REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

PROPOSTA DE CRITÉRIOS PARA AVALIAR TERMELÉTRICAS FLUTUANTES A GNL NO BRASIL: O CASO DA BAÍA DE SEPETIBA

PROPOSED CRITERIA FOR ASSESSING LNG-FIRED FLOATING POWER PLANTS IN BRAZIL: THE CASE OF SEPETIBA BAY

Engenharias, Ciências Sociais Aplicadas • 12/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794286168

Marta Deise de Freitas Araújo[1]

Edmilson Monteiro de Souza[2]

Marcelo Musci[3]

RESUMO

As termelétricas flutuantes a gás natural liquefeito (GNL), ou *powerships*, são navios que geram eletricidade e a entregam a uma subestação em terra. Como dependem de combustível importado e ocupam áreas costeiras, sua contribuição à segurança energética deve ser avaliada com seus efeitos ambientais. Este artigo acompanha a trajetória das quatro *powerships* instaladas na Baía de Sepetiba (RJ), que somam 560 MW de potência contratada em 2021, para propor critérios de avaliação dessa tecnologia. O trabalho combina revisão narrativa e análise documental de publicações de 2022 a 2026: artigos científicos, balanços oficiais, documentos do Tribunal de Contas da União e reportagens especializadas. A contratação foi uma resposta à crise hídrica de 2021. A primeira usina, porém, só operou comercialmente após o prazo-limite, com os reservatórios já recuperados, e o caso gerou disputas judiciais, regulatórias e ambientais até um acordo que reduziu a geração obrigatória e a remuneração fixa. A literatura indica que as emissões da cadeia do GNL e as da queima devem ser separadas, e que riscos possíveis ao ambiente costeiro não se confundem com danos comprovados. O principal resultado é uma matriz com sete dimensões (serviço elétrico, prontidão, custo, combustível, clima e ar, ambiente costeiro e saúde, governança), proposta para orientar futuras contratações. No caso examinado, a mobilidade da usina não garantiu o cumprimento dos prazos; custo comparativo e adequação ambiental dependem de avaliações específicas.

Palavras-chave: powership; gás natural liquefeito; segurança energética; licenciamento ambiental; Baía de Sepetiba.

ABSTRACT

Floating power plants fuelled by liquefied natural gas (LNG), or powerships, are vessels that generate electricity and deliver it to an

onshore substation. As they rely on imported fuel and occupy coastal areas, their contribution to energy security must be assessed with their environmental effects. This article follows the trajectory of the four powerships installed in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, with 560 MW of capacity contracted in 2021, to propose criteria for assessing this technology. It combines a narrative review and document analysis of publications from 2022 to 2026: scientific papers, official balances, Federal Court of Accounts documents and specialised press reports. The procurement was a response to the 2021 water crisis. The first plant, however, only began commercial operation after the deadline, with reservoirs already recovered, and the case led to judicial, regulatory and environmental disputes until a settlement that reduced the must-run obligation and the fixed remuneration. The literature indicates that supply-chain and combustion emissions must be separated, and that possible risks to the coastal environment should not be confused with proven damage. The main result is a seven-dimension matrix (electricity service, readiness, cost, fuel, climate and air, coastal environment and health, governance) proposed to guide future procurement. In the case examined, plant mobility did not ensure that deadlines were met; comparative cost and environmental suitability depend on specific assessments.
Keywords: powership; liquefied natural gas; energy security; environmental licensing; Sepetiba Bay.

1. INTRODUÇÃO

Instalar uma usina termelétrica sobre um navio ou uma barcaça já não é solução reservada a países com falta crônica de eletricidade. Marais, Akker e Wiedinmyer (2022) registram que a capacidade mundial dessas unidades, as *powerships*, cresceu de 0,1 GW para 2,6

GW, com outros 4,4 GW em construção na época do estudo. A principal empresa do setor, a turca Karpowership (KPS), informava em 2025 operar mais de 50 embarcações, com cerca de 10 GW, e atuar no Brasil, no Equador, na Guiana, na República Dominicana e em Cuba (Vasconcelos, 2025). A tecnologia costuma ser apresentada como resposta rápida a falhas de suprimento. Avaliá-la, entretanto, exige olhar também para a origem do combustível, para a ligação com a rede e para o ambiente costeiro onde o navio fica ancorado.

No Brasil, o debate acontece em um sistema elétrico muito renovável e bastante dependente das chuvas. Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2026, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com dados de 2025, 86,8% da eletricidade ofertada no país veio de fontes renováveis; a hidráulica respondeu por 51,2% e o gás natural por 7,5%. Naquele ano, a geração a gás cresceu 22,7% e a hidráulica caiu 4,8% (EPE, 2026). Em 2021, a seca derrubou a participação renovável para 78,1%, enquanto a geração a gás aumentou 46,2% em relação ao ano anterior (EPE, 2022). Foi nesse cenário que o governo federal realizou, em outubro de 2021, o Procedimento Competitivo Simplificado (PCS), um leilão emergencial. A KPS venceu a disputa para fornecer energia por meio de quatro usinas flutuantes a GNL, com 560 MW de potência contratada, ancoradas na Baía de Sepetiba, a cerca de 3 km do litoral de Itaguaí (RJ) (Demarest, 2021; Vasconcelos, 2025).

