-prima”.**

“Apesar de não possuir produções em larga escala, diversas pesquisas vêm sendo conduzidas a fim de fornecer maior compreensão a respeito do potencial para produção e exportação de hidrogênio renovável 100% brasileiro.”

para a energia solar. Além disso, o país aposta justamente em seu potencial renovável para competir na economia mundial com o hidrogênio renovável mais barato do planeta: cerca de USD 1,3 por kg de H<sub>2</sub> até o ano de 2030, contra os USD 1,7 fornecidos pela Austrália pela mesma quantidade de H<sub>2</sub>. Além da produção, o Chile apresenta diversos projetos envolvendo o uso desse hidrogênio renovável na obtenção de compostos químicos e combustíveis sustentáveis, como o e-metanol e a e-gasolina, respectivamente.

E O BRASIL?

Embora não apresente *roadmap* consolidado para o hidrogênio renovável, o Brasil possui um dos maiores – senão o maior – cenário favorável para produção dessa matéria-prima, dada sua riqueza nas fontes de energias renováveis (eólica e solar) e nas principais matérias-primas para produção de hidrogênio renovável (biomassa e água). Diversas discussões ainda permeiam o cenário brasileiro, encabeçadas principalmente pela Comissão Especial para Debate de Políticas Públicas sobre Hidrogênio Verde, sejam elas de cunho tecnológico, buscando compreender as potenciais tecnologias e processos existentes no Brasil, sejam de cunho governamental, visando debater as políticas públicas (como o Programa Nacional de Hidrogênio – PNH2) que podem alavancar a economia nacional do H<sub>2</sub>.

Apesar de não possuir produções em larga escala, diversas pesquisas vêm sendo conduzidas a fim de fornecer maior compreensão a respeito do potencial para produção e exportação de hidrogênio renovável 100% brasileiro. Devido a sua abundância em fontes

renováveis de energia, principalmente eólica (500 GW onshore e 697 GW offshore) e solar (4 GW), o potencial de utilização dessas fontes no processo de eletrólise é um ponto de destaque. Além da eletrólise, o país também possui vasto potencial para utilização de processos termoquímicos visando a produção de hidrogênio renovável de baixo carbono, como as reformas de biocombustíveis (biogás, biometano, glicerina e etanol), a gaseificação de bio-resíduos (adaptado de DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT, 2021). Devido a abundância de gás natural (140 milhões de Nm<sup>3</sup> diários) e carvão (32 bilhões de toneladas) (RODRIGUES DA SILVA; MATHIAS; BAJAY, 2018; SINI-GAGLIA et al., 2022), a utilização dessas matérias-primas para produção de hidrogênio com captura de CO<sub>2</sub> também merece destaque.

Além das tecnologias convencionais, a tecnologia de Recirculação Química (RQ), existente no Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER/RN), é capaz de utilizar fontes de carbono em qualquer estado da matéria (biogás, etanol, glicerina, biomassas etc.) para produção de H<sub>2</sub> com captura de CO<sub>2</sub>. Esses processos são caracterizados pela sua capacidade em gerar os produtos da reforma ou combustão com intrínseca captura de CO<sub>2</sub> sem penalidades energéticas, como já foi mencionado anteriormente. Essa tecnologia abrange os conceitos mencionados até então visto, através dos ciclos termoquímicos, viabilizando o processamento das mais diversas fontes de carbono, incluindo o gás natural, a glicerina e o carvão.

Por mais que o cenário brasileiro seja de abundância de matérias-primas para a produção de hidrogênio renovável e de tecnologia, vale ressaltar que a infraestrutura também é um ponto a ser considerado no que diz respeito a produção e que essa está intimamente atrelada a demanda pelo H<sub>2</sub>, visto que depende da finalidade a qual será destinada essa matéria-prima.

ASPECTOS DE SEGURANÇA EM UNIDADES DE HIDROGÊNIO

Além de todos os aspectos comentados até então, um outro ponto que necessita de observação quando o assunto “Hidrogênio” está em pauta é a segurança das instalações. O licenciamento para operação da unidade de produção de H<sub>2</sub> é um dos tópicos principais associados a segurança das unidades industriais. É através de uma vistoria realizada por equipe qualificada que são observados os aspectos das instalações, seja por meio de ferramentas simples, como meras observações visuais para avaliação de aspectos de segurança (extintores de incêndio, sinalização, saídas de emergência etc.), seja por meio de técnicas específicas, como aquelas que visam a detecção de vazamentos em linhas de H<sub>2</sub>. Basicamente, alguns protocolos são considerados primordiais quando uma equipe especializada em licenciamento conduz a avaliação de uma unidade de produção de H<sub>2</sub>, sendo eles :

- (i) a inspeção visual,
- (ii) os testes de pressão,
- (iii) os testes de vazamento de fluidos,
- (iv) os testes de inflamabilidade e de detecção de gases combustíveis,
- (v) os testes de eletricidade e
- (vi) o comissionamento.

Programa Nacional de Hidrogênio – PNH2

Nos últimos anos, o mercado de hidrogênio tem se tornado prioridade na estratégia de energia e climática de diversos países, sobretudo, por prover uma alternativa para setores de difíceis abatimento de emissões de carbono (hard-to-abate sectors) e por se constituir também em um vetor de energia, possibilitando o armazenamento de energia e favorecendo o acoplamento do setor de energia aos setores de indústria e transporte.

O Brasil tem grande potencial de se destacar nesse mercado, em face do diferencial competitivo apresentado pelo País, com mais de oitenta por cento de sua matriz elétrica proveniente de fontes renováveis. Nesse contexto, identificou-se a necessidade de se organizar a orientação estratégica para as ações visando ao desenvolvimento da economia do hidrogênio no Brasil, que permitisse a harmonia com as demais fontes de nossa matriz energética. Diante de tal necessidade, foi criado pelo Conselho Nacional de Política Energética – CNPE o Conselho Gestor do Programa Nacional de Hidrogênio – Coges-PNH2, que possui em sua composição diferentes ministérios e instituições para a aprovação do plano trienal para esta relevante fonte energética.

Este Programa almeja contribuir de forma significativa para que o País caminhe na rota do desenvolvimento sustentável com o aumento da competitividade e da participação do hidrogênio na matriz energética brasileira, tendo em vista sua importância econômica, social e ambiental para o desenvolvimento.

O PNH2 se propõe a definir um conjunto de ações que facilite o desenvolvimento conjunto de três pilares fundamentais para o sucesso de uma trajetória de desenvolvimento da economia do hidrogênio: políticas públicas, tecnologia e mercado. São pilares interdependentes e que precisam evoluir de forma síncrona para que possam promover uma aceleração na obtenção dos resultados almejados.

Fonte: Ministério de Minas e Energias



**“Aspectos básicos de segurança em unidades industriais voltadas à produção de H<sub>2</sub>, devem ser realizados e devidamente consolidados até que a primeira grama de H<sub>2</sub> seja produzida.”**

A inspeção visual é o teste mais simples e, com essa ferramenta, são coletadas informações relacionadas à segurança básica dos operadores através de uma “verificação 360°”: existência de saídas de emergência, posicionamento de extintores, placas de sinalização, disponibilidade de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e, quando necessário, Coletivas (EPCs), dentre outros.

Os testes de pressão e de vazamento de gás são verificações com certa similaridade. Enquanto o primeiro está associado a resistência (presença de fissuras ou demais danos que podem acometer as estruturas) dos equipamentos e conexões hidráulicas às pressões de operação e de sobrecarga as quais a unidade operacional pode estar submetida, o segundo é relacionado a presença de vazamentos dos fluidos em todas as junções existentes no sistema. Esses testes são comumente associados aos testes de estanqueidade.

Os testes de inflamabilidade e de detecção de gases combustíveis normalmente são conduzidos com a utilização de sensores, que podem ser móveis ou fixos. São conduzidos através da submissão desses instrumentos a ambientes com amostras representativas dos gases corriqueiros que podem estar presentes na unidade industrial, permitindo que o aparelho detecte com facilidade e agilidade os perigos gasosos que rondam a área de operação e auxilie na tomada de decisão.

Os testes de eletricidade, conforme seu nome sugere, estão associados a qualidade da infraestrutura elétrica instalada no local de operação. O comissionamento, por fim, é realizado com a energização de toda a unidade indus-

trial e condução das rodadas de operação iniciais, que permitirão avaliar o bom funcionamento de todos os equipamentos instalados e interligados, com o intuito de garantir que o produto entregue atende as especificações definidas no projeto inicial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse artigo, foram apresentados breves aspectos relacionados ao hidrogênio. Os principais processos produtivos, bem como as classificações qualitativas foram apresentadas de forma sucinta para despertar o interesse do leitor. Aspectos quantitativos, como a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida por quantidade de H<sub>2</sub> produzida (kg CO<sub>2</sub>/kg H<sub>2</sub>), a quantidade de eletricidade necessária para produzir uma quantidade de H<sub>2</sub> (kW/kg H<sub>2</sub>) e a quantidade de matéria-prima, seja ela a água ou qualquer outra fonte potencial de H<sub>2</sub> (kg matéria-prima/kg H<sub>2</sub>) possuem cálculos com maiores hipóteses a serem consideradas. No cenário mundial, embora não apresente estratégia para H<sub>2</sub> consolidada, o Brasil apresenta enorme potencial para se tornar um dos protagonistas do mercado mundial de H<sub>2</sub> renovável. Por último, mas não menos importante, aspectos básicos de segurança em unidades industriais voltadas à produção de H<sub>2</sub> foram fornecidas para que o leitor lembre que, apesar de todos os esforços tecnológicos e econômicos para alavancar a economia do H<sub>2</sub>, vários procedimentos devem ser realizados e devidamente consolidados até que a primeira grama de H<sub>2</sub> seja produzida.●

REFERÊNCIAS

COLLINS, L. World’s largest green hydrogen project, with 150MW electrolyser, brought on line in China. Disponível em: <<https://www.rechargenews.com/energy-transition/record-breaker-world-s-largest-green-hydrogen-project-with-150mw-electrolyser-brought-on-line-in-china/2-1-1160799>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

COUNCIL, C. E. Australia’s National Hydrogen Strategy. [s.l.: s.n.].

DASH, S. K.; CHAKRABORTY, S.; ELANGOVAN, D. A Brief Review of Hydrogen Production Methods and Their Challenges. *Energies*, v. 16, n. 3, p. 1141, 20 jan. 2023.

ENGINEERING, N. R. C. A. OF. The Hydrogen Economy. Washington, D.C.: National Academies Press, 2004.

FEITZ, A.; TENTHOREY, E.; COGHLAN, R. Prospective hydrogen production regions of Australia. [s.l.: s.n.].

GIZ. Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro: Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde. [s.l.: s.n.].

Hydrogen Fuel Cell Vehicle Technology Roadmap. . [s.l.: s.n.].

Hydrogen Roadmap Europe: A Sustainable Pathway for the European Energy Transition. . [s.l.: s.n.].

ISHAQ, H.; DINCER, I.; CRAWFORD, C. A review on hydrogen production and utilization: Challenges and opportunities. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 47, n. 62, p. 26238–26264, jul. 2022.

