



Secretaria de
Energia e Economia
do Mar



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO



ENERGIAS LIMPAS NO RIO DE JANEIRO E O AMBIENTE MARÍTIMO

RIO DE JANEIRO
DEZEMBRO DE 2025

GRUPO DE TRABALHO ENERGIAS LIMPAS

Governador

Cláudio Castro

Secretário de Energia e Economia do Mar

Cássio da Conceição Coelho

INSTITUIÇÕES E EMPRESAS INTEGRANTES DO GT

SEENEMAR

João Pedro Leal

Maíra Campos

Marcelo Felipe

Michelle Trindade

Sérgio Chaves

Sérgio Coelho

FIRJAN - COORDENAÇÃO

Gerente Geral de Petróleo, Gás, Energias e Naval

Karine Barbalho Fragoso de Sequeira

EQUIPE

Carolina de Moraes Ribeiro

Fabio Zaccaro Scelza

Felipe da Cunha Siqueira

Maria Eduarda Domingos de Menezes

Raphaella de Moraes Chagas

Savio Bueno Guimarães Souza

Thiago Valejo Rodrigues

ABEEÓLICA

Matheus Noronha

ABH2

Carlos Peixoto

Gabriel Lassery

ABS

Rafael Torres

BUNKERONE

Carlos Cordovil

Felipe Ribeiro

Gloria Sousa

DE FARIAS SEGUROS

Alexandre Faria

EBSE

Marcelo Bonilha

EQUINOR

Eduardo Miklos

FGV

Marcelo Simas

IPIRANGA

Caroline Mancino

MITANG SUBSEA SOLUTIONS

Diego Fernandes

João Nogueira

Paulo Quintella

MÜSSNICH & SOUZA

Nathália de Oliveira Souza

NEOENERGIA

Flávio Martins

NUCLEP

Nicola Neto

PETROBRAS

Marcio Henrique Correa

PRUMO

Barbara Bortolin

Natasha Machado

PUC-Rio

Mauricio Hernández

OCEAN WINDS

Guilherme Grossi

Rafael Simoncelli

SACOR

Henrique Osório

SUBSEA7

Robertha Marques

VIBRA

Thalita Cássia

OUTRAS INSTITUIÇÕES COLABORADORAS DO CADERNO

ICTIM

Marcia Souza

Tatiana Postiço

Luciana Postiço

Sumário

I. SOBRE A CEDEMAR E O GT DE ENERGIAS LIMPAS	3
II. INTRODUÇÃO	4
III. PAINEL DE PROJETOS EM ENERGIA - FIRJAN	6
IV. EÓLICAS OFFSHORE NO RIO	9
PANORAMA GERAL.....	9
SOBRE O PROJETO PILOTO DA PETROBRAS.....	13
DESAFIOS	16
V. POTENCIAL DE HIDROGÊNIO NO RIO DE JANEIRO	18
PANORAMA GERAL.....	18
MAPA DO HIDROGÊNIO	21
PORTO DO AÇU COMO HUB DE H ₂	22
DESAFIOS	22
VI. COMBUSTÍVEL MARÍTIMO: BIOBUNKER COMO ALTERNATIVA PARA A DESCARBONIZAÇÃO DO MAR.....	24
PANORAMA GERAL.....	24
AVALIAÇÃO DO USO DO BIOBUNKER NOS MOTORES	25
PONTOS PARA REFLEXÃO:	26
VII. PROPOSTAS DO GT PARA O DESENVOLVIMENTO DE NOVAS ENERGIAS OFFSHORE NO RIO	28
PROPOSTAS PARA O AVANÇO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS OFFSHORE NO RIO DE JANEIRO	28
a. Regulação.....	28
b. Atração de Investimentos	30
c. Capacitação Profissional.....	31
d. Cadeia de Fornecedores.....	32
VIII. RADAR DE EVENTOS	32
EVENTOS INTERNACIONAIS:	33
EVENTOS NACIONAIS:	34

I. Sobre a CEDEMAR e o GT de Energias Limpas

A Comissão Estadual para o Desenvolvimento da Economia do Mar (Cedemar) é um órgão colegiado permanente, de natureza propositiva, consultiva e deliberativa, vinculado à Secretaria de Estado de Energia e Economia do Mar (SEENEMAR), conforme instituído pelo Decreto nº 48.677, de 5 de setembro de 2023.

Sua principal finalidade é formular e propor diretrizes para políticas públicas voltadas à promoção da Economia do Mar no estado do Rio de Janeiro, em consonância com as instâncias decisórias e normas da administração pública. Nesse sentido, a Cedemar atua como espaço articulador para o fomento a esse setor estratégico, promovendo medidas de estímulo ao crescimento e proteção da economia do mar fluminense.

A comissão também é responsável por coordenar a elaboração de planos de trabalho setoriais, acompanhar sua implementação, monitorar os resultados e manter um fórum permanente de debates sobre a temática abordada. Suas ações abrangem desde o incentivo à inovação e à sustentabilidade até a análise de políticas e projetos com impacto direto ou indireto sobre o mar e suas atividades econômicas.

Entre os eixos prioritários da Cedemar está o desenvolvimento das energias limpas *offshore*, com destaque para a formulação de políticas públicas voltadas à descarbonização dos processos produtivos, alinhadas à transição energética, à integração de fontes e às mudanças climáticas.

Para isso, a comissão promove a integração de empresas da cadeia de fornecedores, associações setoriais, órgãos governamentais e instituições acadêmicas, com o objetivo de criar um ambiente colaborativo. O intuito desse trabalho é transformar o potencial energético *offshore* do estado em oportunidades concretas de desenvolvimento sustentável, gerar empregos qualificados, atrair novos investimentos e tornar o ambiente regulatório mais eficiente.

Neste contexto, o Grupo de Trabalho de Energias Limpas surge como instância temática estratégica dentro da Cedemar, dedicado à construção de propostas e à articulação de iniciativas voltadas à implementação de projetos de energia renovável no ambiente marinho, com foco especial na energia eólica *offshore*, hidrogênio de baixa emissão de carbono e biocombustível marítimo.

II. Introdução

A economia do mar corresponde à área da ciência econômica responsável por identificar e mensurar os setores econômicos direta ou indiretamente relacionados aos recursos e às atividades provenientes e destinadas ao mar. Trata-se de um campo multidimensional, que abrange desde logística, pesca, turismo, defesa e biotecnologia até energias renováveis e cadeias industriais associadas à infraestrutura oceânica.

De acordo com as projeções da OCDE, apresentadas no relatório *The Ocean Economy in 2030*, o potencial dessa economia é expressivo e tende a crescer de forma acelerada na próxima década. Entre 2010 e 2030, o Valor Agregado Bruto da economia do mar deve atingir aproximadamente US\$ 3 trilhões, representando entre 5% e 6% da economia global real. A geração de empregos também é significativa: estima-se que o setor alcance 40 milhões de empregos diretos até 2030, um aumento de 130%, ritmo superior ao crescimento projetado para a economia global (120%).

Além disso, o tráfego marítimo de cargas deve triplicar até 2050, reforçando a importância das cadeias logísticas oceânicas. Atualmente, 99% das comunicações internacionais passam por cabos submarinos e 90% do comércio exterior global é movimentado por via marítima, números que evidenciam a importância dos oceanos para o funcionamento da economia.

Esse cenário abre oportunidades relevantes para o Rio de Janeiro. O estado é o quarto do país com maior número de municípios litorâneos – 27% dos seus municípios são defrontantes com o mar –, o que reflete sua posição geográfica privilegiada. Além disso, o estado conta ainda com uma infraestrutura portuária bem desenvolvida, capacidade industrial diversificada e forte presença de grandes empresas globais de energia. A combinação desses fatores torna o estado um protagonista natural para a economia do mar no Brasil.

A exploração sustentável do potencial marítimo fluminense pode fortalecer o desenvolvimento socioeconômico do estado, ampliar sua competitividade e estimular a criação de empregos qualificados. Inserido na agenda da **nova economia azul**, conceito apresentado pela OCDE na publicação *The Ocean Economy to 2050*, o Rio de Janeiro tem condições de consolidar-se como referência nacional ao incorporar novas fontes energéticas e ampliar sua participação nas cadeias produtivas ligadas ao mar.

O QUE É A NOVA ECONOMIA AZUL?

A Nova Economia Azul é um modelo de desenvolvimento que busca conciliar o uso sustentável dos **recursos oceânicos e costeiros** com o **crescimento econômico** e o **bem-estar social**. Diferente da economia tradicional baseada na exploração intensiva, ela valoriza a inovação, a regeneração dos ecossistemas e a descarbonização das atividades marítimas.

Na prática, a Nova Economia Azul propõe uma transformação sistêmica: o oceano deixa de ser apenas fonte de recursos e passa a ser reconhecido como ativo fundamental para o equilíbrio climático e a prosperidade das comunidades costeiras.

Além disso, o desenvolvimento deste segmento se alinha diretamente aos **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)** da ONU: **ODS 7 - Energia limpa e acessível**, ao incentivar a expansão das energias renováveis *offshore* e **ODS 13 - Ação contra a mudança global do clima**, ao apoiar a transição energética e a redução de emissões de carbono. Mas também se relaciona de forma indireta com: **ODS 8 - Trabalho decente e crescimento econômico**, **ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura**, **ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis** e **ODS 12 - Consumo e produção responsáveis**.

Assim, o fortalecimento da economia azul no Rio de Janeiro representa não apenas uma estratégia de crescimento, mas também um caminho concreto para um desenvolvimento sustentável, resiliente, orientado à descarbonização e integrado às principais agendas globais. Nesse contexto, o ambiente marítimo fluminense reflete o aproveitamento da economia azul, abrigando atividades como a exploração de petróleo e gás, portos e logística marítima, indústria naval, pesca e turismo.

Nos últimos anos, esse cenário ganhou novas e promissoras perspectivas, passando a incorporar projetos potenciais em energias renováveis, como a geração eólica *offshore* e a produção de hidrogênio de baixo carbono, e o desenvolvimento de óleo combustível marítimo projetado a partir da mistura de óleo combustível tradicional com biocombustíveis, o *biobunker*, alinhando-se à pauta global de descarbonização e transição energética.