O caso permite examinar em conjunto temas que costumam ser tratados separadamente: contratação emergencial, licenciamento ambiental, regulação e controle externo. Em poucos anos, houve pedido de dispensa de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) na esfera estadual, suspensão judicial, revogação de outorgas pela Agência Nacional de Energia

Elétrica (ANEEL), acordo no Tribunal de Contas da União (TCU) e, em 2026, a participação da empresa em um novo leilão de capacidade (Rio de Janeiro, 2022; Guerra, 2022; TCU, 2023a; Cescon Barrieu, 2026). A baía, por sua vez, carrega um passivo ambiental antigo, ligado à metalurgia de zinco e à atividade portuária (Kütter *et al.*, 2025), e abriga pescadores artesanais que, segundo reportagem republicada pelo Instituto Humanitas Unisinos (IHU), relataram prejuízos depois da chegada dos navios (IHU, 2022).

A pergunta que orienta o trabalho é a seguinte: que critérios técnicos, econômicos, ambientais e de governança devem guiar a avaliação de termelétricas flutuantes a GNL como instrumento de segurança energética no Brasil, considerando o que aconteceu em Sepetiba? O objetivo é reunir a evidência pública disponível entre 2021 e 2026 sobre o caso e sobre a tecnologia, interpretá-la à luz da literatura e, com base nela, propor uma matriz de critérios para futuras contratações. O artigo não estima emissões locais, não mede danos ambientais e não avalia a situação jurídica atual do empreendimento. Procura, antes, deixar claro o que as fontes permitem afirmar e o que ainda depende de dados.

O tema ganhou atualidade com a retomada da contratação de usinas térmicas. Em 18 de março de 2026, o segundo Leilão de Reserva de Capacidade (LRCAP) do ano contratou cerca de 19 GW, a maior parte em usinas a gás natural (Campos Jr.; Carregosa; Wanzeller, 2026; Cescon Barrieu, 2026). Decisões desse porte ganham muito quando aproveitam a experiência de contratações anteriores. Depois desta introdução, o artigo apresenta a fundamentação teórica, a metodologia, os resultados com a discussão e, por fim, as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Powerships e a Cadeia do Gás Natural Liquefeito

Uma termelétrica flutuante gera eletricidade em motores ou turbinas montados sobre um casco e envia essa energia a uma subestação em terra. O que a define é o lugar onde a geração acontece. A simples presença de navios na cadeia de abastecimento não basta para classificar um projeto como flutuante. Uma unidade flutuante de armazenamento e regaseificação (*floating storage and regasification unit*, FSRU), por exemplo, devolve o gás ao estado gasoso para uso posterior, e a usina que consome esse gás pode muito bem estar em terra (Manos *et al.*, 2023). O Quadro 1 resume essas diferenças.

Quadro 1. Funções distintas na infraestrutura associada ao GNL

Elemento	Função	Informação necessária para classificação
Termelétrica flutuante (*powership*)	Gera eletricidade a bordo	Localização dos geradores, ponto de conexão e regime de despacho
FSRU	Armazena GNL e o regaseifica	Destino do gás regaseificado e capacidade de envio
Navio transportador de GNL	Transporta o combustível	Origem da carga e cadeia de suprimento
Usina em terra abastecida por terminal flutuante	Gera eletricidade em terra	Localização da geração, independentemente do terminal

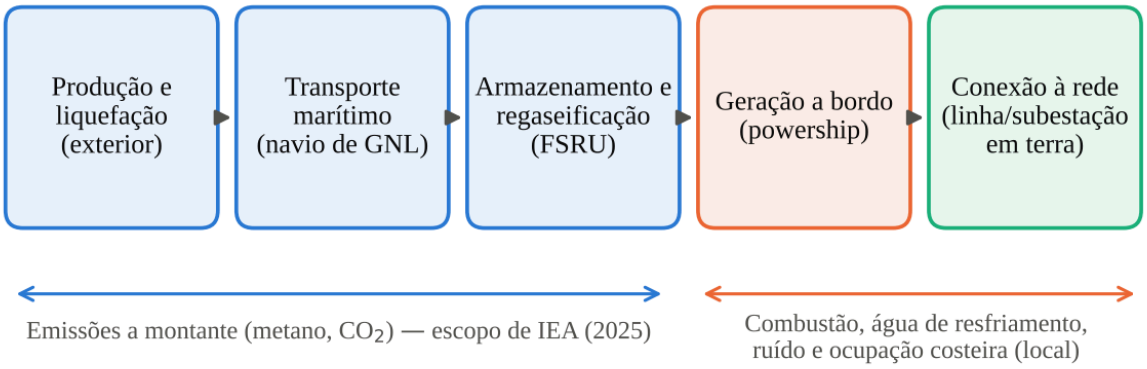
Fonte: elaboração dos autores com base em Manos *et al.* (2023).