National Green Hydrogen Strategy. . [s.l.: s.n.].

RODRIGUES DA SILVA, R.; MATHIAS, F. R. DE C.; BAJAY, S. V. Potential energy efficiency improvements for the Brazilian iron and steel industry: Fuel and electricity conservation supply curves for integrated steel mills. *Energy*, v. 153, p. 816–824, jun. 2018.

SINIGAGLIA, T. et al. Current scenario and outlook for biogas and natural gas businesses in the mobility sector in Brazil. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 47, n. 24, p. 12074–12095, mar. 2022.

WILLIGE, A. The colors of hydrogen: Expanding ways of decarbonization. Disponível em: <<https://spectra.mhi.com/the-colors-of-hydrogen-expanding-ways-of-decarbonization>>. Acesso em: 21 nov. 2023.

AUTORES



**Juan Alberto Chavez Ruiz**  
Doutor em Química. Pesquisador líder na área de sustentabilidade no Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER). <http://lattes.cnpq.br/746346338362150> <https://www.linkedin.com/in/juan-ruiz-310220280>



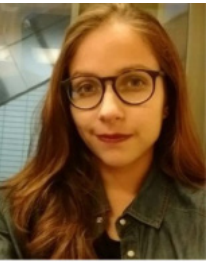
**Fabiola Correia de Carvalho**  
Doutora em Ciências e Engenharia de Petróleo. Pesquisadora na área de sustentabilidade no Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER) e Rede Brasileira de Biocombustíveis de Aviação (RBQAV). <https://lattes.cnpq.br/4759287276606267> <https://www.linkedin.com/in/fabiola-correia-4a171264/>



**Marcilio de Melo Bayer**  
Mestre em Engenharia de Petróleo e Gás. Instrutor de educação profissional e tecnologias do Centro de Tecnologia do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER) e membro atuante dos comitês técnicos para elaboração das normas da ABNT, particularmente na área de gás natural. <http://lattes.cnpq.br/1524120831979008> <https://www.linkedin.com/in/marcilio-bayer-b276b0138/>



**Matheus Almeida da Silva**  
Doutora em Ciências e Engenharia de Petróleo. Pesquisadora na área de sustentabilidade no Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER) e Rede Brasileira de Biocombustíveis de Aviação (RBQAV). <http://lattes.cnpq.br/1898372450303968> <https://www.linkedin.com/in/matheus-almeida-0b2b1b1b4>



**Márcia Fernanda T. de Menezes**  
Mestre em Engenharia Química. Pesquisadora bolsista na área de sustentabilidade do Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER/RN). <http://lattes.cnpq.br/8451414420843158> <https://www.linkedin.com/in/marcia-menezes-594635122/>



**Giovanny Silva de Oliveira**  
Mestre em Engenharia Química. Pesquisador na área de sustentabilidade no Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER). <http://lattes.cnpq.br/8881925646885428> <https://www.linkedin.com/in/giovannysdo/>



# Hidrogênio verde no Rio Grande do Norte: para quem e para que?



AUTORA

Fátima Maria Oliveira Viana

Advogada, Cientista Social e Mestranda no Programa de Pós-graduação em Estudos Urbanos e Regionais (PPEUR) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

<http://lattes.cnpq.br/4480724552054020>

## INTRODUÇÃO

A emergência climática do século XXI e as tensões geopolíticas relacionadas ao domínio e controle do mercado global de petróleo, associadas à busca dos países dependentes de importação de petróleo por autonomia energética, têm contribuído para acelerar a transição energética em menor espaço.

O desafio de construir uma economia livre de Gases de Efeito Estufa (GEE)\* tem direcionado os países a optar pelo hidrogênio verde, em função de sua versatilidade para armazenar, transportar e portar energia, além de não gerar emissões de carbono.

Países como os da União Europeia, China, e Estados Unidos, lideram o desenvolvimento das tecnologias e

(\*) Os principais gases de efeito estufa são CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e CFCs.

“O desafio de construir uma economia livre de Gases de Efeito Estufa (GEE) tem direcionado os países a optar pelo hidrogênio verde, em função de sua versatilidade para armazenar, transportar e portar energia, além de não gerar emissões de carbono”.

da produção de hidrogênio, incluindo em seus roteiros a produção remota nos países com maior disponibilidade de recursos renováveis, como os da África e da América Latina.

Assim, o Nordeste brasileiro tem se constituído em destino de projetos de hidrogênio verde. O Rio Grande do Norte, maior produtor nacional de energia eólica, sedia, atualmente, o desenvolvimento de dois projetos: o “Complexo Industrial de hidrogênio e amônia verde - Alto dos Ventos” em Macau/RN e o “Porto-indústria Verde” a ser construído no Município de Caiçara do Norte/RN.

O presente artigo destaca o cenário das energias renováveis no contexto da transição energética no mundo e no Brasil, em busca de compreender como a geração de hidrogênio verde no Estado potiguar poderá contribuir para o desenvolvimento local.

## TENSÕES GEOPOLÍTICAS E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

A transição energética responde às necessidades ambientais e às necessidades de autonomia energética dos países importadores de petróleo. Sua implementação e desenvolvimento implica em mudanças estruturais e tecnológicas futuras em escala global, com repercussão no agir social.

O ponto referencial desse debate se localiza na conferência da ONU de 1972, que deu relevo às discussões sobre os riscos da degradação ambiental e da poluição atmosférica. No mesmo período, as tensões geopolíticas se agravaram com o choque de petróleo de 1973, quando a Organização dos Países Exporta-

dores de Petróleo (OPEP) reduziu as exportações e elevou seu preço.

Em resposta à crise, vários países intensificaram os investimentos em novas energias, resultando no impulsionamento da energia nuclear na França, dos biocombustíveis no Brasil, da eficiência energética no Japão e na Suécia, e da energia eólica na Dinamarca (Giddens, 2010).

As energias renováveis tiveram relevo novamente na Conferência da ONU de 1992, com a aprovação da “Convenção Quadro sobre as alterações climáticas”, na qual destacou-se a necessidade de estabilizar as emissões de GEE. Os desdobramentos desta resolução estão no “Protocolo de Kyoto” em 1997 e, em 2015, no “Acordo de Paris” que selou o compromisso entre as partes para “manter a temperatura média global a menos de 2°C acima dos níveis industriais e promover esforços para limitar o aumento de temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais” (ONU, 2015).

Os investimentos em energias renováveis pós-Kyoto levaram ao crescimento da geração de energia eólica e fotovoltaica, conforme relatório da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), publicado em 2023 (Irena, 2023).

A emergência climática e as tensões geopolíticas impactam a segurança energética dos países e elevam as pressões, principalmente na Europa, para a acelerar a transição energética. Os exemplos recentes são a guerra na Ucrânia e os ataques bélicos na faixa de Gaza, com repercussão no acesso às fontes de energia nos territórios europeus e árabes.

O desafio de construir uma economia livre de GEE com autonomia energética nos espaços locais tem direcionado os países a optar pelo hidrogênio verde e de baixo carbono, em função de sua versatilidade para armazenar, transportar e portar energia.

Países como os da União Europeia, China, e Estados Unidos, lideram as iniciativas e o desenvolvimento de tecnologias para a produção de hidrogênio em seus continentes, incluindo em seus roteiros a produção remota nos países com maior disponibilidade de recursos renováveis, como os da África e da América Latina (Lohan *et al.*, 2023).

ENERGIAS RENOVÁVEIS E HIDROGÊNIO VERDE NO BRASIL

O Brasil se destaca no cenário energético por dispor de uma matriz diversificada, na qual as energias renováveis representam 47,4% e de uma matriz elétrica com 85,4% oriunda de fontes renováveis. Ao contrário, na matriz energética e na matriz elétrica mundiais prevalece a participação majoritária de energias fósseis, representando 80% e 61%, respectivamente, conforme dados da Empresa de pesquisa energética (EPE).

Após as reformas neoliberais na década de 1990, o país enfrentou uma crise no fornecimento de energia

elétrica em 2001, quando o desequilíbrio entre oferta e demanda resultou em racionamento de energia e ficou conhecida como “apagão”.

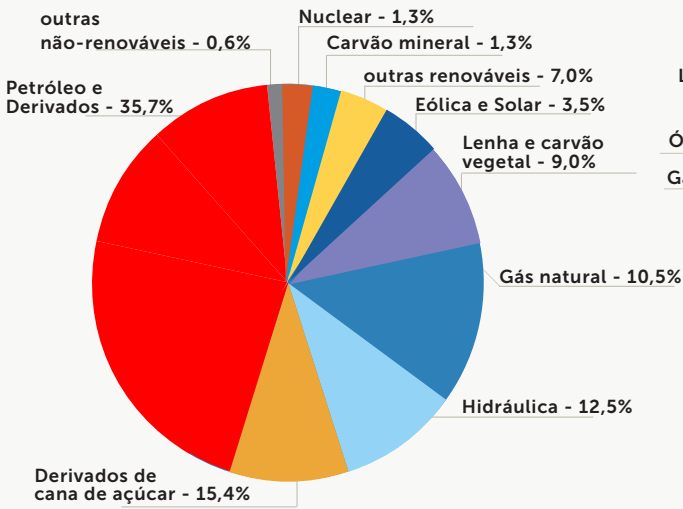
Como resposta, no mesmo ano, a Resolução nº 24/2001 instituiu o Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA e no ano seguinte o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA, para aumentar a participação da energia elétrica de fonte eólica, de pequenas centrais hidroelétricas (PCHs) e de biomassa na oferta nacional, conforme prevê a Lei 10.438/2002 (citar aa leis).

A flexibilização no mercado brasileiro de energia elétrica pós 1990 e o programa governamental de incentivo à geração de energias renováveis contribuíram para fortalecer o interesse de empresas estrangeiras em explorar o potencial eólico do país.

A capacidade de produção de energia eólica no Brasil se desenvolveu e já alcança, 26 GW, com 916 parques em 12 Estados (Abeólica, 2023). No ano de 2022, a geração de energia elétrica eólica chegou a 13,4% de toda eletricidade disponível e o Nordeste concentrou 90% dessa geração, sendo o Rio Grande do Norte o maior produtor nacional (Boletim de geração eólica, 2022).