Diante desse cenário, torna-se evidente que o mar fluminense representa um vetor estratégico para impulsionar novas atividades econômicas e ampliar a

competitividade do estado. A diversificação das cadeias produtivas associadas ao oceano abre caminho para inovação, geração de empregos e atração de investimentos. Consolidar essa agenda é essencial para que o Rio de Janeiro avance rumo a um desenvolvimento sustentável e alinhado às tendências globais.

Sendo assim, este Caderno Setorial visa dar luz às oportunidades para o estado do Rio de Janeiro relacionadas as fontes de energias limpas em evidência nos próximos anos, reunindo a visão e as contribuições dos participantes deste Grupo de Trabalho em um mesmo documento. Espera-se que tal iniciativa possa auxiliar o Governo do Estado, subsidiando suas ações, no sentido de entender os mercados e seus gargalos para o desenvolvimento de forma sustentável e competitiva, criando assim, um melhor ambiente de negócios para as empresas do estado e atração de investimentos.

III. Painel de Projetos em Energia - Firjan

De acordo com o Painel de Projetos de Energia 2025 da Firjan, o Rio de Janeiro conta com 108 projetos mapeados com horizonte de realização até 2035+, abrangendo desde o *upstream* de óleo e gás até infraestrutura de gás natural e fontes renováveis. Esses empreendimentos somam investimentos estimados em US\$ 209 bilhões, sendo 60% destinados à cadeia de óleo e gás, evidenciando a relevância do setor na economia fluminense. É importante destacar que o mapeamento realizado pela Firjan considera todos os projetos com sinalização de mercado, independentemente de seu grau de avanço quanto a confirmação do investimento, dando uma visão de potencial, ou onde podemos chegar em termos de desenvolvimento do mercado energético caso eles se concretizem.

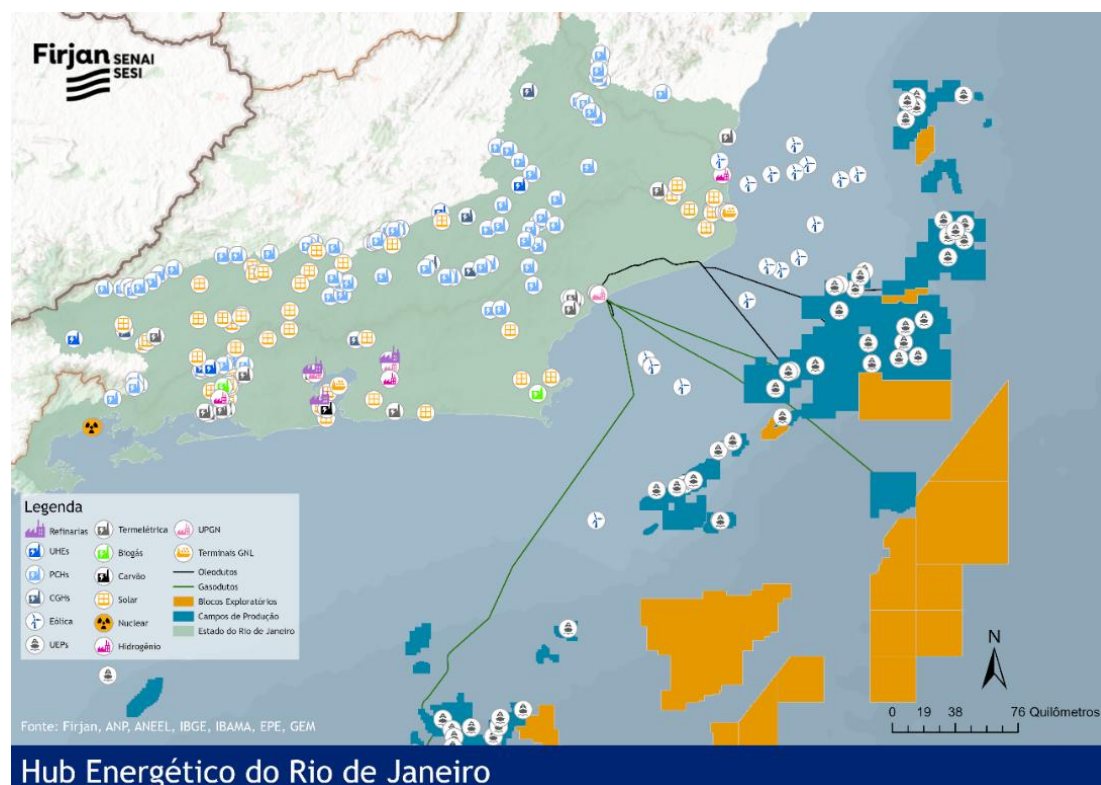
É evidente que, diante do histórico e do potencial de desenvolvimento dos mercados fluminenses de petróleo e gás, esses setores concentrem a maior parte dos investimentos mapeados. Ainda assim, chama atenção o fato de que, mesmo em um mercado já consolidado e com projetos de grande porte, as fontes renováveis já representem cerca de 40% do potencial de investimentos.

O Norte Fluminense se destaca como o principal território dessa consolidação do Rio de Janeiro como um *hub* de energia, concentrando mais de 50% dos projetos previstos no estado, incluindo tanto iniciativas ligadas ao petróleo quanto às novas frentes em energias descarbonizadas e descomissionamento de plataformas *offshore*.

Além da robustez da cadeia de óleo e gás, o Rio de Janeiro avança na diversificação de sua matriz considerando novas fontes energéticas. O estado figura hoje como um dos centros de desenvolvimento de projetos em energia

eólica *offshore*, com 16 empreendimentos mapeados em fase potencial, aproveitando as excelentes condições de vento na costa fluminense e a expertise acumulada das operadoras e empresas de serviço em tecnologia *offshore*.

Figura 1 - Mapa Energético do Rio de Janeiro



Também é destaque o desenvolvimento do hidrogênio de baixo carbono. O Painel de 2025 explicita 8 plantas, entre pilotos e projetos potenciais, voltadas para a produção desse energético estratégico, considerado peça-chave para a descarbonização industrial e o transporte de longa distância. Há, ainda, oportunidades de descarbonização do hidrogênio produzido a partir de refinarias, uso do hidrogênio oriundo das usinas nucleares e o estudo mais aprofundado do nosso potencial de produção de hidrogênio natural. Nesse contexto, o avanço das soluções baseadas em hidrogênio também se articula com desafios mais amplos da transição energética, entre eles a necessidade urgente de reduzir as emissões do transporte marítimo.

Enquanto lacuna da transição energética, a descarbonização do transporte marítimo é urgente. O Rio de Janeiro como hub marítimo tem destaque no abastecimento de embarcações, representando 47% das vendas nacionais de óleo diesel marítimo em 2024 e seguindo na liderança nos primeiros nove meses de 2025, segundo a ANP. Com ampla infraestrutura de portos, o estado fluminense deve passar por mudanças para integrar novos combustíveis voltados

para a descarbonização. Nesse cenário, entre as alternativas em desenvolvimento, o *biobunker* surge como opção promissora, combinando redução das emissões de carbono com maior compatibilidade técnica em relação aos motores marítimos já existentes.

Adicionalmente, é importante também trazer luz a projetos que embora não sejam projetos de energia, estão diretamente relacionados a eles, como no caso do CCS¹ e do CCUS², cuja captura, armazenamento e eventual utilização do carbono, tem o potencial de contribuir ainda mais nos processos de descarbonização do setor energético. Essas soluções permitem capturar o CO₂ gerado em processos industriais e na produção de energia, evitando sua liberação na atmosfera e contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Para o hidrogênio, em especial, essas tecnologias viabilizam rotas de produção a partir do gás natural com baixas emissões, ampliando a oferta de hidrogênio a custos competitivos enquanto a eletrólise renovável avança em escala. Ao integrar CCS e CCUS às estratégias de descarbonização, o Rio de Janeiro pode consolidar novas frentes tecnológicas, atrair investimentos e fortalecer sua posição como polo industrial e logístico de referência, alinhado às metas de neutralidade de carbono e à expansão de soluções energéticas sustentáveis.

Destacamos que o Rio de Janeiro já possui iniciativas nesse sentido, como o Projeto Piloto CCS São Tomé da Petrobras, que visa capturar 100 mil toneladas de CO₂ por ano a partir de 2028 para armazenamento em reservatórios salinos na Bacia de Campos. Além de diferenciais competitivos para a implementação de *hubs* de armazenamento, como o número de campos depletados em fase final de ciclo de vida, cujos reservatórios podem ser avaliados para estocagem do CO₂ e a presença de ampla infraestrutura proveniente do mercado de O&G *offshore*. Estar próximo dos maiores polos industriais do país também é um fator a ser considerado para a implementação destes projetos, visando a descarbonização dos processos industriais.

Esses movimentos também revelam uma mudança no perfil de atuação das grandes petroleiras globais presentes no Rio de Janeiro, que vêm ampliando investimentos em energias renováveis, captura de carbono, eficiência energética e outras tecnologias limpas. Esse reposicionamento estratégico projeta o Rio de Janeiro não apenas como polo de produção de combustíveis fósseis, mas também como líder em soluções energéticas inovadoras para o futuro de baixo carbono.

¹ CCS – *Carbon Capture and Storage* ou Captura e Armazenamento de Carbono

² CCUS – *Carbon Capture Utilization and Storage* ou Captura e Armazenamento de Carbono

O protagonismo do estado fluminense em O&G também oportuniza o desenvolvimento tecnológico local voltado para descarbonização de nossos sistemas produtivos. As operadoras globais e nacionais têm ampliado seus investimentos em inovação para garantir maior eficiência, menor impacto ambiental e viabilizar projetos em águas ultraprofundas, e agora, em fontes limpas de energia. O *know-how* acumulado em exploração *offshore* se transforma em diferencial competitivo no avanço da eólica marítima e do hidrogênio de baixa emissão de carbono.

De acordo com dados apresentados na 10ª Edição do Anuário da Indústria do Petróleo no Rio da Firjan, com base nos Painéis Dinâmicos da ANP sobre os investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, entre 2016 e 2024, as petroleiras elevaram seus investimentos em projetos de energias renováveis em aproximadamente 48 vezes.