O GNL é uma forma de transportar e armazenar gás natural; ele não acrescenta uma nova fonte de energia. A cadeia completa começa na produção e na liquefação no país exportador, passa pelo transporte marítimo, pelo armazenamento e pela regaseificação e termina na geração e na transmissão (Figura 1, elaborada com base em análise da Agência Internacional de Energia, IEA, na sigla em inglês). Cada etapa tem emissões, riscos e responsáveis próprios, e uma avaliação que olhe só para a chaminé da usina deixa de fora boa parte dos efeitos. Manos *et al.* (2023) estudaram a conversão de um navio de transporte de GNL em usina flutuante e mostraram que adaptação naval, capacidade elétrica e condições comerciais precisam ser analisadas juntas. Yuksel *et al.* (2024) compararam combustíveis e sistemas alternativos em uma usina flutuante de referência e concluíram que o resultado muda bastante conforme as opções, os horizontes de tempo e os critérios escolhidos.

A expansão dos terminais de importação tornou essa cadeia mais presente no país. Segundo a U.S. Energy Information Administration (EIA), agência oficial de estatísticas energéticas dos Estados Unidos (sigla que, neste artigo, não se confunde com o EIA do licenciamento ambiental), a capacidade brasileira de regaseificação passou de 2,5 bilhões de pés cúbicos por dia (Bcf/d) em 2020 para 5,1 Bcf/d em agosto de 2025. Três terminais entraram em operação em 2024 e um quarto, em Suape, estava previsto para 2026. Os Estados Unidos forneceram 72% do GNL importado pelo Brasil em 2024 (EIA, 2025). A mesma fonte inclui um terminal na Baía de Sepetiba, com 0,36 Bcf/d, entre os cinco que já operavam antes de 2024.

Figura 1. Etapas da cadeia de uma *powership* a GNL e fronteiras de avaliação

Cadeia física: cada etapa exige informação e avaliação próprias



Fonte: elaboração dos autores com base em IEA (2025), Leng *et al.* (2024) e Manos *et al.* (2023).

2.2. Segurança Energética, Flexibilidade e o Sistema Elétrico Brasileiro

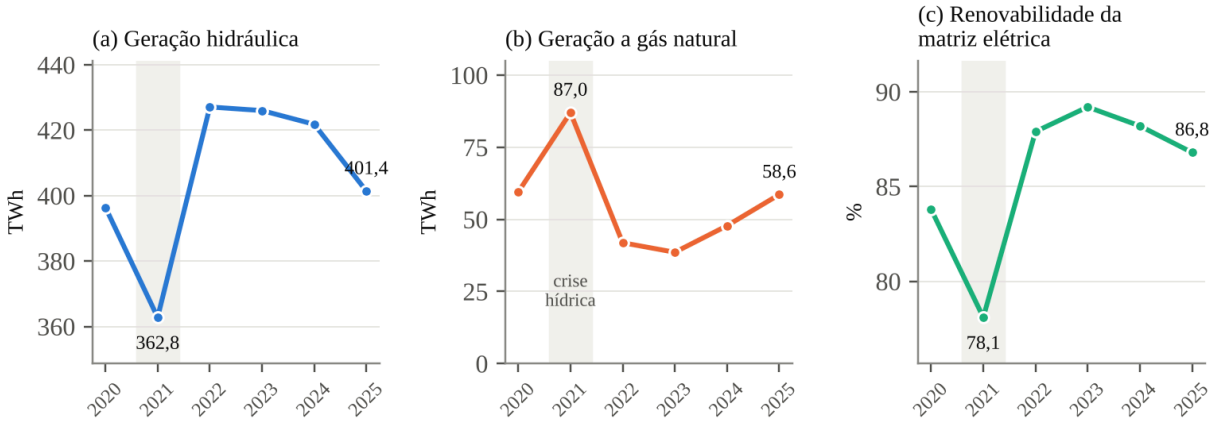
Neste trabalho, segurança energética significa conseguir atender a uma necessidade de suprimento em um prazo, em um local e com uma disponibilidade definidos. Essa definição ajuda a separar coisas que muitas vezes se confundem: poder deslocar o navio, conseguir implantar a usina rapidamente e efetivamente entregar o serviço elétrico. Atender a demanda de forma contínua, cobrir o horário de pico, servir de reserva ou compensar um ano seco são serviços diferentes. Comparar alternativas apenas pela potência instalada esconde por quanto tempo a energia é necessária, quanto dela é de fato entregue e quais limites a rede impõe.