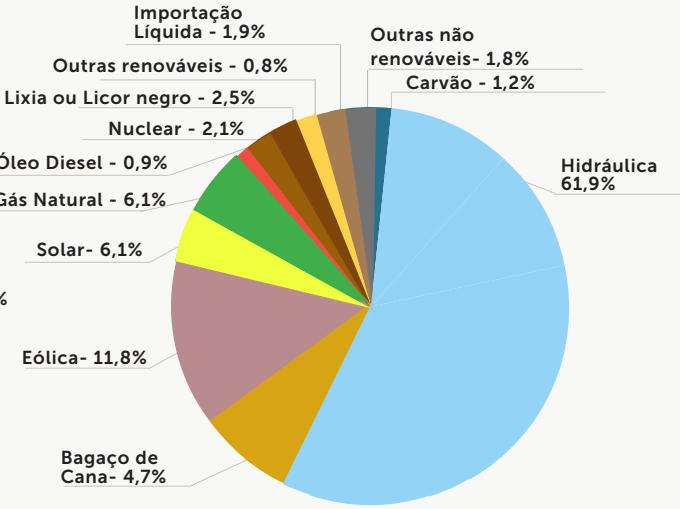
Associado ao crescimento das energias eólica e solar

Matriz Energética Brasileira



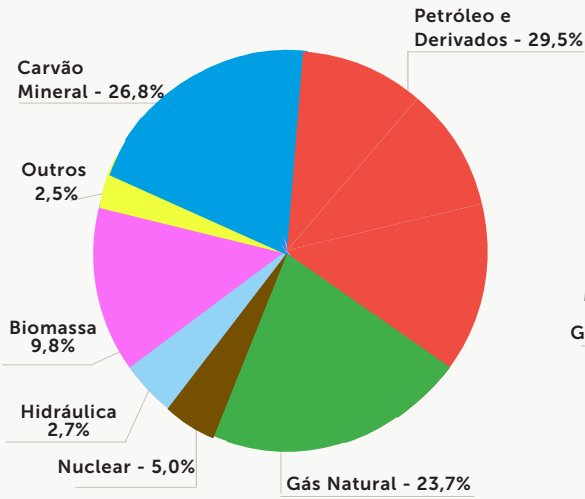
(BEN, 2023; total em 2022: 303 milhões de tep - tonelada-equivalente de petróleo)

Matriz Elétrica Brasileira



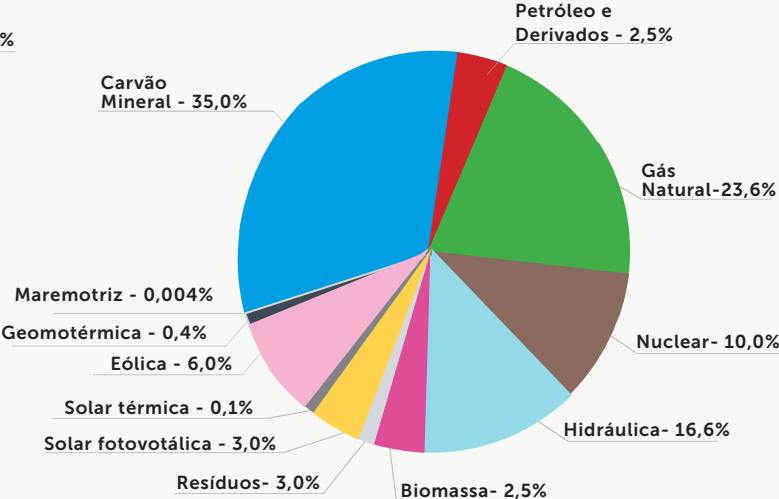
(BEN, 2023; total em 2022: 677 TWh - terawatt-hora)

Matriz Energética Mundial



(IEA, 2022; total em 2020: 585 milhões de TJ - terajoule)

Matriz Elétrica Mundial



(IEA, 2022; total em 2020: 27 milhões de GWh - gigawatt-hora)

no Nordeste, tem se ampliado o anúncio de projetos para produzir hidrogênio verde na Região, sem que o país disponha de regulação específica e de estratégia própria, com objetivos definidos.

O governo potiguar assinou o primeiro “Memorando de Entendimento” em agosto de 2021 (EPBR, 2021), para a geração de energia eólica offshore e de produção de Hidrogênio Verde. No ano em curso, anunciou o desenvolvimento do “Complexo Industrial de hidrogênio e amônia verde - Alto dos Ventos” em Macau/RN (Tribuna do Norte, 2023) e do “Porto-indústria Verde” em Caiçara do Norte/RN (RN, 2023).

Entretanto não se conhece projetos locais relacionados ao desenvolvimento da “cadeia de valor” do hidrogênio, ao uso de hidrogênio verde, nem se sabe dos objetivos e detalhes da pretendida produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição energética é uma necessidade, está em desenvolvimento e o Brasil, também implementará sua transição. A questão que permanece sem resposta é saber com que propósito e de que forma se desenvolverá a transição energética do país.

Considerando que o Brasil dispões de recursos natu-

rais, domina os processos das energias que produz e dispõe de uma matriz energética diversa, com destaque para as energias renováveis, nossas razões diferem das razões das grandes economias.

Dessa forma, urge a elaboração da estratégia brasileira com vistas à transição, com os objetivos de ampliar a diversificação da matriz energética e a oferta de energia, promover o desenvolvimento local para eliminar as desigualdades regionais, a partir da estruturação da “cadeia produtiva de energia renovável”.

Do contrário, o Rio Grande do Norte e demais Estados funcionarão apenas como “locação produtiva” em atendimento às estratégias nacionais dos países desenvolvidos, na repetição da produção de commodities e acúmulo de impactos socioambientais. ●

REFERÊNCIAS

EPE – Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> Acesso em: 31 out. 2023

ONU – Acordo de Paris, 11 de setembro de 2015. Organização das Nações Unidas – Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/88191-acordo-de-paris-sobre-o-clima> Acesso em: 1 out. 2023.



# The present is gray The goal is green The way is VANKKA

Somos uma Green Legal Tech que combina ciência, computação e IA para criar soluções transparentes e confiáveis de neutralização climática, protegendo ativos, investimentos e pessoas

## This is Vankka

Somos uma **plataforma all-in-one**: uma data company que garante que todos os dados de carbono estão em conformidade nos imóveis rurais.

A primeira e única **environmental compliance technology company** brasileira que une dados, tecnologia e legislação em uma mesma plataforma!



## Metodologia

Através da exclusiva **Vankka Carbon Score** automatizamos o balanço de carbono em agroindústrias e propriedades rurais.

Contempla atividades de agricultura, silvicultura e pecuária. Tudo por meio de **dados georreferenciados, fatores de emissão e remoção** que são validados e sensores orbitais.



## Para quem somos

### Bancos e cooperativas de crédito

Segurança de compliance ambiental através da análise de riscos associados ao carbono na liberação de recursos financeiros aos proprietários rurais.

### Propriedades rurais e cooperativas agroindustriais

Gerenciamento de informações sensíveis relacionadas ao carbono e direcionamento rumo às soluções de neutralidade ou comercialização de excedentes.



Clarissa M. de Souza



Técnica Agrícola e graduada em Engenharia Ambiental, com MBA em Negócios Ambientais e é especialista no setor agroindustrial.

Com + de 15 anos de experiência na agenda corporativa de meio ambiente e sustentabilidade, tem papel fundamental na elaboração de Inventários de GEE e definição de metas para neutralidade climática (Net Zero).

Alessandro Panasolo



Advogado, Mestre e Doutor em Engenharia Florestal, é especialista em Direito Ambiental, Florestal e Regulatório, com atuação desde o contencioso ambiental até a mediação de conflitos empresariais.

Foco em compliance ambiental, processos de licenciamento ambiental e consultoria em carbono.



# TRANSIÇÃO ENERGÉTICA



## AUTOR

Francisco del Moral Hernández

Doutor em Ciências da Energia pela USP, Instituto de Energia e Ambiente - Professor da unidade de Pós Graduação Pesquisa e Extensão do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Professor da área de Energia e Eficiência Energética da Faculdade de Tecnologia de Campinas.

[francisco.hernandez@cpspos.sp.gov.br](mailto:francisco.hernandez@cpspos.sp.gov.br)

<http://lattes.cnpq.br/3410097513669545>

***“ A transição requer a integração de conhecimentos de diferentes disciplinas”.***

Muito se tem falado ultimamente em transição energética, energia verde, economia de emissão de toneladas de carvão, economia verde. Salta aos olhos, ou parece existir, uma indústria de novas terminologias associadas a usos dos recursos naturais conversões e oferta de energia.

E estas terminologias são utilizadas, disseminadas nas redes sociais, cada vez mais presentes no nosso cotidiano, como um bombardeio, não de informações, mas sim de breves slogans. Não queremos dizer que as expressões sejam falseadas e insensíveis a reais problemas ambientais que estamos sentindo, literalmente na pele.

Mas o fato é que a dependência dos processos industriais e a oferta de energia e combustíveis necessita de equilíbrios ambientais cada vez mais postos em risco. Estes equilíbrios, por sua vez, dependem de complexas relações presentes na natureza biodiversa, do ciclo da água, da presença de ar respirável, dos ciclos bio-geoquímicos dos elementos.

Então cabe sim, ao menos, refletir sobre os termos que utilizamos ou aceitamos de bate pronto: energia renovável, energia limpa, energia verde, hidrogênio verde, reponsabilidade socioambiental, desenvolvimento sustentável. Será que existem? São termos que se sustentam? Se sim, em que medida? E por quanto tempo? São termos da modernidade? Quem mais os utiliza? Quem realmente os entende, quando fazemos uma ‘leitura rápida’ em poucos segundos no WhatsApp, Tik Tok, Instagram?

Nos atenhamos a um deles, que muito se fala mundo afora e por aqui também, no Brasil. A tal da transição energética que aparece como um dos objetivos do desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU). Claro

perguntas incômodas surgem e incomodam. Quem deve fazê-la? Com que intensidade? No hemisfério Norte ou no Sul? Os índices de emissão de dióxido de carbono estão diminuindo? Em que lugares, países? O carvão está deixando de ser consumido? O petróleo, Gás Natural?

Apenas para interromper momentaneamente as perguntas, os números da Agência Internacional de Energia mostram que mais de 80% da eletricidade produzida no mundo é obtido pela queima de carvão, derivados de petróleo e gás natural. Prossigamos...

Os painéis solares são feitos de que? O que faremos com as mais de 30500 pás eólicas utilizados nos mais de 920 parques eólicos espalhados em 12 estados do Brasil?

Bem, já podemos notar que estas perguntas nos direcionam para uma primeira abordagem ou apelo da chamada “transição energética”: o apelo ambiental.

Assim, precisamos entender, ou identificar, conceitos associados à transição energética, a conexão entre transição energética, mudanças climáticas e segurança energética. Posteriormente, o papel da chamada energia renovável e as alterações dos ciclos que sustentam a renovabilidade e, por fim, imaginar a contribuição do Brasil e efeitos no Brasil e comparar efeitos e a nossa contribuição frente ao que outros países, especialmente os chamados países centrais, ocidentais e orientais estão fazendo.

O que é uma transição energética? No senso comum, normalmente, o termo significa uma substituição parcial dos usos de combustíveis fósseis e das tecnologias que os exigem.

A pergunta que naturalmente segue é: como garantir essa mudança? Para muitas pessoas, a transição energética pode parecer perfeitamente um tanto óbvia. É a substituição da energia de origem fóssil por energia renovável, de preferência do sol, do vento e das marés, conversão hidrelétrica, em vez de urânio utilizado em usinas termonucleares, muito embora vários países já estão pensando em retomar seus programas nucleares para produção de eletricidade.