Considerando esse cenário potencial de grandes oportunidades, os capítulos seguintes deste Caderno Setorial foram divididos em quatro partes, sendo os três seguintes voltados a apresentar os resultados obtidos das discussões referentes às temáticas do GT de Energias Limpas da CEDEMAR - Eólicas *Offshore*, Hidrogênio e *Biobunker*, e a parte final para as considerações finais, trazendo propostas para o governo federal e estadual, apresentadas pelos participantes do grupo ao longo dos meses de trabalho do ano de 2025.



O Painel Dinâmico de Projetos de Energia e o Mapa interativo do Hub Energético do Rio de Janeiro podem ser acessados na página da Firjan, no ambiente dedicado ao tema: www.firjan.com.br/firjan/empresas/competitividade-empresarial/petroleoegas/integracao-energetica/

IV. Eólicas *Offshore* no Rio

Panorama Geral

O mercado de eólicas *offshore* é um dos potenciais destaques das chamadas “novas energias” para desenvolvimento no Brasil. O estado do Rio de Janeiro se encontra em posição de destaque no que se refere ao potencial de recebimento destes novos projetos. Como já citado, o litoral fluminense possui atualmente 16 projetos com pedido de licenciamento ambiental junto ao IBAMA³. Juntos, esses empreendimentos totalizam uma capacidade instalada de

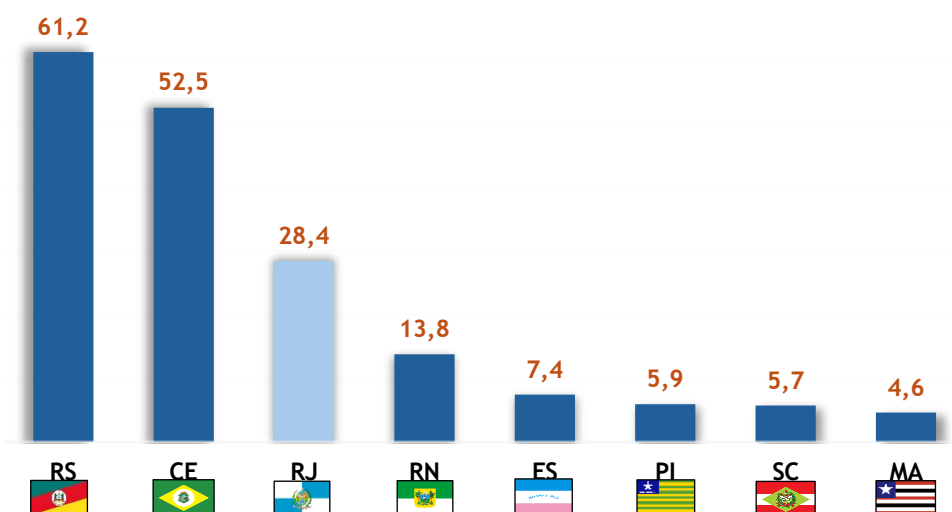
³ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

aproximadamente **38,7 GW**. Ao desconsiderarmos as áreas sobrepostas, dentre os diferentes projetos, temos um potencial de capacidade instalada equivalente a **28,4 GW**.

O litoral norte do estado, especialmente na região do Porto do Açu, destaca-se como o principal corredor de instalação para os parques geradores, devido à sua infraestrutura portuária, proximidade com áreas industriais e rotas de escoamento de energia. A região oferece sinergias importantes com o setor de óleo e gás *offshore*, que já opera com grande presença nessa faixa do litoral fluminense, favorecendo o acesso a mão de obra, embarcações, cadeias logísticas e centros de serviços navais.

Com base em informações do IBAMA, cerca de **73% da área em processo de licenciamento no estado do Rio de Janeiro é considerada área real utilizável para instalação de eólicas *offshore*⁴**, o que representa aproximadamente **10 mil km²** de mar territorial. Vale destacar que o Rio de Janeiro apresenta o terceiro maior potencial de geração do país, ficando atrás apenas dos estados Rio Grande do Sul e Ceará, conforme apresenta o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Capacidade instalada dos projetos eólicos *offshore* em licenciamento ambiental (GW)



Nota: Capacidade instalada desconsiderando as áreas sobrepostas

Fonte: Elaboração Firjan a partir de dados do IBAMA, 2025

Em relação ao estado do Rio de Janeiro, chama atenção a diversificação de empresas que manifestaram interesse em implementar projetos de eólicas *offshore*. A listagem disponibilizada pelo IBAMA, 2025 apresentada no Infográfico 1, mostra que dos 16 projetos potenciais, 12 pertencem a empresas

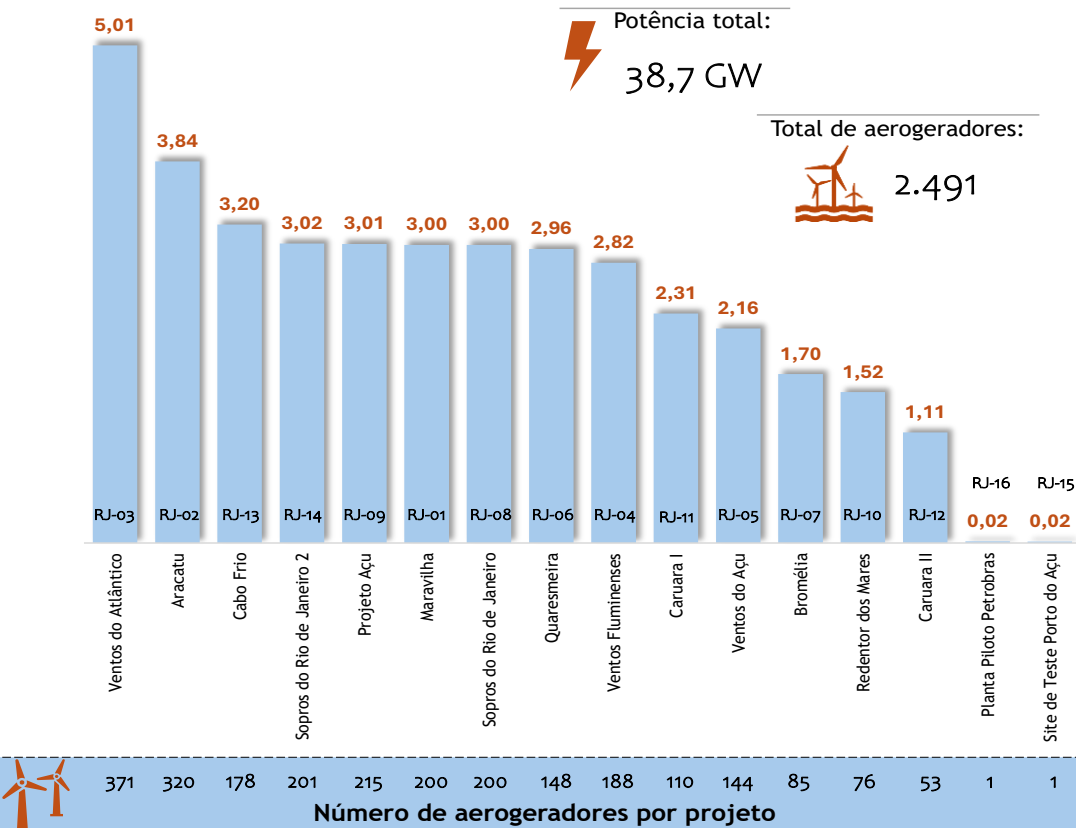
⁴ Mapa de Projetos em processos de licenciamento ambiental de eólicas offshore abertos no IBAMA até 10 de março de 2025

distintas. Apenas a Petrobras, TotalEnergies, Bluefloat e Eólica Offshore Caruara, possuem mais de um projeto, todas elas com duas solicitações junto ao IBAMA.

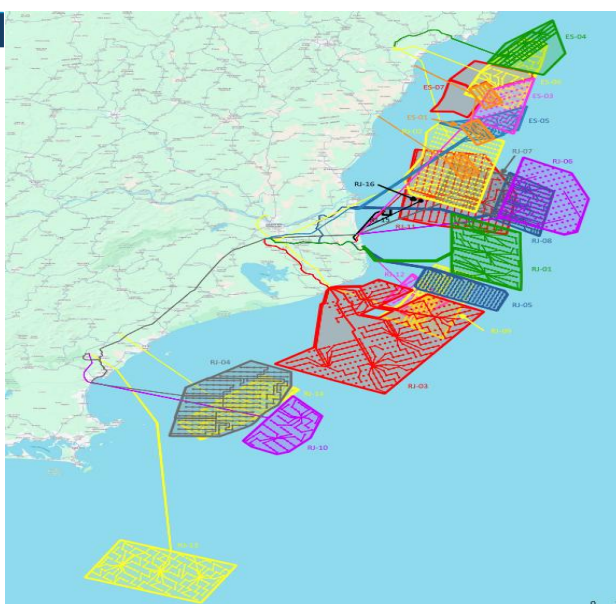
Pode-se notar um movimento natural de mercado pelas empresas petrolíferas, que desde meados da década passada começaram a se posicionar como empresas de energia, contribuindo para o processo de transição energética vigente e expandindo sua atuação na diversificação de fontes energéticas sem abrir mão das principais características e qualidades que cada uma pode ofertar. Petrobras, TotalEnergies, Shell e Equinor fazem parte do *pool* de empresas petrolíferas com projetos potenciais em eólicas *offshore* no estado.

Infográfico 1 - Projetos de eólicas offshore no RJ em licenciamento ambiental

Potência Total dos Projetos em Processo de Licenciamento Ambiental (GW)



Código	Empreendedor
RJ-01	NEOENERGIA RENOVÁVEIS SA
RJ-02	EQUINOR BRASIL ENERGIA
RJ-03	VENTOS DO ATLÂNTICO
RJ-04	BOSFORD PARTICIPAÇÕES
RJ-05	PRUMO LOGISTICA S/A
RJ-06	BLUEFLOAT ENERGY DO BRASIL LTDA
RJ-07	BLUEFLOAT ENERGY DO BRASIL LTDA
RJ-08	TOTALENERGIES PETROLEO&GAS BRASIL LTDA
RJ-09	SHELL BRASIL PETRÓLEO LTDA
RJ-10	ACCIONA ENERGIA BRASIL LTDA
RJ-11	EOLICA OFFSHORE CARUARA S.A.
RJ-12	EOLICA OFFSHORE CARUARA S.A.
RJ-13	PETROLEO BRASILEIRO S/A - PETROBRAS
RJ-14	TOTALENERGIES PETROLEO&GAS BRASIL LTDA
RJ-15	SECRETARIA DE ENERGIA E ECONOMIA DO MAR/RJ
RJ-16	PETROLEO BRASILEIRO S/A - PETROBRAS



Fonte: Elaboração Firjan a partir de dados do IBAMA, 2025

A robustez financeira das empresas de petróleo certamente contribuiu para o aumento da competitividade das fontes renováveis nas últimas décadas, e os investimentos em P,D&I⁵ reforçam esta visão de um mercado integrado e em constante desenvolvimento.