A IEA lembra que o avanço das fontes solar e eólica exige um sistema mais flexível, e essa flexibilidade pode vir de redes, armazenamento, gestão da demanda e usinas controláveis (IEA, 2024). No Brasil, a incerteza das chuvas se soma à variação dessas fontes. A Figura 2 mostra como a matriz elétrica reagiu entre 2020 e 2025. Em 2021, a geração hidráulica caiu para 362,8 TWh, a geração a gás subiu para 87,0 TWh e a participação renovável recuou para

78,1%. No ano seguinte, com os reservatórios recuperados, a geração a gás voltou a 41,9 TWh (EPE, 2022; 2024; 2026).

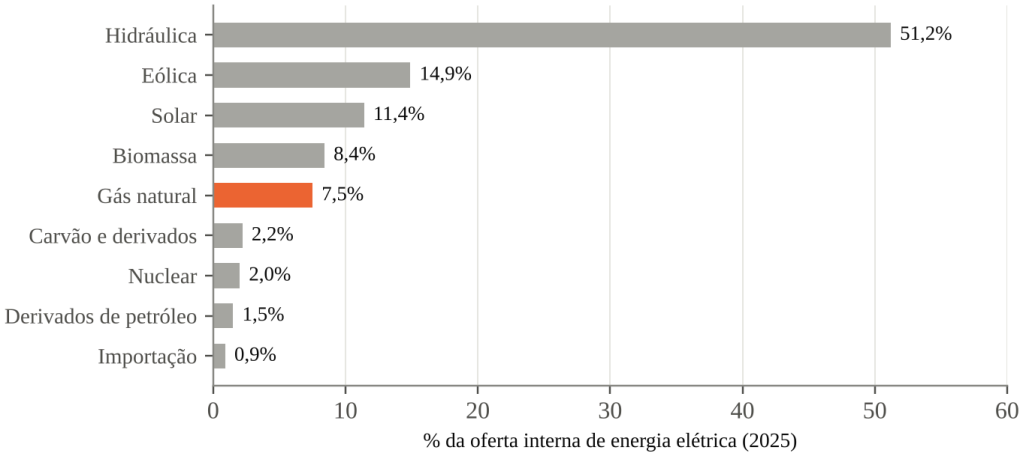
A dependência das chuvas continua. A EIA (2025) informa que as hidrelétricas produziram 56% da eletricidade brasileira em 2024 e que reservatórios de regiões importantes chegaram a 29% da capacidade naquele ano. A agência observa que as térmicas a gás, muitas vezes ligadas a terminais de GNL, aumentam a produção nos períodos secos. Em 2025, a hidráulica respondeu por 51,2% da oferta de eletricidade, enquanto eólica e solar somaram 26,3% (Figura 3).

Figura 2. Geração hidráulica, geração a gás natural e renovabilidade da matriz elétrica brasileira, 2020–2025



Fonte: elaboração dos autores com dados de EPE (2022; 2024; 2026). Nota: cada par de anos foi extraído da edição mais recente do BEN que o apresenta; edições posteriores podem revisar valores. A faixa sombreada indica a crise hídrica de 2021.

Figura 3. Oferta interna de energia elétrica por fonte no Brasil, 2025



Fonte: elaboração dos autores com dados de EPE (2026).

Esses números levam a uma conclusão simples: a necessidade de usinas controláveis é real nos anos secos, mas muda com o tempo. Por isso, uma contratação pensada para uma restrição passageira deveria dizer claramente qual evento justifica a disponibilidade, por quanto tempo ela será necessária e como será revista. Do contrário, a usina pode continuar sendo paga com base em condições que já deixaram de existir.

2.3. Fronteiras da Avaliação Ambiental

A avaliação ambiental de uma *powership* tem duas frentes que se completam. A primeira acompanha o caminho do combustível. A IEA estima que as cadeias de fornecimento de GNL emitem cerca de 350 Mt de CO_2 equivalente por ano; perto de 70% desse total é CO_2 e cerca de 30% é metano que escapa sem queimar. O GNL entregue tem intensidade média um pouco abaixo de 20 g CO_2e/MJ, contra 12 g CO_2e/MJ para o gás natural em geral, e as tecnologias já disponíveis permitiriam cortar essas emissões em mais de 60% (IEA, 2025). Esses valores são os da divulgação de 2025 da análise. O *Global Methane Tracker 2026* estima que, em 2025, o petróleo respondeu por 45 Mt de metano, o carvão por 43 Mt e o gás natural por 36 Mt, e que cerca de 70% do metano dos combustíveis fósseis poderia ser evitado com tecnologia existente. O relatório alerta,

ainda, que a qualidade dos dados varia muito de um país para outro (IEA, 2026).

A segunda frente olha para o local onde a usina opera: emissões para o ar, ruído, iluminação, ocupação da água e trocas com o mar, como a captação e a devolução da água de resfriamento. Leng *et al.* (2024) fizeram uma revisão sistemática que partiu de 615 artigos e incluiu 58. Os autores concluíram que a água aquecida devolvida ao mar costuma reduzir a diversidade e a quantidade de organismos que vivem no fundo, e que o cloro usado contra incrustações pode agravar esse efeito. A revisão também mostra que há poucos estudos sobre descargas de água fria. Uma conclusão sobre uma dessas frentes não substitui a análise da outra, e o fato de a literatura descrever um mecanismo não prova que ele ocorra, nem com que intensidade, em um lugar específico.