No entanto, Transição Energética não é algo novo e já apareceu várias vezes na nossa história, em espe-



cial associadas à mudança no mundo do trabalho e mudanças no mundo industrial.

Os físicos, cientistas e inventores foram os primeiros a dar contribuições e, dependemos da ciência para entender, no meio da profusão e bombardeio de propagandas, separar joio do trigo e fazermos nossas próprias reflexões para além da superfície e da superficialidade dos slogans. Físicos e inventores: Uma das coisas mais interessantes que eles disseram desde as primeiras formulações foi que a energia tinha tudo a ver com trabalho. Mais recentemente o conceito de energia se organiza em torno da ideia ainda de trabalho industrial, sob a ótica do modo de produção capitalista que, todos sabemos, nos organiza primariamente.

O que impulsionou e inspirou os inventores termodinamicistas e eletricitistas foi o estudo das máquinas a vapor e dos motores elétricos e baterias: como fazê-los funcionar; como fazê-los funcionar melhor.

Um dos principais objetivos era desembaraçar atividade humana e não humana a partir de atividades “improdutivas” e “produtivas” em que estavam inseridas de tal forma que elas poderiam ser classificadas convenientemente para obter maior lucratividade, maior rendimento do trabalho.

Por um lado, isso envolvia aprender a mobilizar e

concentrar “energias” específicas anteriormente dispersas em uma infinidade de práticas de subsistência em uma capacidade geral de maximizar a capacidade dos seres humanos de produzir coisas. Tratava-se de ajudar o capital e seus empreendimentos a se desamarrar de locais inconvenientes, como cachoeiras remotas, ou situações inconvenientes (retirada de água em minas de carvão) e reduzir sua subserviência aos ritmos cíclicos do dia e das estações do ano. **Já se tratava de uma transição energética.**

Por outro lado, significava disciplinar os seres humanos de novas maneiras. A nova energia não era apenas sobre o desenvolvimento de máquinas que pudessem ajudar o capital a concentrar os trabalhadores em um só lugar. Também facilitou a capacidade de dispor de trabalhadores que não atendessem aos padrões adequados de rotina do trabalho e contratar outros. Trata-se do aparecimento do trabalho assalariado.

Existe uma narrativa progressiva sobre as relações entre padrões energéticos e Crescimento Econômico Moderno, incluindo uma série de implicações sobre sociedade/natureza e relações norte/sul. Essa narrativa identifica a modernidade com um aumento sem precedentes no consumo de energia, considerado uma realização indiscutível da cultura europeia em nome da humanidade. Originado na própria “mística

## **“Para promover a transição para fontes de energia sustentáveis, é necessário intervir na consciência individual e coletiva”.**

energética” que a máquina a vapor de Watt produziu entre os observadores contemporâneos. É uma narrativa baseada na superioridade tecno-institucional e no domínio da produção da energia inanimada.

Foi a adição de carvão, petróleo e gás à combinação de máquinas térmicas, posteriormente o desenvolvimento da indústria da eletricidade e trabalho assala-

**“A chamada  
segurança energética  
depende de vários fatores  
que variam de acordo com  
a realidade dos Estados  
e a escala de tempo  
utilizada”.**

riado que realmente moldou a abstração que chamamos de energia, tão profusivamente necessária na política e geopolítica industrial mundial.

Hoje, aceitamos dizer a nós mesmos que os combustíveis fósseis são apenas “uma forma de energia” e, portanto, poderiam ser “substituídos” por outra forma. Pensamos em energia como algo pelo qual sempre tivemos um desejo – um desejo que por acaso foi preenchido um dia por carvão, petróleo, gás, eletricidade. Mas a história da energia tem mostrado algo ainda contrário a uma rápida substituição.

O conceito moderno de energia alcançou o domínio global preponderantemente por causa da utilização dos combustíveis fósseis, os chamados recursos não renováveis, utilização que ainda persiste.

A chamada segurança energética (de um país ou região) depende de vários fatores que variam de acordo com a realidade dos Estados e a escala de tempo utilizada e, além

disso, pode adquirir múltiplos entendimentos.

**Segurança energética - algumas definições:**

Assegurar, para o bem público e para o funcionamento eficiente da economia, a disponibilidade física ininterrupta de energia no mercado a preços adequados para todos os consumidores.

O Centro de Pesquisa Energética da Ásia-Pacífico entende a segurança energética com base em quatro elementos: disponibilidade, acessibilidade, aceitabilidade, acessibilidade (financeiramente viável) e define esses quatro elementos como incluindo três aspectos da segurança energética: (i) os aspectos físicos, definidos pela disponibilidade e acessibilidade dos recursos energéticos; (ii) os aspectos econômicos, definidos pela viabilidade financeira da aquisição da energia; e (iii) aspectos sustentáveis, ligados à aceitabilidade das fontes de energia a serem utilizadas.

Para Daniel Yergin, o objetivo da segurança energética é garantir

adequadamente o fornecimento regular de energia a preços razoáveis e de forma a não comprometer os objetivos nacionais. Segundo Khatib, sua definição pode ser entendida como a disponibilidade de recursos locais e importados, que devem atender à crescente demanda por energia ao longo do tempo e a preços razoáveis.

Trata-se de tema complexo. Basta ver a figura ilustrativa ao lado, da oferta de energia.

Para promover a transição para fontes de energia sustentáveis, é necessário intervir na consciência individual e na consciência coletiva, envolvendo todos os atores econômico-produtivos e orientando as escolhas pessoais para a responsabilidade social.

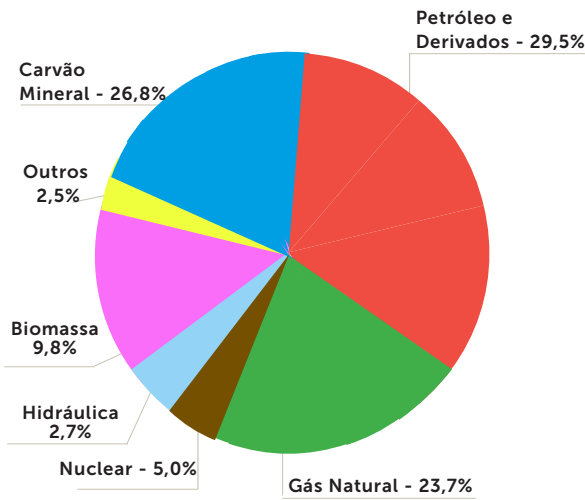
A transição requer a integração de conhecimentos de diferentes disciplinas, incluindo as ciências sociais, antropologia cultural, a tecnologia, economia e as ciências ambientais. As estratégias para promover essa transição incluem educação e conscientização pública, implementação de infraestruturas e logísticas ambientalmente mais amigáveis e criação de novas normas sociais e culturais como estratégias-chave.

Tal cenário deve ser inevitavelmente construído em múltiplos escalas, através de uma contribuição virtuosa de indivíduos e posteriormente de comunidades inteiras porque apenas múltiplas ações permitem aumentar intenção coletiva. ●

**OFERTA DE ENERGIA**

**MUNDO**

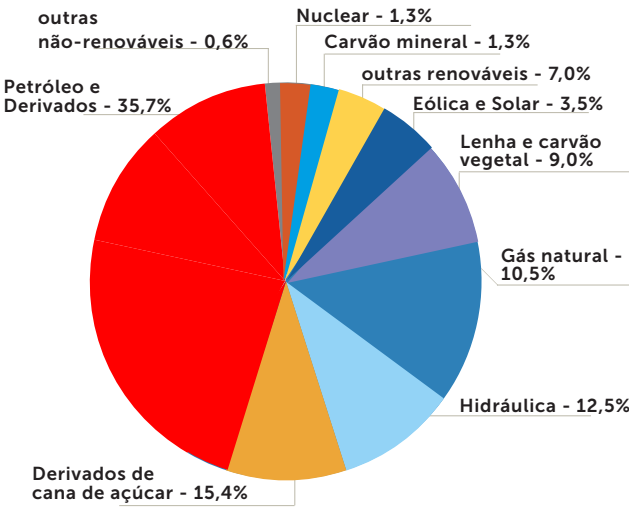
**Matriz Energética**



(IEA, 2022; total em 2020: 585milhões de TJ - terajoule)

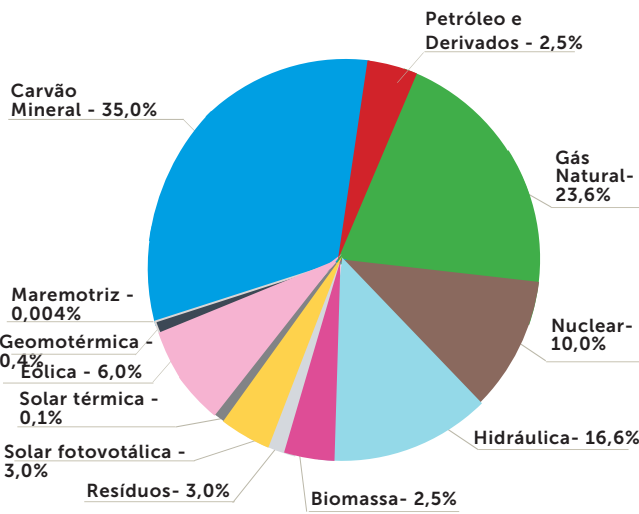
**BRASIL**

**Matriz Energética**



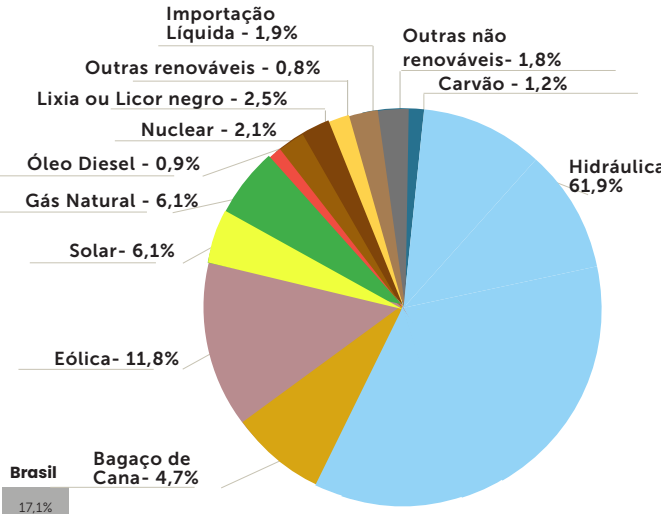
(BEN, 2023; total em 2022: 303 milhões de tep - tonelada-equivalente de petróleo)

**Matriz Elétrica**



(IEA, 2022; total em 2020: 27 milhões de GWh - gigawatt-hora)

**Matriz Elétrica**



(BEN, 2023; total em 2022: 677 TWh - terawatt-hora)



# VENTOS E RAIOS SOLARES QUE TRANSFORMAM?

Um estudo sobre o impacto econômico, social e ambiental da instalação de Empreendimentos Eólicos e Solares no Rio Grande do Norte/Brasil



## AUTOR

Rafael Fonsêca da Costa

Formado em Tecnologia em Gestão Ambiental, Especialista em Análise Ambiental e Mestre em Estudos Urbanos e Regionais, atua a mais de 10 anos na instalação de empreendimentos de geração e distribuição de energias renováveis no nordeste brasileiro.