O Projeto Piloto da Petrobras em parceria com a SEENEMAR, desenvolvido como parte de ações de PD&I, tem foco na descarbonização de operações *offshore*. A empresa pretende testar a integração entre geração eólica e produção de óleo e gás, utilizando sua expertise em tecnologia *offshore* e infraestrutura naval.

Ao todo, os projetos com pedido de licenciamento ambiental no estado poderão gerar uma demanda equivalente a cerca de **2,5 mil aerogeradores de última geração**, com potência variando entre 12 MW a 21 MW por unidade, nos modelos como o **V236-15MW (Vestas)**, o **SG-14-222-DD (Siemens Gamesa)**, o **IEA Wind 15-MW** e o **WEC 265-20MW**. Esse desenvolvimento demonstra a adoção de tecnologias de ponta compatíveis com os maiores parques eólicos *offshore* do mundo.

Toda esta demanda tende a movimentar diversos elos da cadeia, desde empresas fornecedoras de equipamentos até aquelas responsáveis pelas embarcações que farão a instalação das megaestruturas em alto mar.

Com o avanço do planejamento espacial marinho, a estruturação de infraestrutura elétrica de escoamento e a definição de regras específicas para leilões e concessões, espera-se que os projetos hoje em licenciamento se convertam em grandes obras de energia renovável ao longo da próxima década. O Rio de Janeiro, por sua vocação marítima e energética, tende a se consolidar como a porta de entrada da energia eólica *offshore* no Brasil e um dos principais polos de energia limpa da América Latina.

Sobre o Projeto Piloto da Petrobras em parceria com a SEENEMAR

O projeto piloto de geração eólica *offshore* a ser desenvolvido no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, e empreendido pela Petrobras em parceria com a SEENEMAR, representa um passo estratégico da indústria nacional de energia na busca por soluções integradas de baixo carbono, especialmente para o setor de óleo e gás. A iniciativa, inserida no âmbito de P,D&I regulada pela cláusula específica da ANP, tem como principal objetivo gerar conhecimento técnico, validar tecnologias e preparar a cadeia produtiva nacional para futuros empreendimentos comerciais de grande escala.

⁵ Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

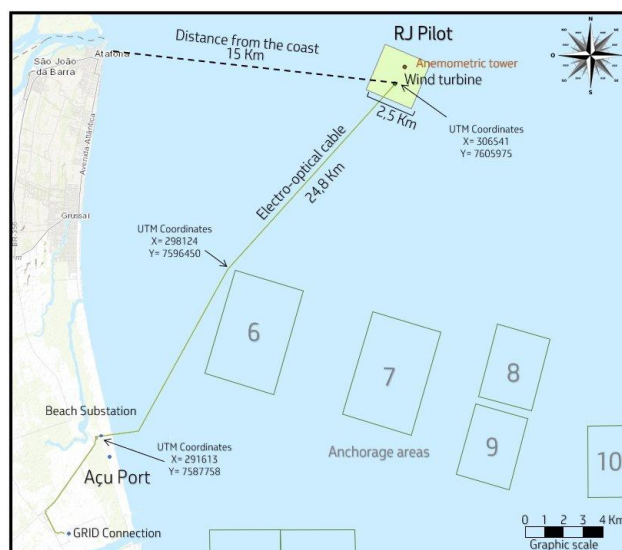
Trata-se de um projeto de caráter experimental, sem foco em retorno financeiro direto, voltado para a descarbonização das operações *offshore* da Petrobras e o desenvolvimento de expertise local. Contratação de uma empresa para estudo ambiental

O escopo do projeto prevê a instalação de uma turbina eólica *offshore* com capacidade de 18 MW, baseada em fundação do tipo monopilar. No entanto, ainda são necessários estudos de geotecnia e sondagem no local para definição detalhada das especificações de instalação.

Além da turbina, o projeto incluirá um cabo submarino de transmissão elétrica, responsável pela conexão com a rede terrestre, e um sistema de baterias. Este sistema de armazenamento será utilizado para testes de integração da energia eólica com as operações de óleo e gás, com vistas a reduzir emissões e avaliar a estabilidade energética do conjunto.

O projeto foi concebido com flexibilidade tecnológica, podendo considerar tanto fundações fixas quanto flutuantes, de forma a explorar as melhores soluções técnicas para as características do ambiente marinho brasileiro. A localização escolhida para o projeto é uma área a aproximadamente 15 quilômetros da costa do Norte Fluminense, nas proximidades do Porto do Açu, região estratégica que concentra grande parte das operações logísticas e industriais *offshore* do estado.

Um Memorando de Entendimento (MoU) firmado com o Porto do Açu prevê a construção de uma subestação de praia para elevação da tensão elétrica de 66 kV para 138 kV, necessária para a conexão com a subestação da Enel instalada no complexo portuário. Paralelamente, serão realizados estudos de área de ancoragem com o objetivo de evitar interferências em rotas marítimas e atividades portuárias, além de medições específicas para otimização do layout de futuros parques eólicos *offshore*, visando maximizar o aproveitamento do recurso eólico disponível.

Figura 2 - Localização - Projeto Piloto RJ**Fonte: Petrobras**

O desenvolvimento de projetos de geração eólica *offshore* com a implementação de um Projeto Piloto, atualmente está em fase de licitação. O objetivo deste processo consiste na aquisição e no processamento de dados geofísicos em águas ultra rasas, etapa essencial para a caracterização do leito marinho e seleção de áreas aptas à futura instalação de parques eólicos. Trata-se, portanto, de uma fase inicial de site assessment, que fornece informações fundamentais para o planejamento de engenharia, análise de riscos geológicos e preparação para os processos de licenciamento ambiental.

O projeto conceitual encontra-se em andamento e prevê o início das contratações de serviços especializados, como sondagens em terra e no mar, campanhas de medição de vento e avaliações ambientais, até o final de 2025. A entrada em operação da unidade piloto está programada para o quarto trimestre de 2028, após a conclusão das etapas de engenharia, licenciamento e instalação. Este piloto servirá como plataforma de aprendizado prático para as equipes técnicas envolvidas, bem como para o desenvolvimento de fornecedores e prestadores de serviços locais, qualificando mão de obra e infraestrutura naval para atender à demanda futura de projetos eólicos *offshore* de escala comercial.

A expectativa é que, a partir da experiência acumulada com este piloto, seja possível estruturar um projeto eólico *offshore* comercial com contratação prevista para 2030, início das obras em 2032 e operação comercial plena a partir de 2035.

Além do componente técnico-operacional, o projeto reforça o compromisso da Petrobras e de seus parceiros com a transição energética, aproveitando o *know-*

how da indústria *offshore* nacional e as competências instaladas no estado do Rio de Janeiro. O uso das estruturas e expertise do setor de óleo e gás - como embarcações, estaleiros, profissionais e tecnologias - constitui uma vantagem competitiva para acelerar o desenvolvimento da eólica *offshore* no Brasil, reduzir custos e riscos e consolidar o país como player relevante na cadeia global de energia limpa.

Desafios

A publicação da Lei Federal nº 15.097 de 2025, criando o marco legal da geração de energia em alto-mar, representou um grande avanço para o ciclo das eólicas *offshore* no país. A Lei estabelece diretrizes para investimentos em energia *offshore* em áreas da União, como o mar territorial e a plataforma continental, via contratos de autorização ou concessão.

No entanto, sua efetiva implementação ainda carece de avanços como na definição das áreas aptas para exploração e na organização institucional para garantir mais agilidade e transparência nos processos de licenciamento.

Segundo publicado pelo portal da Câmara dos Deputados⁶, o MME⁷ planeja publicar o primeiro decreto com regras para a exploração de energia eólica *offshore* ainda no primeiro semestre de 2026, sendo definidos os requisitos para investimentos e escolhas de áreas.

O avanço da energia eólica *offshore* no estado ainda depende de uma base regulatória sólida e de ações coordenadas entre os diferentes níveis de governo. Espera-se que a divulgação das regras estabeleça um ambiente harmônico com as responsabilidades institucionais e as regras de governança entre os órgãos envolvidos, como a SPU⁸, o MME, a ANEEL⁹ e a Marinha do Brasil. Essa definição será fundamental para maior segurança jurídica, estruturação de negócios e o acesso a financiamentos, atraindo os potenciais investidores.

Nesse sentido, uma nova ação do Governo se deu por meio da Resolução nº 18 de 2025, que tem dentre seus objetivos propor medidas necessárias para a regulamentação e efetiva aplicação da Lei nº 15.097 de 2025. Essa ação foi a criação de um Grupo de Trabalho, coordenado pelo MME e que conta com a participação de vários Ministérios e Agências Reguladoras, dentre outras

⁶ Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1212313-governo-projeta-primeiro-decreto-regulatorio-de-eolicas-em-alto-mar-para-2026/#:~:text=Aprovado%20em%20janeiro%20de%202025%2C%20o%20marco,texto%2C%20o%20governo%20federal%20escolher%C3%A1%20os%20locais>

⁷ Ministério de Minas e Energia

⁸ Secretaria do Patrimônio da União

⁹ Agência Nacional de Energia Elétrica

representações governamentais envolvidas com a temática. Com relação as propostas, a Resolução destaca:

- a) a definição locacional prévia de prismas a partir de sugestão de interessados ou por delimitação planejada própria;
- b) o procedimento para apresentação, por interessados, a qualquer tempo, de sugestões de prospectos de prismas, exigida a apresentação de estudo preliminar da área, com definição locacional, análise do potencial energético e avaliação preliminar do grau de impacto socioambiental;
- c) o procedimento de solicitação de DIP (Declaração de Interferência Prévia) relativa a cada prospecto de prisma sugerido, incluídos taxas e prazos pertinentes;
- d) as sanções e as penalidades aplicáveis em caso de não cumprimento das obrigações da outorga; e
- e) os requisitos obrigatórios de qualificação técnica, econômico-financeira e jurídica e de promoção da indústria nacional a serem cumpridos pelo interessado em prisma energético resultante de oferta permanente e de oferta planejada.