3. METODOLOGIA

A pesquisa tem abordagem qualitativa e combina revisão narrativa da literatura com análise documental do caso das *powerships* da Baía de Sepetiba. A unidade de análise é o conjunto dos quatro empreendimentos e seu percurso contratual, regulatório, judicial e operacional entre 2021 e 2026. As buscas foram feitas em um buscador geral da web e completadas com consultas diretas aos portais da EPE, da IEA, da EIA, do TCU e dos periódicos científicos; a última consulta ocorreu em 3 de novembro de 2026. Deu-se preferência a documentos de 2022 a 2026, em português ou inglês, publicados em periódicos, repositórios acadêmicos, portais oficiais e veículos especializados em energia. O levantamento não tem pretensão de ser sistemático nem exaustivo.

Entre as combinações de termos usadas estão: “Karpowership Sepetiba usinas flutuantes TCU acordo”; “Procedimento Competitivo Simplificado 2021 ANEEL resultado”; “powerships Karpowership environmental impact study 2023 2024 2025”; “Baía de Sepetiba termelétricas flutuantes impactos pesca”; “LRCAP 2026 leilão de reserva de capacidade resultado”; “Balanço Energético Nacional ano-base 2021 geração gás natural”; “Assessing emissions from LNG supply”; “thermal cold discharge power plants marine benthos systematic review”; e “Sepetiba Bay heavy metals sediments”. Os resultados foram triados pelo título, pela fonte e pela data e depois lidos. Entraram no corpus os documentos ligados diretamente a pelo menos um destes temas: tecnologia; funcionamento do sistema elétrico; emissões da usina ou da cadeia do GNL; efeitos de descargas no mar; ambiente de Sepetiba; contratação, regulação e controle do caso. Ficaram de fora textos sem autoria identificável e estimativas comerciais sem método acessível. Reportagens e materiais de empresas serviram apenas para registrar fatos datados, como decisões, prazos e declarações, sempre com a fonte indicada. Quando a mesma informação aparecia em vários veículos, ficou a fonte mais completa ou mais próxima da origem, e reproduções não foram contadas como confirmações independentes; republicações foram identificadas quando possível. A profundidade da leitura variou. Foram lidos na íntegra os balanços da EPE, a nota da EIA, os documentos do TCU, as reportagens e os artigos de Leng *et al.* (2024) e Kütter *et al.* (2025). De Marais, Akker e Wiedinmyer (2022), Manos *et al.* (2023) e Yuksel *et al.* (2024), foram lidos o resumo e os metadados. Dos relatórios da IEA, foi consultada a página ou o comunicado oficial, com exceção do *Global Methane Tracker 2026*, lido em PDF.

O corpus final tem 29 documentos, distribuídos conforme a Tabela 1 e listados um a um no Apêndice A, com o tipo, a informação aproveitada e a seção em que cada um aparece. Os números foram copiados das fontes e transformados em gráficos pelos autores. Os únicos cálculos feitos foram descritivos (proporções, diferenças e conversões de unidade), sem modelagem nem projeção. Quando as fontes divergiam, a diferença é apontada no texto. O material foi organizado em seis eixos: a contratação; o percurso regulatório e judicial; custos e controle; infraestrutura de suprimento; emissões; e ambiente costeiro. A matriz de critérios (Quadro 2) foi montada em três passos. Primeiro, em cada eixo, anotaram-se os problemas e as lacunas de informação apontados pelos documentos. Depois, essas anotações foram transformadas em perguntas de avaliação e agrupadas pelo assunto a que se referiam. Por fim, cada dimensão foi ligada à evidência necessária para respondê-la e a pelo menos um episódio documentado do caso. Cinco eixos deram origem a uma dimensão cada. O eixo do percurso regulatório e judicial deu origem a duas, porque reunia questões de natureza diferente: a prontidão, ligada ao cronograma de entrada em operação, e a governança, ligada ao licenciamento e à participação social. A matriz é uma proposta analítica dos autores, sem pesos e sem validação empírica.

Tabela 1. Composição do corpus documental

Tipo de fonte	Quantidade	Exemplos
Artigos científicos revisados por pares	5	Marais, Akker e Wiedinmyer (2022); Manos *et al.* (2023); Leng *et al.* (2024); Kütter *et al.* (2025)

Dissertação acadêmica	1	Felicissimo (2024)
Relatórios, balanços e comunicados oficiais	7	EPE (2022; 2024; 2026); EIA (2025); IEA (2024; 2025; 2026)
Documentos de órgãos públicos brasileiros	4	Rio de Janeiro (2022); TCU (2023a; 2023b; 2023c)
Análises jurídicas e setoriais	2	Demarest (2021); Cescon Barrieu (2026)
Imprensa especializada e registros datados	10	Eixos (2022; 2023); Guerra (2022); Vasconcelos (2025); Campos Jr., Carregosa e Wanzeller (2026); Arnoldi (2023)
Total	**29**	

Fonte: elaboração dos autores.