<http://lattes.cnpq.br/0431651239012829>

O aumento do investimento na geração de energia renovável é uma resposta à crise energética mundial, impulsionada pela crise do petróleo e o avanço da crise climática provocado pelo uso de combustíveis fósseis. Atualmente, podemos observar o desenvolvimento da produção de energia renovável (solar, biomassa, eólica, ondas oceânicas, etc.), que, com incentivo governamental, tem se destacado nos últimos vinte anos. Uma das evidências e alternativas crescentes hoje é a geração de energia eólica e solar que se desenvolveu graças a poderosas dinâmicas.

Com os incentivos oferecidos e sua ampla disponibilidade, essa fonte de energia vem crescendo no Brasil, principalmente nos estados do nordeste brasileiro, em destaque para o Rio Grande do Norte. No entanto, tais investimentos levaram a mudanças nas realidades econômicas, sociais e ambientais dos espaços inclusivos, bem como criaram conflitos e tensões entre os principais atores sociais (comunidades, proprietários de terras, entidades governamentais e empresas), de forma crescente em seus territórios.

A maioria dos parques está instalada em áreas rurais, fazendo com que a integração e mudanças na dinâmica local seja dividida em três tipos: a) atividades di-

retas, durante a implementação do projeto com um grande número de trabalhadores locais; b) atividades indiretas, decorrentes de mudanças econômicas como a prestação e expansão de serviços em áreas urbanas; c) além dessas flutuações temporárias, existem benefícios de longo prazo para proprietários de imóveis arrendados por 20 a 30 anos; e d) os enormes interesses econômicos controlados pelas empresas que produzem, distribuem e vendem a energia produzida.

Para Cureau (2009), os empreendimentos desse setor, geralmente construídos em regiões rurais, têm trazido consequências não apenas para o ambiente natural, que é visivelmente mais prejudicado, mas também ao social. Ocorrem transformações bruscas e destruturantes na vida da população local, seja pelos efeitos negativos decorrentes de interações com recursos naturais (ameaçados por esses empreendimentos), seja pelas ações impactantes de tais obras. A depender do modo de vida das da região, em especial das comunidades tradicionais, o ambiente cultural é menos ou mais afetado.

Espera-se que a expansão e diversificação do setor energético estimule mudanças não só no ambiente

natural, mas também nos aspectos econômicos e sociais, tanto a nível global, regional e local.

Sem dúvidas, a implantação de parques de geração de energia eólica e solar tem sido importante para a geração de energia elétrica no país e no estado. No entanto, elas garantirão mais ganhos às empresas investidoras do que aos municípios produtores e aos espaços que foram transformados. Isso porque, depois da instalação, os empreendimentos funcionarão como verdadeiros enclaves econômicos. Isolados dentro de economias frágeis e pouco transformadas, sua instalação não implica em um progresso econômico e social substancial para aqueles municípios, além de lhes trazer ônus.

A utilização de combustíveis tem um grande impacto nas alterações climáticas através da produção de gases com efeito de estufa (GEE). Isto porque 40% da população mundial depende da energia gerada pela queima de biomassa tradicional (madeira, carvão e composto). Além disso, 7% da população mundial, os países mais ricos, são responsáveis por metade destas emissões. Nesta situação, a princi-

pal estratégia global para mitigar esses impactos é a utilização de energias renováveis ou outras fontes de energia (VEIGA et al., 2012).

Para além do seu impacto no ambiente, através das emissões de gases com efeito estufa e consequente aquecimento global, a utilização de fontes não renováveis também cria dependência, especialmente do petróleo e do carvão. Os maiores produtores de petróleo do mundo estão localizados em áreas de conflito, como o Médio Oriente, e o seu fornecimento está sujeito a flutuações de mercado. Não é essa possibilidade de escassez de recursos que assusta os governos considerando a descoberta de novas jazidas, como o pré-sal do Brasil. E o discurso não se baseia na sustentabilidade da produção livre de gases de efeito estufa que aborda as alterações climáticas, mas sim na ambivalência das diferenças políticas regionais entre os países.

Devido à crescente procura de energia e aos elevados custos – para além dos benefícios ambientais da energia renovável (eólica e solar), que está amplamente disponível e não produz gases com efeito estufa – vários países investiram e regulamentaram políticas para incentivar, estimular e produzir esta energia. Des-

de o início da década de 90, países como a China, os EUA, a Alemanha, Portugal e muitos outros têm incentivado o rápido crescimento da sua produção e as perspectivas para o incentivo a geração de energias renováveis é promissora. É importante notar que, ao contrário dos esforços anteriores de produção de energia eólica, este reinício da produção parece certo, graças aos avanços tecnológicos no desempenho dos modelos de turbinas eólicas e placas fotovoltaicas.

Nesse contexto, uma das soluções para os problemas energéticos, ambientais e socioeconômicos mundiais é investir em políticas sociais para promover fontes alternativas de energia e aumentar a diversidade da matriz energética mundial, incluindo energias renováveis. Dessa forma, iniciam-se esforços para desenvolver e produzir fontes de energia não poluentes, sustentáveis no curto, médio e longo prazo e que diminua os efeitos sobre o meio ambiente. Inicialmente com alto valor econômico na produção, a energia renovável hoje é viável e competitiva graças aos benefícios governamentais por meio de políticas públicas.

Um dos métodos de destaque e de rápido desenvolvimento nos últimos anos é a produção de energia eólica, capturando a energia cinética contida nas massas de ar em movimento, convertendo-as em energia cinética rotacional, utilizando turbinas eólicas, (VEIGA et al., 2012).

Diante desse grande investimento mundial em energias renováveis, o Brasil também tem implantado políticas públicas de incentivo as fontes renováveis. A finalidade é de diversificar a sua matriz energé-

“Espera-se que a expansão e diversificação do setor energético estimule mudanças não só no ambiente natural, mas também nos aspectos econômicos e sociais.”

tica, centrada desde os anos de 1970 na produção hidroelétrica, petróleo e termelétricas. Isso é possível porque o território brasileiro caracteriza-se como um dos melhores em termos de potencial energético. Principalmente em fonte solar, mare motriz e eólica, visto que há uma incidência regular dos ventos alísios em sua faixa costeira bem como mecanismos atmosféricos denominados serras-planícies (ALDABÓ, 2002; CO-SERN-ANEEL, 2003).

As condições climáticas e geográficas propiciam ao território brasileiro um grande potencial de utilização diversificada da força dos ventos para diversas atividades, principalmente para a geração de energia renovável., eólica e solar.

Dessa forma, o aumento da produção de energia eólica fortalece e diversifica a nossa matriz energética. Ela corresponde a aproximadamente 13,1% (26 GW de capacidade dutores do mundo. Como dito, isso também diminui a vulnerabilidade brasileira nos períodos de estiagens (ABEEÓLICA, 2023).

Desde a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), estabelecido pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, e sua substituição por leilões de energia, a produção de energia eólica no Brasil

cresceu de forma significativa, como resultado dos 890 projetos instalados em 12 estados e com uma capacidade instalada em operação comercial de 26 gigawatts (GW) a mais do que é produzido atualmente. (ABEEÓLICA, 2023).

O Rio Grande do Norte é um dos destaques em termos de produção de energia eólica entre os nove estados nordestinos (COS-ERN, 2003), com um futuro muito promissor na geração a partir das forças dos ventos, sendo ainda caracterizado pelo CERNE (2014, p. 21), como:

[...] detentor de significativas reservas de petróleo e de enorme potencial eólico e solar, apesar de um consumo energético quase insignificante em termos de participação nacional, o Rio Grande do Norte desenvolveu ações concretas, empreendidas nos últimos sete anos, envolvendo a racionalização dos procedimentos de interação com o setor; a organização da informação setorial; as conquistas regulatórias; a mobilização de agentes econômicos e a integração dos órgãos governamentais envolvidos com tais empreendimentos.

Os municípios território dessa atividade em sua maioria possuem características similares em suas estruturas. São municípios de pequeno e médio porte, que dispõem de uma atividade econômica baseada nas de características locais. Levando em conta essas características, compreende-se que a instalação de uma nova atividade econômica desperta expectativas na popu-

“O Rio Grande do Norte é um dos destaques em termos de produção de energia eólica entre os nove estados nordestinos, com um futuro muito promissor na geração a partir das forças dos ventos”.

lação e na administração municipal, as quais visam benefícios para a população e o município.

A estrutura desses municípios, em relação a áreas como a assistência social, educação e a saúde, favorece a expectativa de obter novos impostos com a instalação dos empreendimentos, pois está se tornando uma oportunidade de sanar tais problemas. Essa nova atividade passa a competir com a vocação histórica da atividade agrícola desses municípios.

Frente a esse potencial promissor, o discurso nos últimos anos é de que a instalação desses empreendimentos traz desenvolvimento econômico para os municípios produtores e o estado. O incentivo do poder público reforça a política de geração de emprego e renda e de desenvolvimento econômico, elevando a expectativa da população local. Além do enquadramento do potencial poluidor (Resolução CONEMA nº 002/2014, que é de pequeno porte, por ser uma energia limpa, livre da produção de gás carbônico em sua operação.

Contudo, entre as principais implicações observadas através de pesquisas e observações estão o baixo valor

das terras e a facilidade do arrendamento e compra por parte das empresas produtoras. Um efeito são os problemas gerados pelos contratos firmados entre as comunidades e as empresas, levando alguns a processos judiciais. Também se verificou o aumento e a consequente diminuição da arrecadação do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN), sendo mais efetivo na fase de instalação dos empreendimentos e o aquecimento e desaquecimento da economia local. Além, claro, das consequências sociais, como a elevação na quantidade de mulheres grávidas, aumento da criminalidade e perturbação da ordem, prostituição infanto-juvenil, aumento no número de casos de indivíduos contaminados com infecções sexualmente transmissíveis e o aumento da especulação imobiliária, onde aluguéis chegam a aumentar 300%.

Tais empreendimentos têm possibilitado alterações na realidade econômica, social e ambiental dos municípios produtores, como também tem suscitado conflitos e tensões entre os principais atores sociais (populações tradicionais, instituições estatais e corporações), envolvidos nessa nova dinâmica.

Cureau (2009), alerta que o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto do Meio Ambiente (EIA/RIMA), além do Relatório Ambiental

| PANORAMA ATUAL DA PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E SOLAR NO RIO GRANDE DO NORTE 2022-2023 |        |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|
|                                                                                       | EÓLICA | SOLAR |
| Potência Instalada (gw)*                                                              | 8,62   | 0,56  |
| Potência Outorgada (gw)**                                                             | 4,53   | 10,30 |
| Número de empreendimentos em operação                                                 | 267    | 257   |
| Número de projetos em construção                                                      | 118    | 234   |
| Municípios com parques instalados e em construção                                     | 41     | 28    |

Fonte: anco de dados de Empreendimentos Outorgados – SIGA, ANEEL.  
\*Potência Fiscalizada: Potência em Operação.  
\*\*Potência Outorgada: Potência em construção e construção não iniciada.