Além disso, o processo de licenciamento ambiental ainda apresenta incertezas. O IBAMA encontra-se em fase de desenvolvimento de termos de referência específicos para projetos eólicos no ambiente marinho, o que tem resultado em análises mais longas e em requisitos variáveis entre os empreendimentos. A falta de padronização e previsibilidade tende a aumentar o custo e o tempo de maturação dos projetos, especialmente em um litoral com elevada concentração de atividades econômicas, como pesca, navegação, exploração de petróleo e operações portuárias.

Outro obstáculo está na integração dos futuros parques eólicos à infraestrutura elétrica existente. Ainda não há clareza regulatória sobre o compartilhamento de custos com as linhas de transmissão submarinas e terrestres necessárias para a conexão ao SIN¹⁰. Essa indefinição representa um risco adicional à viabilidade econômica dos projetos.

No âmbito estadual, o Rio de Janeiro possui vantagens relevantes. Além da já mencionada ampla infraestrutura portuária, o estado conta também com expertise técnica acumulada no setor de óleo e gás e presença de centros de pesquisa e inovação, fatores que reforçam seu potencial para liderar a transição energética no ambiente marítimo. No entanto, o estado ainda enfrenta desafios

¹⁰ Sistema Interligado Nacional

na estruturação da cadeia produtiva local, com necessidade de fortalecer fornecedores, atrair novos investimentos e promover capacitação profissional voltada às demandas específicas do setor *offshore*.

Dessa forma, a coordenação entre as esferas federal e estadual, acompanhada da criação de instrumentos normativos e incentivos direcionados, será essencial para destravar o desenvolvimento da eólica *offshore* no Rio de Janeiro.

V. Potencial de hidrogênio no Rio de Janeiro

Panorama Geral

O estado do Rio de Janeiro emerge como uma das principais frentes nacionais para o desenvolvimento da cadeia de hidrogênio de baixa emissão de carbono, reforçando seu papel estratégico na transição energética brasileira. A partir do Painel de Projetos de Energia 2025, foram mapeados oito projetos em desenvolvimento no estado, em estágios que vão de estudos conceituais e engenharia básica à construção de parcerias institucionais.

Esses empreendimentos são liderados por empresas de grande porte e reconhecimento internacional, como Petrobras, Shell, White Martins, Prumo Logística e Axia Energia (antiga Eletrobras), além de iniciativas estaduais com articulação entre universidades, centros de pesquisa e a SEENEMAR.

Esses projetos encontram terreno fértil no Rio de Janeiro por diversos fatores. O estado possui uma matriz elétrica com alto percentual de fontes limpas, disponibilidade de insumos biológicos, como biogás, acesso a infraestrutura de gás natural e os ambientes portuários, que permitem o transporte e a exportação de derivados energéticos, e de P&DI, que contribui para o desenvolvimento de novas tecnologias para embasamento de modelos de negócios. Além disso, a existência de grandes consumidores industriais — especialmente nos setores petroquímico, siderúrgico e naval — amplia a viabilidade de implantação de projetos em escala, viabilizando *hubs* de demanda local para o hidrogênio.

A região do Porto do Açu, no Norte Fluminense, desponta como território prioritário para a consolidação de um cluster tecnológico de hidrogênio, com destaque para o projeto liderado pela Prumo Logística, em parceria com empresas internacionais. A proposta envolve a produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono para uso industrial e potencial exportação, aproveitando a capacidade de escoamento do Porto, o acesso a matérias primas e o potencial eólico da região para suprimento de energia limpa para os eletrolisadores.

Outro destaque é a atuação da Petrobras, que desenvolve projetos-piloto para avaliar a viabilidade técnica e econômica de produzir e utilizar hidrogênio de baixa emissão de carbono em suas operações, com foco em descarbonização de processos industriais e uso como matéria-prima para combustíveis sintéticos. A empresa também atua em iniciativas de PD&I, em articulação com universidades e centros tecnológicos do estado abordando as mais diversas rotas de produção, transporte, armazenamento e utilização do hidrogênio.

A Axia Energia, por sua vez, estuda a integração do hidrogênio em seu portfólio de renováveis, com atenção especial à complementaridade entre energia solar e eólica na geração elétrica que abastecerá as plantas de eletrólise. Já a White Martins, tradicional no setor de gases industriais, explora soluções híbridas que combinam rotas de produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono por eletrólise da água e a partir do gás natural com captura de carbono), considerando aplicações na mobilidade urbana e logística pesada.

A Associação Brasileira do Hidrogênio, associação de caráter nacional, mas fisicamente localizada no estado, atua no desenvolvimento do setor, articulando governo, entes privados e academia. No âmbito de seu projeto ABH2-UK PACT ela desempenha papel estratégico ao contribuir com estudos, mapeamento e no suporte de políticas públicas, além de apoiar iniciativas de capacitação, workshops, diálogos técnicos e projetos que visam acelerar a transição energética com o hidrogênio de baixa emissão de carbono através da formação de *hubs* regionais.

O desenvolvimento de energias limpas, sob a ótica do hidrogênio, abre novas perspectivas para a mobilidade sustentável e a outras matrizes renováveis. Em Maricá, essa abordagem se materializa no âmbito do ICTIM¹¹, em um projeto inovador voltado à criação de um sistema de transporte coletivo movido a hidrogênio, destinado ao transporte público do município. A iniciativa ganha relevância adicional a partir da recente descoberta de uma reserva de hidrogênio natural em Maricá, atualmente em fase de estudos, que pode posicionar o município como referência nacional na integração entre ciência, inovação e uso estratégico de fontes limpas para a descarbonização da mobilidade urbana.

Esses empreendimentos, em conjunto, reforçam a visão de que o Rio de Janeiro tem condições de liderar o desenvolvimento da cadeia nacional de hidrogênio de baixa emissão de carbono. A combinação entre infraestrutura instalada, presença de grandes consumidores, apoio institucional e acesso a recursos energéticos torna o estado um laboratório natural para a construção de um

¹¹ Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação de Maricá

mercado emergente, com potencial de geração de valor, inovação tecnológica, fornecimento para o mercado doméstico e exportação de produtos descarbonizados com hidrogênio.

Ainda em fase inicial, os projetos buscam validação técnica, regulação específica e mecanismos de financiamento que assegurem sua viabilidade no médio e no longo prazo. No entanto, o movimento coordenado entre o setor público e privado sinaliza um ambiente propício à consolidação do Rio de Janeiro como polo nacional do hidrogênio e agente ativo na transição para uma economia de baixo carbono.



Acesse o Mapa Estratégico do Hidrogênio para o Estado do Rio de Janeiro. Por meio deste mapa, é possível visualizar o potencial do estado, seus ativos estratégicos e os caminhos para impulsionar uma economia mais sustentável, inovadora e competitiva.

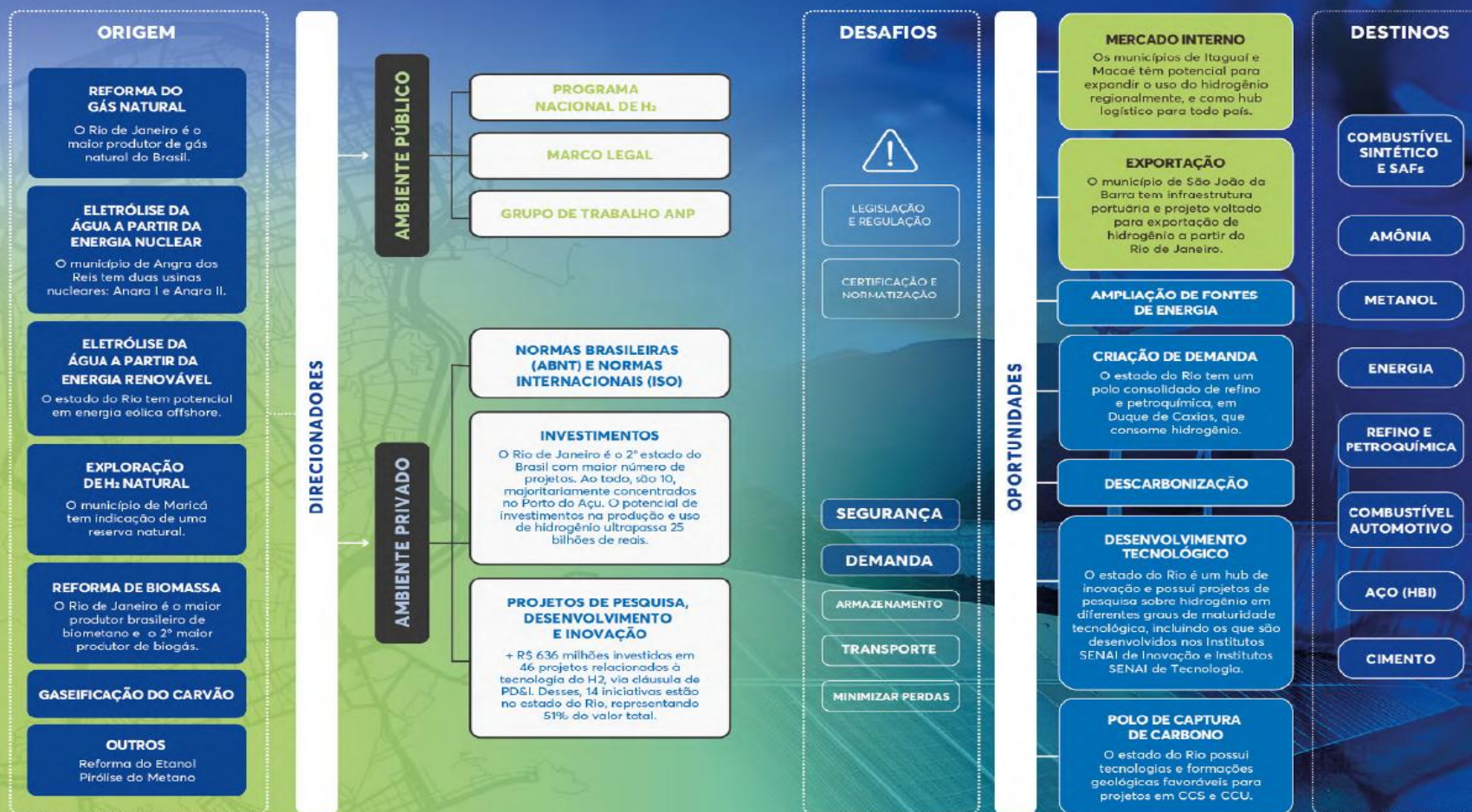
Escaneie o QR Code e conheça o documento completo.