Vale delimitar o alcance do trabalho. Não foram feitas entrevistas, medições de campo, inventário de emissões, simulações de despacho ou modelagem do comportamento da água na baía. O caso é tratado como um registro documental situado no tempo, e não como estudo de impacto ambiental ou auditoria de conformidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. A Contratação Emergencial de 2021

O PCS de 25 de outubro de 2021 seguiu a Portaria Normativa nº 24/GM/MME/2021, do Gabinete do Ministro de Minas e Energia (MME), e contratou 17 empreendimentos, somando 1.220,8 MW. Na

modalidade por quantidade, três projetos de biomassa (cavaco de madeira) e solar fotovoltaica somaram 43 MW, ao preço médio de R$ 343,22/MWh. Na modalidade por disponibilidade, 14 térmicas a gás natural somaram 1.177,8 MW, ao preço médio de R$ 1.599,47/MWh (Demarest, 2021). As quatro usinas da KPS (Karkey 013, Karkey 019, Porsud I e Porsud II) ficaram com 560 MW, o equivalente a 45,9% de toda a potência contratada e a 47,5% da potência a gás (Tabela 2 e Figura 4).

O TCU (2023a) associa o leilão às dificuldades de suprimento previstas para 2022 a 2025, depois das chuvas fracas de 2020 e 2021, e registra que a energia das usinas da KPS custava cerca de dez vezes o valor da energia de uma hidrelétrica. Os contratos previam 1.261,701 GWh por ano de energia inflexível, o que corresponde a aproximadamente 144 MW médios (Eixos, 2023; TCU, 2023b). A inflexibilidade pesa muito nessa história. Ela obriga a usina a gerar, e garante sua remuneração, mesmo quando há energia mais barata disponível. Depois que as chuvas voltaram, em 2022, esse arranjo manteve custos de uma geração cuja necessidade havia diminuído. Os documentos do TCU, no entanto, fazem uma distinção: a necessidade de energia caiu no curto prazo, mas havia razões para manter potência disponível. A comissão que conduziu o acordo entendeu que deixar as usinas à disposição reduzia riscos à segurança do sistema (TCU, 2023b).

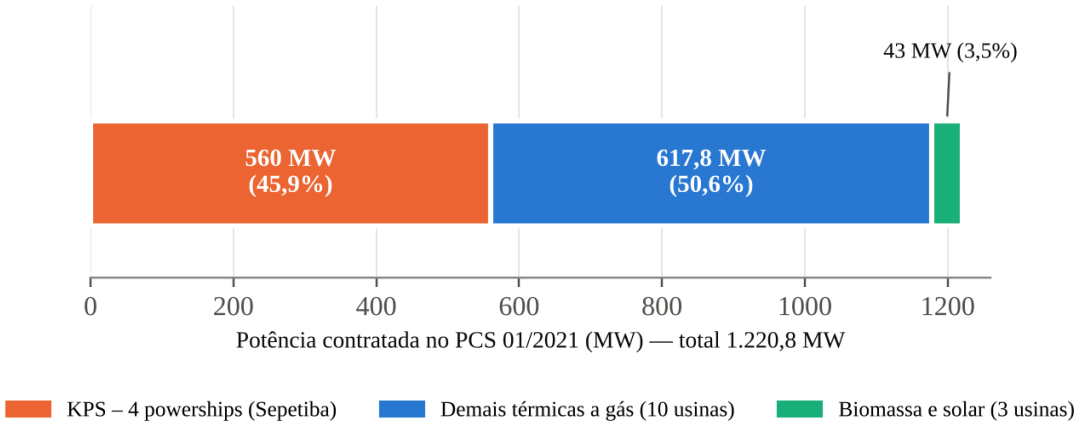
Tabela 2. Resultados do Procedimento Competitivo Simplificado (PCS 01/2021)

Modalidade	Empreendimentos	Potência (MW)	Preço médio (R$/MWh)

Quantidade (biomassa e solar)	3	43,0	343,22
Disponibilidade (gás natural)	14	1.177,8	1.599,47
– das quais: *powerships* da KPS em Sepetiba	4	560,0	–
Total	**17**	**1.220,8**	–

Fonte: elaboração dos autores com dados de Demarest (2021), Eixos (2023) e TCU (2023a).