Simplificado, exigidos previamente das empresas para o licenciamento ambiental, previsto pela Lei nº 6.938/81 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente) e Resolução CONAMA nº 462/2014 , não são satisfatório e muitas vezes, apresenta incompletudes e omissão quanto aos reais impactos socioculturais que poderão causar à comunidade afetada, minimizando-os. Isso ocorre porque é o próprio empreendedor o financiador do estudo e também pela fragilidade ou cumplicidade dos órgãos ambientais na fiscalização das obras. Muitos dos empreendimentos realizam avaliação de impactos sem levar em consideração outros ao redor e o efeito cumulativo que a instalação global em determinada região ocasiona.

Observa-se, portanto, que os efeitos gerados nas duas fases, instalação e operação, dos parques eólicos sobre a esfera socioeconômica são equivalentes. Há uma consideração dos impactos socioeconômicos, como sendo mais positivos às comunidades localizadas na área de influência do empreendimento, do que negativos. A pesquisa mostra que há impactos negativos significativos, no meio socioeconômico dos municípios produtores, desencadeados ou atenuados pela implantação de parques eólicos e solares, que não são considerados nos estudos de Avaliação dos Impactos Ambientais. Sobre esses impactos a pesquisa se debruça e apresenta as consequências além do que não é apresentado para a população (COSTA, 2014; COSTA, 2015).

Observa-se que parte dos impactos econômicos possuem um aumento na instalação dos empreendimentos, e está condicionado a arrecadação municipal sobre serviços de qualquer natureza, ocasionado geralmente por parte da atividade de construção civil, na fase de instalação dos empreendimentos, o aumento da demanda por aluguéis eleva o preço médio dos aluguéis nas cidades, incentivando até a construção de novas moradias para atender a demanda, novas pousadas, restaurantes, bares, mas que logo na fase de operação há uma redução considerável, assim como da mão-de-obra.

Os impactos sociais, podem ocorrer logo na primeira fase de instalação dos empreendimentos com o aumento de novos moradores contratados, e através do programa de monitoramento dos equipamentos urbanos, exigido pelo órgão ambiental na licença de instalação, observasse que os principais impactos observados pela segurança pública está voltado a perturbação da ordem, embriaguez ao volante e brigas, onde geralmente a ação da polícia local já consegue conter e identificar os atores. No campo da educação

pouco se observa mudanças, tendo em vista que muitos não trazem suas famílias para a região, e com isso, não matriculam seus filhos nas escolas. Já os impactos observados pela assistência social, vão surgindo ao longo dos anos, como a identificação de mulheres solteiras grávidas e o abandono parental, o aumento no índice de indivíduos com infecções sexualmente transmissíveis, geralmente mulheres solteiras e de baixa renda. Esses impactos irão demandar recursos dos equipamentos de saúde e assistência social por longos anos.

Já os impactos ambientais, possuem um aumento na fase de instalação com afugentamento e resgate de fauna e a supressão da vegetação, tais impactos possuem uma fiscalização maior por parte dos órgãos ambientais com proposição de medidas mitigadoras, como por exemplo, o monitoramento de fauna antes durante e após a instalação, a reposição florestal do material lenhoso suprimido para a instalação, o monitoramento de ruídos em empreendimentos eólicos, o monitoramento dos processos erosivos e a recuperação de áreas degradadas.

Por fim, a instalação de empreendimentos de energia renovável nas cidades do Rio Grande do Norte tem contribuído pouco, pelo menos até aqui, para o desenvolvimento econômico e social dessas cidades. As pesquisas realizadas até aqui, observam que além de não gerar progresso econômico e social duradouro, a instalação desses empreendimentos tem acarretado ônus para os municípios onde se instalam, como aumento da exploração infanto-juvenil, da criminalidade, no número de mulheres solteiras grávidas, o surgimento e o aumento do número de indivíduos infectados com doenças infecto-contagiosas, a sobrecarga no sistema de saúde dos municípios, a diminuição na arrecadação tributária do município na fase de operação, conflitos pelo uso da terra, entre outros problemas.

Como é revelado nas entrevistas, o impacto da instalação dos parques eólicos no Rio Grande do Norte configura um cenário bem mais complexo e contraditório do que o imaginado inicialmente no estado e nos municípios produtores. Nessas localidades, ao lado das pequenas vantagens trazidas pela instalação desses empreendimentos, revelam-se também dificuldades e prejuízos de natureza socioambiental. ●

POSSÍVEIS IMPACTOS DA INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E SOLAR NO RIO GRANDE DO NORTE

| Impactos Econômicos                                                                               | Instalação | Operação |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|
| Aumento na demanda de emprego, matérias primas, insumos e bens de capital em toda a sua cadeia*** | X          | -        |
| Energia produzida destinada a outras regiões do país***                                           | X          | X        |
| Acumulação de capital que a atividade propicia ao gerar emprego e renda na economia local***      | X          | -        |
| Capacitação de mão de obra local***                                                               | X          | -        |
| Aumento na arrecadação municipal***                                                               | X          | -        |
| Arrendamento ou compra de terras***                                                               | X          | X        |
| Alteração no valor dos aluguéis***                                                                | X          | X        |
| Impactos Sociais                                                                                  | Instalação | Operação |
| Aumento no quantitativo de novos moradores***                                                     | X          | -        |
| Demanda dos equipamentos de saúde, educação e assistência social***                               | X          | X        |
| Infecções sexualmente transmissíveis (IST's)***                                                   | X          | X        |
| Aumento de mulheres solteiras grávidas                                                            | X          | X        |
| Consumo de drogas***                                                                              | X          | X        |
| Perturbação da ordem***                                                                           | X          | -        |
| Embriaguez ao volante***                                                                          | X          | -        |
| Impactos Ambientais                                                                               | Instalação | Operação |
| Perda de vegetação nativa**                                                                       | X          | -        |
| Perda de espécies da fauna local***                                                               | X          | -        |
| Impacto sobre avifauna*                                                                           | X          | X        |
| Perdas de áreas prioritárias para conservação***                                                  | X          | X        |
| Processos erosivos***                                                                             | X          | X        |
| Aumento dos níveis de ruídos*                                                                     | X          | X        |
| Impacto em áreas de sítios arqueológicos***                                                       | X          | X        |

Fonte: Adaptado pelo autor, de estudos ambientais, 2023.  
\*Eólica, \*\* Solar, \*\*\*Eólica/solar

REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil/Agência Nacional de Energia Elétrica. 2 ed. Brasília: ANEEL, 2005.

ALVARENGA, C. P. A Vulnerabilidade Econômica do Município de Itabira, Minas Gerais, em Relação à Atividade Mineral. Ouro Preto, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – UFOP.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. Boletim. São Paulo: 2016. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/dados.html>> Acesso em: 10 ago: 2016.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Banco de Informações de Geração - BIG. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/GeracaoTipoFase.asp?tipo=7&fase=3>>. Acesso em: 1 jan. 2016.

COSTA, R. F. Ventos que transformam? Um estudo sobre o impacto econômico e social da instalação dos parques eólicos no Rio Grande do Norte. Natal, Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) – UFRN, 2015.

COSTA, R. F. Identificação dos aspectos e impactos ambientais na instalação de um parque eólico em Pedra Grande/RN. Natal: UNIFACEX, 2014.

COSERN - Companhia Energética do Rio Grande do Norte. Potencial eólico do estado do Rio Grande do Norte: projeto de pesquisa e desenvolvimento COSERN/ANEEL. Natal: Rio Grande do Norte, 2003. 47 p

CUREAU, Sandra. Geração de Energia e Impactos Ambientais e Sociais(2009) (p.). Disponível em: <[http://www.rkladvocacia.com/arquivos/artigos/art\\_srt\\_arquivo20140310093943.pdf](http://www.rkladvocacia.com/arquivos/artigos/art_srt_arquivo20140310093943.pdf)>. Acesso em 09 jan. 2015.

FIGUEIREDO, F. F.; SILVA, A. M. Diagnóstico Socioeconômico em Territórios Ocupados pela Energia Eólica no Polo Costa Branca do Rio Grande do Norte. 7º Encontro Nacional da ANPPAS. Brasília, maio de 2015.

IMPROTA, R.L. Implicações socioambientais da construção de um parque eólico no Município de Rio do Fogo - RN. Natal, Dissertação (Mestrado em Psicologia) – UFRN, 2008.

SILVA, A. M.Energia eólica e desigualdade ajustada. Revista Carta Potiguar, Natal, 13 fev. 2013.

VEIGA, J. (Org.); OLIVEIRA, A.; PEREIRA, O. Energia eólica. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012. 213 p.



# MONITORAMENTO ONLINE DE ETE E ETA



INFORMAÇÃO EM TEMPO REAL



CONTROLE DE INSUMOS



MELHORIA DE PERFOMANCE



Acesso  
pelo Celular

(84)  
99488-5290







*“O Brasil é beneficiado por possuir todas as condições em uma transição para economia de baixo carbono, atendendo aos mercados internacionais.”*

*Josenberg Rocha, CEO/Diretor da empresa IN PLANTAR*



Desde o final do século XIX, de acordo com os dados da NASA, a temperatura média da Terra aumentou mais de 1,2°C (2°F). A comunidade científica é unânime em atribuir a causa às emissões antropogênicas de gases de efeito estufa na atmosfera, em particular a partir da época da revolução industrial. Durante a COP21 de Paris, foi assinado um acordo internacional que estabelecia como meta manter, até o final deste século, o aquecimento global em 2 graus em relação aos níveis pré-industriais, e de preferência limitá-lo a 1,5 graus.

Em 2023, A COP28 realizada nos Emirados Árabes Unidos, marcou a conclusão do primeiro ‘balanço global’ dos esforços mundiais para enfrentar as alterações climáticas no âmbito do Acordo de Paris. Nesta foi assinada o acordo do “início do fim” da era dos combustíveis fósseis, preparando o terreno para uma transição rápida, justa e equitativa, sustentada por cortes profundos nas emissões e aumento do financiamento. Isto inclui um apelo aos governos para que acelerem a transição dos combustíveis fósseis às energias renováveis, como a energia eólica e solar, na sua próxima ronda de compromissos climáticos. O processo de transição energética não é novo na

história, no passado, vivemos outras grandes mudanças fundamentais. O que diferencia esta transição das anteriores é a urgência de proteger cada vez mais o planeta gerando vantagem não apenas para o clima, mas para a economia e a sociedade.

Para falar mais um pouco sobre o tema transição energética e energia renovável, a Revista MAIS AMBIENTAL, convidou para uma entrevista o Sr. Josenberg Rocha - CEO/Diretor da empresa IN PLANTAR - Meio Ambiente & Engenharia, Mestre em Ciências e Engenharia e Gerente de Projetos, Meio Ambiente e Energias Renováveis – GIZ/Deutschland. Com 20 anos de experiências no mercado, atua no desenvolvimento de projetos, aplicando geotecnologias e tecnologias ambientais para a expansão das atividades humanas focado na Engenharia como alavanca de desenvolvimento e responsabilidades inerentes a tão almejada sustentabilidade. Consultor e parceiro técnico-comercial com institutos de tecnologia e empresas nacionais e internacionais.