Hidrogênio a Partir do Gás Natural: Uma Rota Estratégica para Acelerar a Descarbonização

Recentes decisões regulatórias na União Europeia ampliaram o conceito de “hidrogênio de baixa emissão de carbono”, permitindo que rotas baseadas em gás natural sejam elegíveis a incentivos financeiros e a contratos industriais, podendo ainda ser integradas a tecnologias de captura e armazenamento de carbono, o que amplia seu potencial de mitigação de impactos ambientais. A aprovação da regra na comunidade europeia que estabeleceu uma meta de redução mínima de 70% nas emissões em comparação às rotas fósseis convencionais, possibilitou ao gás natural ser enquadrado como uma rota para a produção de hidrogênio capaz de contribuir para a descarbonização e promover a celeridade requerida para o aumento da oferta e preços competitivos na produção de H₂ em atendimento a setores industriais demandantes em um curto e médio prazos, garantido escala e atendimento à metas socioambientais.

Hidrogênio para o Rio de Janeiro

MAPA ESTRATÉGICO



Nota: Reforma do Gás Natural e Gaseificação do carvão também abrangem CCS

Porto do Açu como Hub de H₂

O Porto do Açu, localizado no norte do estado do Rio de Janeiro, consolida-se como o maior complexo portuário industrial do Brasil e um dos principais polos de transição energética do país. Através da iniciativa Hub H₂ Açu, o porto se prepara para se tornar uma plataforma integrada de produção, armazenamento e exportação de hidrogênio de baixa emissão de carbono, incluindo rotas para produção de derivados, como amônia e e-metanol.

O projeto prevê uma capacidade final de produção de 605 mil toneladas anuais de hidrogênio, 1,9 milhão de toneladas de amônia e 315 mil toneladas de e-metanol, sustentadas por uma capacidade de eletrólise de **3,7 GW**. O desenvolvimento será faseado ao longo de 20 anos, com a primeira fase de operação iniciando em 2026.

O Hub conta com 1 km² já licenciado para a produção de hidrogênio, amônia e metanol, e mais 2,5 km² em processo de licenciamento para combustíveis sustentáveis como SAF, HVO, etanol e nafta verde. Sua localização estratégica, próxima às bacias de Campos, Santos e Espírito Santo, garante acesso privilegiado a cadeias logísticas e energéticas consolidadas.

Entre as vantagens competitivas do Açu estão a abundância de recursos hídricos (rio Paraíba do Sul, aquíferos e reuso industrial), integração ao grid elétrico nacional com 1 GW disponível, além de parcerias com fornecedores de energia renovável e infraestrutura dedicada, como o TLA¹² para exportação e importação de combustíveis de baixo carbono.

O Hub H₂ Açu simboliza um novo ciclo industrial baseado na descarbonização, economia circular e simbiose industrial, posicionando o Rio de Janeiro como ator relevante na economia global do hidrogênio e dos combustíveis sustentáveis.

Desafios

A sanção da Lei Federal nº 14.948/2025, que institui o marco legal do hidrogênio de baixo carbono no Brasil, e da Lei Federal nº 14.990/2024, que cria o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC) e estabelece incentivos fiscais para o setor, representa um conjunto significativo de avanços na transição energética nacional. Juntas, essas normas estruturam os pilares regulatórios, econômicos e institucionais necessários para organizar e estimular toda a cadeia de produção, armazenamento, transporte

¹² Terminal de Líquidos

e uso do hidrogênio, reduzindo incertezas e criando um ambiente mais seguro para investimentos.

A Lei nº 14.948/2025 estabelece a Política Nacional do Hidrogênio e fortalece a governança do setor por meio do CNPE¹³, ao mesmo tempo em que cria bases para mecanismos de incentivo econômico e diretrizes para pesquisa, inovação e desenvolvimento tecnológico. Um dos avanços mais relevantes da lei é a criação do SBCH¹⁴, responsável por metodologias de mensuração de emissões e critérios técnicos para certificação do hidrogênio. Essa certificação é fundamental para dar segurança jurídica, credibilidade ao mercado e alinhamento com padrões internacionais, condição essencial para interoperabilidade de mercados e para alancar o potencial do Brasil no mercado internacional do hidrogênio de baixa emissão de carbono.

Já a Lei nº 14.990/2024 complementa esse arcabouço ao instituir o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, que cria incentivos fiscais por meio de créditos tributários, capazes de reduzir a diferença de custo entre o hidrogênio de baixa emissão de carbono e os combustíveis fósseis concorrentes. A lei exige ainda a elaboração de um plano de trabalho federal, estabelece mecanismos de transparência e define parâmetros para acompanhamento e avaliação das políticas do setor, reforçando a previsibilidade necessária para atrair investidores nacionais e estrangeiros.

Esses avanços regulatórios abrem oportunidades importantes para o estado do Rio de Janeiro, que reúne condições favoráveis para se posicionar como protagonista no mercado de hidrogênio. O estado possui extensa infraestrutura energética instalada, portos estratégicos para exportação, capacidade industrial diversificada e um ecossistema robusto de pesquisa ligado às universidades e centros tecnológicos. Além disso, o Rio de Janeiro abriga refinarias, bases logísticas, parque de gás natural, potencial eólico, disponibilidade de biomassas e de hidrogênio natural que corroboram para a produção e consumo de hidrogênio no estado.

Apesar dessa estrutura promissora, o desenvolvimento do hidrogênio no Brasil ainda enfrenta limitações importantes. O país precisa avançar no **ambiente regulatório infralegal**, responsável por detalhar regras operacionais, padronizações técnicas, procedimentos de certificação e requisitos para outorga e fiscalização. Sem essa camada normativa, mesmo os marcos legais já aprovados ficam impossibilitados de produzir efeitos práticos, criando entraves

¹³ Conselho Nacional de Política Energética

¹⁴ Sistema Brasileiro de Certificação do Hidrogênio

à implementação de projetos e incertezas para investidores que demandam clareza e estabilidade no horizonte de longo prazo.

Além disso, persistem desafios críticos para consolidar o hidrogênio como combustível, vetor energético e insumo industrial competitivos na matriz energética brasileira. Faltam infraestrutura adequada, incluindo dutos dedicados, plantas de produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono em escala, sistemas de armazenamento e logística portuária especializada em hidrogênio. Os mecanismos de financiamento ainda são insuficientes para projetos de grande porte, que exigem CAPEX elevado e condições de crédito de longo prazo. A regulamentação secundária avança lentamente, ainda carecendo de definições sobre certificação, padronização técnica, modelos de incentivo econômico e regras de comercialização. Os **custos de produção** seguem altos em comparação aos combustíveis fósseis sem abatimento, exigindo previsibilidade regulatória e estabilidade institucional para atrair investimentos privados.

Há também desafios relacionados à **governança**, coordenação entre agências reguladoras e definição clara das **atribuições dos órgãos envolvidos**, evitando sobreposições e garantindo transparência nos processos autorizativos. Por fim, a construção de uma infraestrutura logística integrada, capaz de conectar polos de produção e consumo, é indispensável para dar escala ao mercado e reduzir custos marginais.

Em síntese, embora os marcos legais recentes representem avanços significativos e posicionem o Brasil, e especialmente o Rio de Janeiro, como potenciais líderes na produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono, o país ainda depende da consolidação de regulamentos infralegais, infraestrutura, mecanismos financeiros e coordenação regulatória para transformar esse potencial em realidade.

VI. Combustível marítimo: *biobunker* como alternativa para a descarbonização do mar

Panorama Geral

O *biobunker* surge como uma alternativa ao óleo bunker de origem fóssil com o objetivo de **reduzir o impacto ambiental do transporte marítimo**. Produzido a partir de matérias-primas renováveis, como óleos vegetais, gorduras animais e resíduos orgânicos, ele permite diminuir as emissões de gases de efeito estufa e de poluentes como enxofre, óxidos de nitrogênio e material particulado,

ajudando armadores e portos a cumprirem as metas de descarbonização e os limites de enxofre estabelecidos pela Organização Marítima Internacional - IMO.

Além de favorecer a transição para uma matriz energética mais limpa, o *biobunker* também contribui para a diversificação das fontes de abastecimento e para o fortalecimento da segurança energética, já que pode ser produzido com recursos regionais e usado em misturas graduais com o combustível tradicional, sem exigir grandes adaptações na frota existente.

A descarbonização do bunker gera impactos diretos no setor de óleo e gás. Esse movimento pressiona a cadeia produtiva a se adaptar às metas internacionais de redução de emissões, mas ao mesmo tempo cria uma oportunidade estratégica: utilizar os recursos obrigatórios oriundos da cláusula de PD&I, provenientes dos contratos assinados pelas empresas concessionárias nas rodadas de licitação de blocos exploratórios da ANP, para acelerar a criação e a viabilização tecnológica de novos combustíveis marítimos renováveis.

Dessa forma, a indústria de O&G não apenas responde às exigências ambientais, como também fortalece sua posição competitiva no mercado global de abastecimento de navios, diversificando sua atuação com soluções mais sustentáveis e alinhadas às demandas da transição energética.

Apesar de a ideia estar formada, sua implementação ainda está distante da realidade, já que a principal base de abastecimento da frota marítima continua fortemente consolidada no uso do HFO¹⁵. Assim como ocorre com todos os combustíveis de transição energética, a adoção efetiva do *biobunker* depende de um conjunto de medidas estruturantes, que envolvem desde avanços tecnológicos e investimentos em escala industrial até a criação de marcos regulatórios adequados, incentivos econômicos e a adaptação da infraestrutura logística e portuária necessária para viabilizar seu uso em larga escala.