Figura 4. Participação das *powerships* de Sepetiba na potência contratada pelo PCS 01/2021



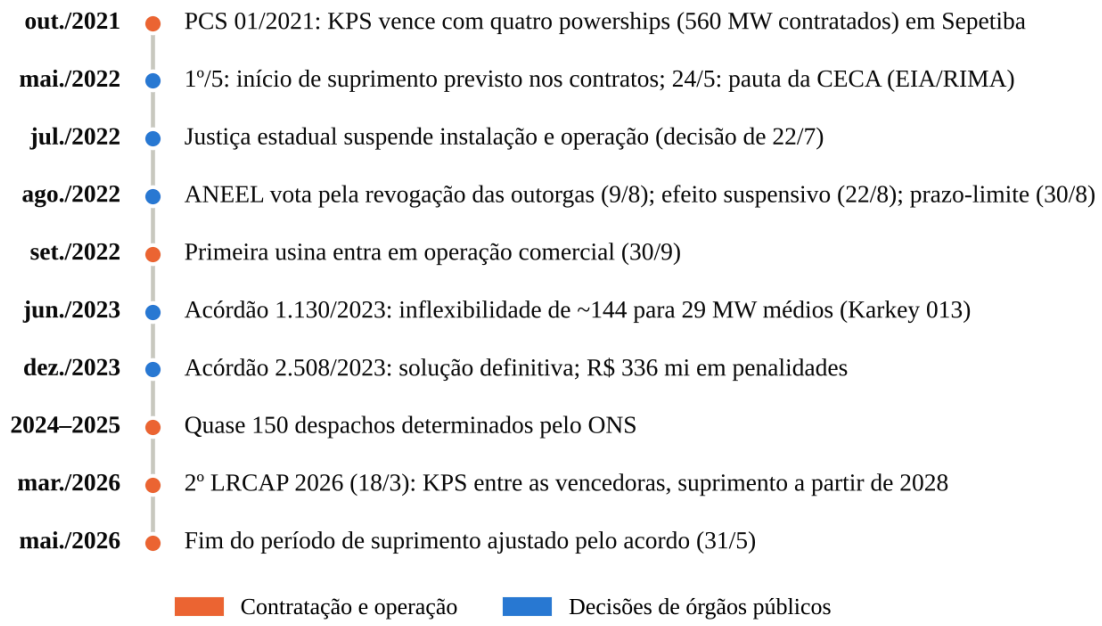
Fonte: elaboração dos autores com dados de Demarest (2021).

4.2. Trajetória Regulatória, Judicial e Operacional

A Figura 5 reúne os principais acontecimentos do caso, inclusive os despachos determinados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Em 24 de maio de 2022, a pauta da 1.031ª reunião da Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA) trazia um pedido de dispensa do EIA/RIMA para quatro termelétricas flutuantes e uma unidade de armazenamento e regaseificação, com 560 MW. O item voltava à pauta depois de um pedido de vistas da Universidade

do Estado do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, 2022). Por ser uma pauta, o documento não informa, sozinho, qual foi a decisão.

Figura 5. Linha do tempo do caso das *powerships* da Baía de Sepetiba, 2021–2026



Fonte: elaboração dos autores com base em Demarest (2021), Rio de Janeiro (2022), Guerra (2022), Eixos (2022), IstoÉ (2022), TCU (2023a; 2023b), Vasconcelos (2025), Campos Jr., Carregosa e Wanzeller (2026). Nota: 1º/5/2022 é a data de início de suprimento prevista nos contratos; 30/8/2022, o prazo-limite para operação comercial antes de multas e risco de rescisão.

Em 22 de julho de 2022, a 2ª Vara da Fazenda Pública do Rio de Janeiro suspendeu a instalação e a operação das usinas. A juíza considerou frágil a justificativa para dispensar o EIA/RIMA e observou que o próprio órgão ambiental havia classificado o empreendimento como capaz de causar impacto significativo. O Ministério Público Federal já havia entrado com ação civil pública em junho e, em março, questionado a licença de instalação de 36 torres de transmissão (Guerra, 2022). Em 8 de agosto, mais de 20 organizações da sociedade civil pediram ao MME que rescindisse os contratos (Machado, 2022).