**Atualmente como anda o mercado de energia renovável no Brasil?**

O mercado de energia renovável no Brasil anda em plena expansão. A expansão da capacidade instalada da matriz elétrica foi 7.799,1 MW (7,79 GW) de usinas entre janeiro e outubro. Desse volume, 7.007,4 MW foram eólicas e solares fotovoltaicas centralizadas. O Rio Grande do Norte registrou o maior volume, com 1.957,1 MW de capacidade nova, seguido por Bahia (1.934,0 MW) e Minas Gerais (1.815, 7 MW). A Geração Distribuída não está nessa conta. Na série histórica, este ano apresentou o maior aumento da geração solar e o segundo maior incremento na energia eólica. O Brasil foi o 2o país que mais gerou empregos em energias renováveis. Ficou atrás da China. Se levarmos em consideração apenas o mês de Outubro/2023, a rede teve um incremento de 639,3 MW. O Rio Grande do Norte teve o maior aumento com 161,4 MW, seguido pelo Piauí (153,9 MW), pela Bahia (152,5 MW) e por Pernambuco (150,0 MW).

**E como anda a transição da energia elétrica para a energia renovável?**

A transição energética é gradual, necessária e sem volta. Principalmente nos países com poucos recur-

sos naturais como os Europeus, dependentes do Carvão mineral, Gás Natural ou importadores de Petróleo, por exemplo. O Brasil é beneficiado por possuir todas as condições em uma transição para economia de baixo carbono, atendendo aos mercados internacionais, se beneficiando muito com isso por oferecer condições ideais para a indústria crescer numa cadeia bem apoiada em ações e tecnologias verdes.

**Quais os desafios e os diferenciais nesta transição?**

Os desafios são muitos. Mas o que mais me chama atenção ainda é a dependência das nações com os derivados do Petróleo. Na minha opinião, não acho socialmente justo e ambientalmente sustentável uma empresa perfurar a rocha com brocas de diamante por centenas e até quilômetros de profundidade, recuperar o óleo não renovável, refinar e queimar em motores. Uma saída para a indústria do Petróleo é o aproveitamento da cadeia carbônica, com inúmeras aplicações na indústria. Não seria melhor focar nisso ao invés de queimar diretamente em motores?



O que deve ser levado em consideração atualmente também, é a dependência dos combustíveis fósseis pelas nações. Elas se evidenciam em crises mundiais como a Pandemia do COVID-19; Guerra da Rússia-Ucrânia e secas severas. As nações voltam a usar carvão fóssil, armazenar e queimar Diesel e religar termelétricas a gás, por exemplo.

Essas situações vão dando poderes e vantagens competitivas para as renováveis crescerem. Com a diminuição de preços dos projetos instalados e cadeias produtivas mais estáveis, competitivas e robustas tem um horizonte promissor.

#### **Como você ver o incentivo de políticas públicas para a promoção de energia renovável?**

As energias renováveis deverão representar perto de 86% em 2023, superando a atual predominância destas fontes. Boas políticas públicas podem ampliar protagonismo brasileiro. É preciso inverter a lógica de políticas públicas no setor de energia: diminuir subsídios, incentivos e desonerações às fontes fósseis e aumentar o apoio às fontes limpas e renováveis, bem como às novas tecnologias de armazenamento de energia elétrica e hidrogênio verde. Tem coisas interessantes em andamento, mas precisamos de mais. Fortalecer indústria local é fundamental.

#### **Na sua concepção de atuação profissional, atualmente no mercado de energias renováveis, quais são as vantagens e desvantagens das fontes de energia renováveis para você?**

As desvantagens na minha opinião estão em sua maioria ligadas ainda falta de conhecimento dos tomadores de decisão, políticos inseridos em economias baseadas nos combustíveis fósseis. Enfim, mudar mentalidades e comportamentos não é o papel de uma só geração. De fato, a mudança requer tempo. A temática do aquecimento global, eventos climáticos cada vez mais extremos e principalmente prejuízos incalculáveis ligados às catástrofes, estão mostrando que é possível uma economia de baixo carbono para desacelerar a agitação no sistema Terra. Isso é bom para todos. Entendo que navios, aeronaves, veículos, residências, empresas do mundo todo vivendo exclusivamente de energias renováveis é possível. A curva de aprendizado está em plena evolução.

#### **Para você quais os prós e os contras da energia eólica?**

Como prós posso elencar três principais pontos: Indústria de baixo carbono e é uma real necessidade,

*“Não acredito em melhor ou pior fonte de energia renovável, acredito na mais adequada para cada região”.*

possui poder de se unir a geração solar e biomassa, por exemplo, e possui recursos considerados infinitos.

Os contras posso elencar que nem todos os países possuem os mesmos recursos, territórios e disponibilidade para mudanças na matriz. Alguns países buscam o mar, mas a custos elevados. É o que dá pra fazer e estão fazendo. Por outro lado, os pontos considerados negativos podem superados com o avanço das tecnologias e o acesso a fontes de financiamentos interessadas. Os pormenores podem ser superados.

#### **Cite projetos já desenvolveu na área de energias renováveis. Qual a aprendizagem que teve na elaboração destes projetos?**

Bom, somos a IN PLANTAR – Meio Ambiente & Engenharia. Nosso papel é mostrar que a Engenharia só é plena e seu papel é cada vez mais relevante se possuir o meio ambiente conhecido e avaliado. Estamos desde 2007 no mercado e os ciclos nos levaram a solucionar diversas demandas. Já participamos ativamente da indústria do Camarão; Avanço das cidades e seus loteamentos; Da abertura de Estradas; Rodovias; Pontes; Do estabelecimento das moradias em formato de condomínios fechados; Da expansão do Turismo através de Hotéis e nos últimos anos principalmente de obras de infraestrutura.

A experiência nos deixou aptos a solucionar diversas questões para as energias renováveis, que ainda no início, precisava chegar com precisão e apetite; Soluções via satélite para Arrendamentos; Mapeamentos de grandes extensões de terras (Prospecção); Locação de Torres Eólicas e medição de potencial; Topografias Georreferenciadas e muita inteligência geográfica, desde o litoral, passando pelas planícies, entrando pelo sertão até as serras mais longínquas e improváveis nos Estados brasileiros.

*“As desvantagens na minha opinião estão em sua maioria ligadas ainda falta de conhecimento dos tomadores de decisão. Mudar mentalidades e comportamentos não é o papel de uma só geração. A mudança requer tempo.”*

Uma vez decidido o polígono de trabalho e investimento, cuidamos da chamada Engenharia do Proprietário. Para nós, pontos de GPS se tornam uma fonte imensa de informações Técnicas, Sociais, Biológicas (Fauna e Flora); Licenciamentos Ambientais; Supressão de Vegetação (Projetos e execuções); Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD); Monitoramentos, Gestão e etc. Tudo vem para o ambiente computacional para se tornar realidade com obras meses e até anos depois.

Nos últimos 5 anos posso citar a participação em Projetos Eólicos na Serra da Babilônia em Umburanas na Bahia; Complexo Fotovoltaico de 969 MW em Buriti dos Lopes – PI; Participamos também ativamente no desenvolvimento 300 MW na Cidade de Itaguaçu da Bahia em 2022.

O Chamado Complexo fotovoltaico Santa Helena está em fase de implantação na zona rural da cidade. Ainda na Bahia, na cidade de Bom Jesus da Lapa, dedicamos com esmero e foco para realização de mais 700 MW, nos chamados Complexo Fotovoltaico Pôr do Sol e Complexo Fotovoltaico Sol Nascente. No Rio Grande do Norte

trabalhamos incansavelmente no desenvolvimento de novas áreas, como exemplo posso citar o Complexo Fotovoltaico Areias com potência final de 129 MW em Currais Novos. As usinas estão em fase de planejamento de obras e instalação, sendo adquirida por Joint Venture. Outro grande desafio vencido foi a concretização de 10 (dez) usinas no estado do Ceará. A chamada UFV Calábrias de I a X, município de Caridade, Ceará – Brasil. Na mesma vertente, posso citar as Usinas Fotovoltaicas Lumens I, II e III, na Cidade de Souza, Paraíba – Brasil (2020).

De 2 anos pra cá, tem surgido os Parque Híbridos, que são Usinas Solares de grande porte distribuídas nas áreas remanescentes dos Parques Eólicos. Durante o dia a geração é potencializada com o reforço do sol. Também tem crescido bastante a tendência de armazenamento da energia produzida para uso nos horários de pico, considerados mais caros. Análise de infraestrutura e logísticas também foram pontos fortes nesses últimos anos. Recebendo consultas sobre o mercado Offshore, ainda iniciando no Brasil, ajudamos a enquadrar e estabelecer rotinas de trabalho.

**Com relação a energia renovável, como encontra-se atualmente o mercado para a BIOENERGIA? Quais os desafios para sua implantação? Vantagens e desvantagens com relação as outras fontes de energias renováveis?**

A bioenergia me interessa muito. Iniciamos os estudos em Biogás em 2016 com os líderes mundiais, os alemães. Com alguns parceiros germânicos e empresas do setor na Europa, pudemos entender e até desenvolver as primeiras iniciativas já em 2020. Começamos por um Edital de inovação do Ministério da Ciências e Tecnologia (MCT) onde propomos o desenvolvimento de uma planta de Biogás de pequeno porte para propriedades rurais. A partir de 4 vacas ou alguns porcos, por exemplo. Já é possível o agricultor produzir seu próprio gás, eliminando o botijão de gás do orçamento da família. Nossa ideia é que o gás seja fonte de energia renovável para uso direto na alimentação das famílias e com bom gerenciamento aproveitar frutas tropicais que muitas vezes se perdem no quintal, para fazer doces, geleias. Com alguns ingredientes também é possível fazer bolos com recursos renováveis para vender, incrementando a renda da família. Tem dado certo e os resultados foram apresentados na Festa do Boi 2023 com bastante entusiasmo. Também acredito que podemos contribuir para plantas de grande porte para Municípios e Agronegócio de médio e grande porte. Estamos nos fortalecendo nessa área. Fazendo a nossa parte para fornecer o melhor serviço na área também.

Não acredito em melhor ou pior fonte de energia renovável, acredito na mais adequada para cada região. A energia da Biomassa pode estar em todo lugar. E isso é muito bom. ●

# REDE DE INSTITUTOS SENAI DE INOVAÇÃO (ISI)

*Os ISI formam a maior rede de laboratórios do Brasil, espalhados por 12 estados. Formada por 26 institutos especializados nos mais diversos campos de atuação, contando com pesquisadores extremamente capacitados para desenvolver pesquisas aplicadas aos desafios enfrentados pela indústria nacional.*

A rede de Institutos SENAI de Inovação (ISI) surgiu com uma missão muito bem definida, a de apoiar a indústria nacional por meio de pesquisa aplicada, auxiliando pequenas, médias e grandes empresas a se manterem atualizadas tecnologicamente, fortalecendo sua presença nos mercados nacional e internacional. Os ISI formam a maior rede de laboratórios do Brasil, espalhados por 12 estados, esta rede é formada por 26 institutos especializados nos mais diversos campos de atuação, contando com pesquisadores extremamente capacitados para desenvolver pesquisas aplicadas aos desafios enfrentados pela indústria nacional.

O Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER) é um dos institutos da rede ISI. O ISI-ER é composto por três laboratórios principais: o Laboratório de Energia Solar (LES), o Laboratório de Energia Eólica (LEO) e o Laboratório de Sustentabilidade (LS). Estrategicamente localizado na cidade de Natal, no estado do Rio Grande do Norte, um local ideal para estudar o potencial e explorar a geração energética de fontes renováveis.

O Nordeste brasileiro é uma região privilegiada no que diz respeito aos recursos para geração de energia renovável, sendo responsável por 82,3% de toda energia solar e eólica produzida no Brasil. Entretanto, não podemos esquecer que o caminho para a descarbonização da matriz energética ainda apresenta inúmeros desafios, e a Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (PD&I) tem um papel crucial nesta jornada.

Um dos maiores desafios para transição da matriz energética para uma matriz sustentável se dá pela intermitência do recurso solar e eólico. Diferentemente de uma usina a carvão, onde quando necessita-se aumentar a geração elétrica basta realizar a queima do material combustível, a geração por fontes renováveis depende de entender o comportamento dos ventos de uma localidade ou a quantidade da irradiação solar que chega à superfície, características que variam de um local para outro e ainda ao longo do ano. Compreender essas variações é essencial para definir as estratégias de investimento do setor de energias renováveis.

O Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER) enfrentou esse problema juntamente com o Governo do Estado do Rio Grande do Norte, desenvolvendo em 2022 o Atlas Solar e Eólico do Rio Grande do Norte. Executado por uma equipe multidisciplinar altamente qualificada, este atlas tem por objetivo apresentar para a indústria

de energia renováveis uma análise abrangente do recurso solar e eólico no estado do Rio Grande do Norte, auxiliando na tomada de decisões de investimentos. Hoje, o RN é um estado em que 95% da energia consumida já é oriunda de fontes renováveis, se destacando como um grande caso de sucesso, onde políticas públicas de incentivo e a disponibilização de dados de qualidade sobre os recursos solar e eólico na região auxiliaram o estado a atingir este marco impressionante.

Como forma de mitigar os efeitos da variabilidade na geração de energia eólica, as indústrias deste setor estão migrando para a construção de parques eólicos offshore, ou seja, parques construídos em alto-mar, onde os ventos atingem uma velocidade maior e mais constante devido à inexistência de barreiras. O potencial brasileiro para eólicas offshore de até 50 metros de profundidade é cerca de 700GW. Tendo em vista que a margem equatorial correspon-

de a 38,6% do litoral brasileiro, abrangendo a região costeira que se estende do estado do Amapá até o arquipélago de Fernando de Noronha, fica evidente a importância desta região para geração eólica offshore. Para levantar o potencial de geração eólica na margem equatorial brasileira e identificar as áreas mais promissoras à implantação de parques eólicos, o ISI-ER trabalha com o Governo Federal, por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), na criação do Mapa do Recurso Eólico Offshore na Margem Equatorial, um estudo pioneiro com levantamento de dados observacionais que fornecerá informações importantes sobre medições de vento nas faixas de altura dos aerogeradores mais modernos.

O Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis, ainda executa trabalhos pioneiros na sustentabilidade dos meios de transporte, possuindo a primeira planta-piloto do Brasil para produção de combustível sustentável de aviação (SAF). Este pro-







Imagem Autores

jeto de pesquisa, executado em parceria com a Co-operação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável, busca reduzir as emissões de gases de efeito estufa no transporte aéreo. Este objetivo é atingido ao se utilizar a glicerina proveniente da produção de biodiesel como matéria prima de carbono e hidrogênio no processo de fabricação do querosene de aviação (QAV), reduzindo as emissões de gases de efeito estufa quando comparados com aeronaves que utilizem o QAV fóssil.

O caminho para um futuro sustentável não se limita à descarbonização da matriz energética, mas também compreende a descarbonização de diversos outros setores. Em conjunto com outras medidas, o hidrogênio verde (H2V), produzido por meio de eletrólise alimentada por fontes de energia renováveis, tem o potencial de ser um dos grandes trunfos nesse processo de descarbonização. O potencial brasileiro na geração de energia por meio de fontes renováveis torna o Brasil extremamente competitivo na geração de H2V. O Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER) atua em conjunto com a sociedade para disseminar o conhecimento sobre o hidrogênio verde, desenvolvendo laboratórios experimentais para educação e realizando o treinamento de professores nas tecnologias de produção, armazenamento e distribuição do H2V.

Quando se discute energias renováveis, uma fonte de destaque é a geração solar fotovoltaica. Devido ao seu potencial de escalabilidade, permitindo a geração tanto por pequenas usinas residenciais quanto por grandes usinas centralizadas, a energia solar fotovoltaica é a fonte renovável mais reconhecida pelo público em geral, sendo facilmente identificada em telhados residenciais.

No Brasil, o crescimento do setor de energias renováveis tem sido impulsionado por leis e programas de incentivo. Um exemplo é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA),

criado pelo governo federal em abril de 2002. Essas iniciativas têm promovido o desenvolvimento e a implementação de usinas eólicas e solares fotovoltaicas em todo o país, aumentando a disponibilidade de energia limpa e ajudando a reduzir as emissões de carbono.

Em 2023, a geração solar fotovoltaica se destacou no Brasil, com a maior expansão anual do setor de energias renováveis, e uma capacidade instalada que ultrapassou 35 GW.

Entretanto, apesar da expansão recorde do setor fotovoltaico, ainda existe um desafio, já mencionado anteriormente: a variabilidade intrínseca ao recurso solar. Esta variabilidade pode ser causada por condições climáticas adversas, variações na intensidade da irradiação ao longo do ano, chuvas, entre outros fatores. Diferentemente da geração eólica, que está caminhando para a instalação offshore para mitigar os efeitos desta variabilidade, a geração solar fotovoltaica continua predominantemente instalada no continente. Esta variabilidade pode ser mitigada em parte pela adoção de uma matriz energética diversificada. Por exemplo, em uma matriz composta por fontes solar fotovoltaica, eólica e hidroelétrica, elas podem trabalhar de maneira complementar. Quando uma fonte apresentar redução na geração energética, outra pode complementar essa variação. No entanto, a previsibilidade desta variação é um desafio premente no setor energético. Este desafio demonstra a necessidade de a indústria investir em projetos de PD&I com foco na previsão dos recursos solar, eólico e hídrico a curto e médio prazos.

O Laboratório de Energia Solar (LES) do ISI-ER, conta com uma equipe multidisciplinar e especializada, possui equipamentos de ponta para realizar estudos de levantamento do recurso solar, avaliar o desempenho de tecnologias fotovoltaicas e desenvolver soluções inovadoras para impulsionar ainda mais o crescimento do setor. Com 20 estações solarimétri-

cas, distribuídas por 7 estados no Brasil, o LES conta com uma ampla rede de estações obtendo dados em alta resolução temporal, para realização de diversos estudos envolvendo o recurso solar. Os dados observacionais obtidos pela rede de estações do LES ainda são usados para alimentar modelos climáticos e desta forma melhorar a precisão das previsões do recurso solar.

A rede de estações do LES, também fornece dados para projetos de pesquisa em parceria com a indústria que tem por objetivo a identificação e quantificação de eventos de sobreirradiação. Esses eventos ocorrem quando a irradiação solar atinge a região de usinas com valores bem acima dos normalmente observados em determinada região. O estudo destes eventos e seus efeitos em usinas fotovoltaicas é muito recente, ainda com muitas questões que necessitam de resposta.

O LES, ainda busca auxiliar a indústria a elevar a capacidade de produção de usinas fotovoltaicas que utilizam módulos bifaciais, esses módulos possuem a característica de produzir energia em ambas as faces, tirando proveito da irradiação solar refletida pelo solo, o albedo, possibilitando uma maior geração de energia (MWh) por potência instalada (MWp). Uma das formas de se elevar a geração destes módulos é trabalhar a cobertura de solo das usinas fotovoltaica com uso de material de descarte da indústria de mineração, esta pesquisa revela sua importância ao demonstrar a possibilidade de tornar a geração fotovoltaica mais competitiva adotando uma política de reciclagem de um material inicialmente considerado de descarte.

Em conclusão, a atuação do Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER) representa um marco significativo no avanço da sustentabilidade e na promoção do desenvolvimento tecnológico do setor energético brasileiro. Ao enfrentar desafios complexos, o ISI-ER demonstra um compromisso contínuo com a inovação e a pesquisa.



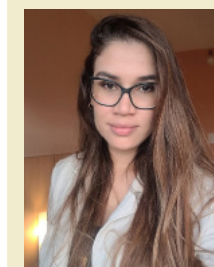
Imagem Autores



Imagem Autores

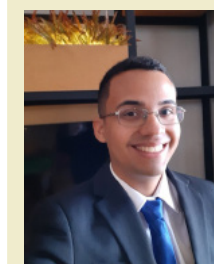
sa aplicada. O ISI-ER emerge como um protagonista essencial no cenário da inovação em energias renováveis, consolidando o Brasil como um competidor significativo nesse campo. O comprometimento com a pesquisa, aliado à parceria com entidades governamentais e a indústria, posiciona o instituto como um agente catalisador para o desenvolvimento sustentável, contribuindo para avanços que refletem positivamente no cenário científico e tecnológico do Brasil. ●

## AUTORES



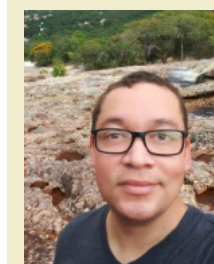
### Samira de A. Santos Emiliavaca

Dra. em Meteorologia. Pesquisadora Líder do Laboratório de Energia Solar e responsável técnica pelo Laboratório de Calibração de Laboratório de Calibração de Piranômetros no Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis.



### Alan Rodrigues de Sousa

Mestre em Engenharia Elétrica e Graduado em Engenharia Elétrica. Pesquisador-bolsista no Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis ISI-ER.



### Bruno Nascimento e Silva

Mestrando em Engenharia Aeroespacial, Especialista em Segurança do trabalho e Graduado em Engenharia de Materiais. Pesquisador no Laboratório de Energia Solar do Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis.



GRACY AMBIENTAL

# Cursos Online 2024



**Nova Agenda**

**Fevereiro**

- ➔ **Cursos para:**
- Estudantes e Profissionais
  - Empresa privada
  - Entidade Pública

## CURSOS NA ÁREA AMBIENTAL

Adquira conhecimentos que lhe permitam qualificar-se e atualizar-se para a sua vida profissional.

Mais informações [www.cursos.gracyambiental.com.br](http://www.cursos.gracyambiental.com.br)

 (84) 99806-0014