Avaliação do uso do *biobunker* nos motores

A adoção de biocombustíveis em motores marítimos varia de acordo com os blends e com a regulação vigente. Em linhas gerais, motores mais novos suportam misturas mais elevadas — chegando até B100 — enquanto motores mais antigos costumam operar com segurança até B30. A própria ISO já contempla a possibilidade de uso de *biobunker* a 100%.

Em 2023, durante os testes realizados nas embarcações da Bunker One, um motor com mais de dez anos de uso foi autorizado a operar até B30. Embora os ensaios tenham sido conduzidos com B7, que era o limite então permitido pela

¹⁵ Óleo combustível pesado

ISO, já havia esse consenso técnico, com base na tabela do próprio fabricante, de que níveis superiores seriam viáveis.

Ainda cabe destacar fatores positivos adicionais em relação a adoção de biocombustíveis em misturas com o bunker composto por parcelas mais pesadas de óleo combustível, apresentando menor criticidade quanto à formação de borra.

No Rio de Janeiro, especialmente no setor *offshore*, prevalece o uso de diesel marítimo para deslocamentos, sobretudo em embarcações menores. Esses navios possuem sistemas mais sofisticados em alguns pontos e demandam um combustível mais “refinado”, o que justifica a preferência pelo diesel em vez do bunker tradicional.

HBO: apesar de também ser um biocombustível com propriedades próximas às do diesel, costuma não ser tão atrativo para o consumidor, pois já se assemelha muito ao diesel em suas características. Nesse cenário, a mistura só se tornaria interessante por motivos econômicos. Para os fornecedores, tampouco há grande vantagem em realizar blends, por seu custo mais elevado e sem ganhos ambientais proporcionais, ainda carece de atratividade comercial no segmento marítimo.

Em termos de futuro, existe a possibilidade – ainda distante – de misturas envolvendo metanol e etanol. No entanto, atualmente, quando falamos em blends no setor marítimo, referimo-nos principalmente à combinação de óleo combustível marítimo/bunker com biodiesel (de origem residual ou vegetal/animal, dependendo das exigências regulatórias) ou à mistura com o diesel marítimo.

Pontos para reflexão:

O que temos observado é que os motores e navios mais modernos já conseguem operar inclusive com B100. Isso demanda alguns ajustes específicos no motor e depende também da origem do biocombustível utilizado. Atualmente, existe certa resistência ao biodiesel de origem animal – especialmente o derivado de sebo bovino – devido ao maior potencial de formação de borra.

Na Europa, o biodiesel é predominantemente vegetal, enquanto no Brasil a mistura inclui parcela de origem animal, o que aumenta a tendência de borra. Quando o combustível permanece armazenado por longos períodos, sua queima é mais lenta e favorece a formação desses resíduos.

Um exemplo disso foi o teste realizado pela Bunker One em 2023: utilizou-se B7 pela primeira vez, com monitoramento horário. No final do primeiro dia, houve necessidade de troca do filtro; no segundo dia, porém, o problema não

se repetiu. Segundo os técnicos, isso indica que a adaptação do motor — aliada a cuidados operacionais e ajustes — tende a estabilizar o desempenho.

Por esse motivo, recomenda-se que a transição para misturas mais altas de biodiesel seja gradual (B10 → B15 → B20 e assim por diante), até alcançar percentuais superiores com segurança. A expectativa é que o setor se ajuste dentro da linha do tempo da agenda verde. Considerando que embarcações de cabotagem são ativos com vida útil de aproximadamente 20 anos, o biodiesel se apresenta hoje como a **alternativa de menor custo para o segmento**.

Sob a perspectiva de segurança energética nacional, o biodiesel também desempenha papel estratégico. Quando o preço do combustível fóssil se eleva, o país conta com uma alternativa interna em larga escala. Embora o biodiesel brasileiro acompanhe a dinâmica de preços da soja, ele é produzido em quantidades robustas, oferecendo maior previsibilidade e flexibilidade ao mercado.

Mesmo quando o biodiesel é de origem vegetal, há diferenças importantes que afetam a cadeia de suprimentos dentro da embarcação. Uma delas é o tempo de armazenamento: devido ao teor de água presente no biodiesel, ele não pode permanecer estocado por longos períodos nas mesmas condições do combustível fóssil. Espera-se, portanto, que os navios passem a abastecer em menores quantidades por percurso, o que impacta diretamente a infraestrutura de tancagem e abastecimento.

Não significa que o combustível não possa ser utilizado após um período maior, um mês por exemplo, mas o armazenamento passa a exigir cuidados adicionais, como testagens frequentes e garantia de que o produto está mantido em temperatura adequada para preservar sua qualidade. Em resumo, a operação continua viável, porém requer um protocolo mais rigoroso.

Além disso, o biodiesel apresenta menor densidade energética. O HBO, por sua vez, possui características energéticas mais próximas às do diesel. No entanto, nas proporções em que o HBO tem sido utilizado atualmente, seu impacto no desempenho e na logística ainda não é tão significativo.

Em síntese, a transição para combustíveis de menor intensidade carbônica no setor marítimo é possível e já encontra respaldo tecnológico, mas exige adaptações operacionais, ajustes regulatórios e revisão da infraestrutura logística. A adoção gradual de blends mais elevados, aliada ao monitoramento das condições de armazenamento e desempenho dos motores, permitirá que o setor avance de forma segura e economicamente viável.

Diante das metas globais de descarbonização e da necessidade de reforçar a segurança energética nacional, o biodiesel, em suas diferentes composições,

surge como uma alternativa estratégica, capaz de equilibrar custo, disponibilidade e impacto ambiental, tanto no curto quanto no médio prazo.

VII. Propostas do GT para o desenvolvimento de Novas Energias *Offshore* no Rio

A consolidação do Rio de Janeiro como referência nacional na economia azul e na transição energética exige a implementação de medidas que reduzam os entraves regulatórios e fortaleçam o ambiente de negócios voltado às energias renováveis *offshore*. Diante dos desafios identificados nos eixos de energia eólica *offshore*, hidrogênio e *biobunker*, este capítulo apresenta um conjunto de propostas estruturadas que visam criar condições favoráveis ao desenvolvimento desses segmentos, alinhando o avanço tecnológico, a segurança jurídica e a sustentabilidade ambiental.

As ações propostas buscam fortalecer a coordenação institucional entre as esferas federal e estadual, promover marcos regulatórios e incentivar a formação de uma cadeia produtiva local, capaz de atender às demandas do setor energético marítimo. Além disso, destacam-se iniciativas voltadas à capacitação profissional, à integração entre pesquisa, indústria e governo, e ao estímulo a investimentos privados em infraestrutura e inovação.

Mais do que responder a desafios pontuais, as propostas aqui reunidas têm o objetivo de orientar o planejamento estratégico do estado em direção a uma economia marinha sustentável, competitiva e alinhada às metas globais de descarbonização. Trata-se de um passo essencial para transformar o potencial energético do litoral fluminense em oportunidades concretas de crescimento econômico e geração de valor para o Rio de Janeiro.

Propostas para o Avanço das Energias Renováveis *Offshore* no Rio de Janeiro

A seguir são apresentadas as principais propostas para impulsionar o desenvolvimento dos segmentos de **energia eólica *offshore*, hidrogênio de baixo carbono e biocombustíveis marítimos**, estruturadas nos quatro pilares:

a. Regulação

A criação de um ambiente regulatório claro e integrado é condição essencial para o avanço das novas fontes de energia. No âmbito federal, **os marcos legais da energia *offshore* e do hidrogênio de baixa emissão de carbono já foram**

instituídos, representando avanços importantes. Contudo, o setor ainda carece de **regulamentações específicas**, responsáveis por detalhar diretrizes de implementação, regras operacionais, procedimentos de licenciamento e requisitos técnicos. No caso da energia eólica offshore, são necessárias normas claras sobre critérios de cessão de áreas, cronogramas de oferta, diretrizes ambientais e exigências de monitoramento. Para o hidrogênio de baixa emissão de carbono, faltam regulamentações relativas à produção, transporte, uso, segurança operacional e certificação – especialmente no que diz respeito aos padrões e metodologias de medição de emissões, dentre outros.

No âmbito estadual, permanece fundamental o desenvolvimento de um **arcabouço regulatório complementar**, capaz de alinhar as normas federais à realidade local e oferecer maior segurança jurídica aos investidores. Recomenda-se, para isso, a criação de um **comitê intersecretarial** ou de uma **instância estadual integrando as secretarias de Energia, Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico e Fazenda** para assuntos ligados à economia azul. Essa estrutura funcionaria como ponto único de contato para empreendedores, favorecendo a coordenação entre órgãos e reduzindo o tempo de análise de projetos e de procedimentos de licenciamento.

Além disso, tanto o governo federal quanto o estadual devem fortalecer os órgãos ambientais, garantindo celeridade e previsibilidade na análise dos empreendimentos, sem comprometer a proteção dos ecossistemas marinhos e costeiros. No caso específico do Rio de Janeiro, torna-se essencial aprimorar o papel do INEA no licenciamento das estruturas em terra – como linhas de transmissão, subestações, bases de apoio e dutos – associadas aos projetos offshore, assegurando alinhamento entre as etapas marítimas e terrestres.

Ainda no âmbito da regulação federal, mostra-se necessário avaliar quais medidas atualmente aplicáveis à exploração de recursos naturais offshore devem ser estendidas aos novos mercados, em especial ao de geração de energia eólica offshore. A título de exemplo, cita-se a inovação regulatória que permitiu o afretamento por tempo de embarcações de apoio marítimo por empresas petroleiras não constituídas como EBNs, autorizada pela ANTAQ em 2021, a qual resultou em economia significativa em razão da não incidência de ISS sobre esse tipo de contrato, que, na ausência dessa previsão, seria substituído por contratos de prestação de serviços, mais onerosos sob o ponto de vista tributário. A mesma lógica econômica e regulatória que fundamentou tal medida aplica-se, em princípio, às atividades de eólicas offshore, de modo que se revela pertinente o estudo da inclusão expressa desses empreendimentos nas revisões da Resolução Normativa nº 01/2015 e da Resolução nº 1.811-ANTAQ, de 2010.

Por fim, destaca-se a importância de o estado avançar na estruturação de um **marco regulatório local para o hidrogênio**, que dialogue com as normas federais já vigentes e vindouras, e ofereça incentivos objetivos para instalação de plantas industriais, infraestrutura logística e projetos-piloto. Esse instrumento deve incluir critérios técnicos, ambientais e de certificação alinhados à regulação nacional e a melhores práticas internacionais, fortalecendo a competitividade do Rio de Janeiro na economia de baixo carbono. A consolidação de um ambiente regulatório previsível e competitivo permitirá transformar o potencial energético do litoral fluminense em um vetor efetivo de crescimento sustentável e de geração de valor no contexto da economia azul.

b. Atração de Investimentos

O desenvolvimento dos setores *offshore* requer **mecanismos de estímulo econômico**, que reduzam riscos e assegurem a viabilidade financeira dos projetos.

No **nível federal**, recomenda-se a criação de **leilões dedicados e mecanismos de viabilidade econômica** (como contratos de preço fixo ou garantias de receita), além de **linhas de crédito competitivas e incentivos fiscais** à importação de equipamentos e tecnologias. A **aprovação e fortalecimento das Zonas de Processamento de Exportação (ZPEs)**, especialmente no **Porto do Açu**, é outro ponto estratégico para consolidar o estado como polo logístico e produtivo.

No **âmbito estadual**, as propostas devem considerar as limitações do Regime de Recuperação Fiscal. Assim, recomenda-se a adoção de **mecanismos compatíveis com o equilíbrio fiscal**, como o **diferimento de ICMS**, o **enquadramento em regimes especiais já existentes** e a **isenção do ICMS sobre energia elétrica utilizada na produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono**, de acordo com a definição do Programa Nacional do Hidrogênio.

Além dos incentivos fiscais, o estado pode atuar por meio de **incentivos não econômicos**, como a **desburocratização**, o **planejamento de longo prazo** e a **criação de hubs de negócios e inovação**. Também é essencial que o governo estadual mantenha **articulação direta com o governo federal** para garantir prioridade ao Rio de Janeiro nas futuras rodadas de cessão de áreas marítimas e projetos-piloto.

A combinação de **regulação mais transparente, instrumentos financeiros adequados e infraestrutura portuária adequada** é determinante para atrair investimentos de grande porte e consolidar o estado como protagonista da transição energética brasileira.

c. Capacitação Profissional

A formação de capital humano é um dos pilares da economia azul e um diferencial competitivo para o Rio de Janeiro. No plano federal, políticas de educação técnica e superior voltadas às energias renováveis devem ser ampliadas, com incentivos a programas de P,D&I e à integração entre universidades, centros de pesquisa e empresas.

No nível estadual, destaca-se o conjunto de iniciativas que a SEENEMAR já vem implementando para fortalecer a qualificação profissional voltada à economia do mar. Entre elas, o programa **Empregos Azuis - Um Mar de Oportunidades**, que oferece cursos técnico-profissionalizantes gratuitos em áreas estratégicas como operação portuária, logística, indústria naval, energia offshore, manutenção e segurança marítima. As formações incluem capacitações como movimentação de cargas, montagem de andaimes, pintura industrial, soldagem, elétrica naval, mecânica a diesel e cursos específicos para a carreira marítima, como marinheiro de convés e de máquinas. Os cursos são ofertados em parceria com municípios litorâneos e instituições de ensino especializadas, ampliando o acesso à qualificação para diferentes regiões do estado.

Além da formação técnica, a secretaria também vem atuando na formação cultural, científica e esportiva de jovens por meio do programa **Jovens do Mar**, desenvolvido em parceria com a Marinha do Brasil. A iniciativa oferece experiências integradas que incluem visitas a instituições do patrimônio naval, aulas práticas de biologia marinha e navegação a bordo de navio-laboratório, além de atividades náuticas como remo e vela. O programa reforça a construção de uma mentalidade marítima entre estudantes da rede pública, aproximando a juventude das vocações econômicas do litoral fluminense e estimulando carreiras ligadas à economia azul.

Essas ações se somam às oportunidades de cooperação com instituições como UFRJ, SENAI, ABH2 e outras organizações técnicas, que podem expandir a formação profissional ligada à operação, manutenção e regulação de tecnologias offshore, hidrogênio e biocombustíveis. O estado possui ainda a vantagem competitiva de sua expertise acumulada na indústria de petróleo e gás, que pode ser utilizada para requalificar trabalhadores e transferir conhecimento para novos setores da transição energética.

Para avançar, é fundamental ampliar o alcance dessas iniciativas, fortalecendo mecanismos de certificação profissional, criando trilhas formativas contínuas e ampliando a oferta de cursos em regiões hoje menos atendidas. Também é essencial promover a capacitação de servidores públicos das áreas de licenciamento, planejamento e regulação, aumentando a capacidade institucional diante de projetos cada vez mais complexos. A criação de bolsas de estudo, programas de pós-graduação especializados e intercâmbios técnicos com centros de excelência nacionais e internacionais contribuiria para

consolidar o Rio de Janeiro como referência nacional em formação voltada à economia azul.

Assim, combinando os programas já em execução com estratégias de qualificação avançada, o estado tem condições de estruturar uma política robusta de desenvolvimento de capital humano, capaz de sustentar a expansão da economia do mar e gerar empregos de qualidade para as próximas décadas.

d. Cadeia de Fornecedores

O fortalecimento da cadeia produtiva é essencial para garantir competitividade e maximizar os benefícios locais da transição energética. Em âmbito **federal**, políticas de **conteúdo local progressivo** e **apoio à indústria nacional** devem ser equilibradas de modo a fortalecer fornecedores brasileiros sem comprometer a viabilidade econômica dos projetos. O governo pode coordenar o **planejamento portuário e logístico**, assegurando que os principais terminais, como o **Porto do Açu**, estejam preparados para atender às demandas específicas de montagem e transporte de equipamentos *offshore*.

No **nível estadual**, é necessário um **mapeamento detalhado da cadeia de suprimentos**, identificando os elos que podem ser fortalecidos por meio de parcerias com empresas e instituições internacionais. O estado deve estimular a **instalação de fabricantes e prestadores de serviços** relacionados às energias renováveis, fomentando a **geração de empregos e o desenvolvimento industrial local**.

Também se destaca a importância de **infraestruturas adequadas**, como portos, estradas, redes elétricas e gasodutos, e da **integração entre cadeias produtivas**, promovendo sinergias entre os setores de energia, logística, metalmecânico e naval.

Por fim, o governo estadual deve atuar como **facilitador do diálogo entre os diferentes stakeholders**, garantindo transparência, previsibilidade e engajamento social no desenvolvimento da economia azul fluminense.

VIII. Radar de eventos

Como uma das ações propostas no âmbito deste GT, o mapeamento de eventos de relevância no mercado energético, pode contribuir para um melhor acompanhamento do Estado e dos participantes deste grupo, acerca das atualizações do mercado em termos de regulação, tecnologias e tendências. A seguir listaremos alguns dos principais:

Eventos Internacionais:

Ocean Business 2025

Periodicidade: Bienal

Data: 8 a 10 de abril de 2027

Local: Southampton, Reino Unido
(presencial)

Oceanology International 2026

Periodicidade: Bienal

Data: 10 a 12 de março de 2026

Local: Londres, Reino Unido

Offshore Wind Conference 2025

Data: 27 e 28 de maio de 2025

Local: Dublin, Irlanda (presencial)

OTC Houston (Offshore Technology Conference) 2026

Periodicidade: Anual

Data: 4 a 7 de maio de 2026

Local: Houston, EUA (presencial)

RenewablesUK - Floating Offshore Wind 2026

Periodicidade: Anual

Data: 07 de outubro de 2026

Local: Aberdeen, Escócia (online e
presencial)

RenewablesUK - Global Offshore Wind 2026

Periodicidade: Anual

Data: 16 e 17 de junho de 2026

Local: Manchester, Reino Unido
(online e presencial)

RenewablesUK - Onshore Wind Conference 2026

Periodicidade: Anual

Data: 01 de setembro de 2026

Local: Edimburgo, Escócia
(presencial)

RenewablesUK - Smart Energy 2026

Periodicidade: Anual

Data: 26 de março de 2026

Local: Belfast, Irlanda do Norte
(presencial)

WindEurope - WindEurope Annual Event 2026

Periodicidade: Anual

Data: 21 a 23 de abril de 2026

Local: Madrid, Espanha (presencial)

WindEurope - Wind Energy Hamburg 2026

Periodicidade: Bienal

Data: 22 a 25 de setembro de 2026

Local: Hamburgo, Alemanha

Eventos Nacionais:

Congresso Brasileiro do Hidrogênio 2025

Periodicidade: Bienal

Data: 21 a 24 de outubro de 2025
(4ª edição)

Local: CICB, Brasília

Brazil Energy Conference 2025

Data: 04 a 07 de junho de 2025

Local: Rio de Janeiro, RJ

Brazil Offshore Wind & Power-to-X 2025

Periodicidade: Anual

Data: 26 a 28 de maio de 2025

Local: Natal, RN

Brazil Offshore Wind Summit 2025

Data: 10 de junho de 2025

Local: Rio de Janeiro, RJ

Brazil Windpower (BWP)

Periodicidade: Anual

Data: 28 a 30 de outubro

Local: São Paulo, SP

Hyvolution 2026

Periodicidade: Anual

Data: 16 e 17 de junho de 2026

Local: São Paulo, SP

Macaé Energy 2026

Data: 17 a 19 de março de 2026

Local: Macaé, RJ

IBEM - Integrando Energias Brasil

Data: 24 a 26 de março de 2026

Local: São Paulo, SP

OTC Brasil 2025

Periodicidade: Bienal

Data: 28 a 30 de outubro

Local: Rio de Janeiro, RJ

Proenergia Summit 2026

Periodicidade: Anual

Data: 23 e 24 de setembro de 2026

Local: Fortaleza, CE

Rio+Agro 2025

Periodicidade: Anual

Data: 1 a 3 de outubro de 2025

Local: Rio Centro, RJ

ROG-e 2026

Periodicidade: Bienal

Data: 21 a 24 de setembro de 2026

Local: Rio Centro, RJ

Wind of Change 2025

Periodicidade: Anual

Data: 2 e 3 de abril de 2025

Local: Porto Alegre, RS



Secretaria de
Energia e Economia
do Mar



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