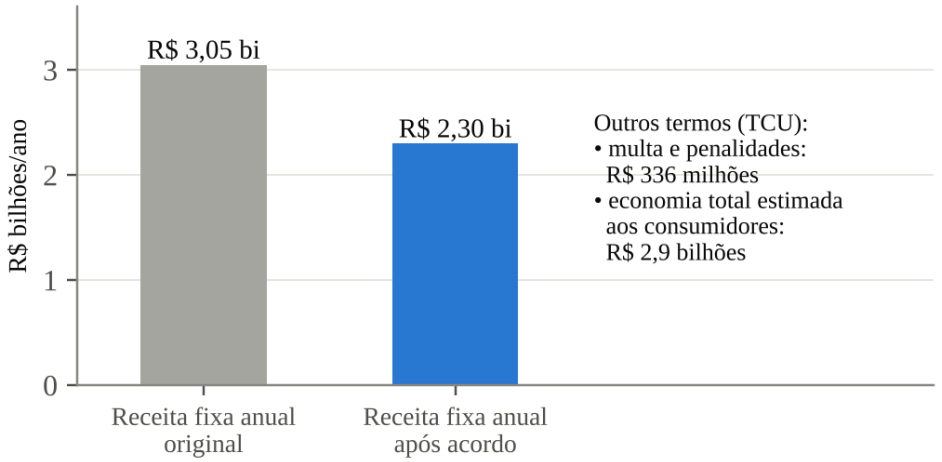
Na esfera regulatória, três datas precisam ser separadas. Os contratos previam o início do fornecimento em 1º de maio de 2022, e o prazo-limite para a operação comercial, depois do qual haveria multas e risco de rescisão, era 30 de agosto de 2022 (TCU, 2023b). Segundo a imprensa, a ANEEL havia estendido para 1º de agosto o prazo para que as usinas estivessem disponíveis, e esse prazo também não foi cumprido (Eixos, 2022). Em 9 de agosto de 2022, a diretoria da ANEEL votou pela revogação das autorizações das quatro usinas e rejeitou o pedido da empresa para não ser responsabilizada pelo atraso. O relator registrou que os empreendimentos não estavam disponíveis como combinado (Eixos, 2022). A KPS não foi a única atrasada: segundo a imprensa, 11 das 17 usinas do leilão não estavam prontas em 1º de agosto de 2022 (IstoÉ, 2022). Em 22 de agosto, o diretor-geral da agência suspendeu os efeitos da revogação até a análise do pedido de reconsideração da empresa (IstoÉ, 2022). De acordo com o TCU (2023a), a primeira usina começou a operar comercialmente em 30 de setembro de 2022, um mês depois do prazo-limite. Nessa altura, os reservatórios já tinham se recuperado e os preços da energia no curto prazo haviam caído.

Essa sequência traz um primeiro resultado. No caso de Sepetiba, poder deslocar o navio não foi suficiente para cumprir os prazos. Para a segurança energética, o prazo que importa é o da entrega da energia no ponto de conexão, e ele depende de licenças, linhas de transmissão, combustível e aceitação da comunidade, e não apenas da viagem da embarcação.

4.3. Custos, Solução Consensual e Controle Externo

Em março de 2023, o MME pediu ao TCU uma solução consensual, a primeira desse tipo concluída no tribunal (Eixos, 2023). O Acórdão 1.130/2023, de 7 de junho de 2023, aprovou um primeiro termo, válido no segundo semestre daquele ano. Ele reduziu a geração obrigatória de cerca de 144 MW médios para 29 MW médios, concentrados na Karkey 013; a empresa justificou essa parcela pela necessidade de consumir o gás que evapora nos tanques. O termo também suspendeu as disputas administrativas e judiciais e foi estimado em uma redução de cerca de R$ 580 milhões nos custos de 2023 (TCU, 2023a; 2023b). Em 6 de dezembro de 2023, o Acórdão 2.508/2023 aprovou a solução definitiva. Ela previu a redução da receita fixa anual de R$ 3,05 bilhões para R$ 2,3 bilhões, principalmente pela queda da parcela ligada ao combustível; o pagamento de R$ 336 milhões em multas e penalidades, em 12 parcelas a partir de janeiro de 2024; a redução definitiva da geração obrigatória; novas datas de fornecimento, com término em 31 de maio de 2026; e o encerramento dos processos que estavam suspensos. As usinas continuaram disponíveis para serem acionadas pelo ONS conforme critérios técnicos e de custo (TCU, 2023b; 2023c). O tribunal estimou um benefício total de cerca de R$ 2,9 bilhões para os consumidores e uma redução de aproximadamente 490 mil t CO_2e por ano graças à menor geração obrigatória (TCU, 2023c). São condições acertadas e valores estimados, e não uma economia já confirmada. A Figura 6 mostra a mudança na remuneração fixa.

Figura 6. Receita fixa anual dos contratos das *powerships* antes e depois da solução consensual do TCU



Fonte: elaboração dos autores com dados de TCU (2023a; 2023b).

Embora as partes tenham chegado a um acordo, representantes dos consumidores o criticaram. A Associação dos Grandes Consumidores Industriais de Energia (Abrace) argumentou que a entrega de energia da KPS cairia 85% até o fim de 2023, enquanto a receita cairia cerca de 42%, e defendeu que o acordo valesse apenas para usinas que tivessem cumprido seus contratos (Eixos, 2023). O episódio mostra que o custo de uma contratação emergencial vai além do preço do leilão. Ele inclui a geração obrigatória, os processos, os custos de negociação e, às vezes, a necessidade de refazer o contrato. Mostra também o peso do controle externo na correção de contratos assinados às pressas.

Entre julho e outubro de 2023, o ONS acionou as usinas por necessidade do sistema, inclusive no horário de pico (TCU, 2023b). Uma reportagem de novembro de 2025 informa que elas receberam quase 150 ordens de despacho do ONS desde 2024, que podem chegar à potência máxima em 15 minutos, segundo a empresa, e que poderiam ser recontratadas a partir de maio de 2026, quando termina o período de fornecimento ajustado (Vasconcelos, 2025). Em 18 de março de 2026, o segundo LRCAP do ano contratou cerca de 19 GW (18.977 MW, segundo Cescon Barrieu, 2026) em 100 empreendimentos, 90 deles a gás natural, com investimentos

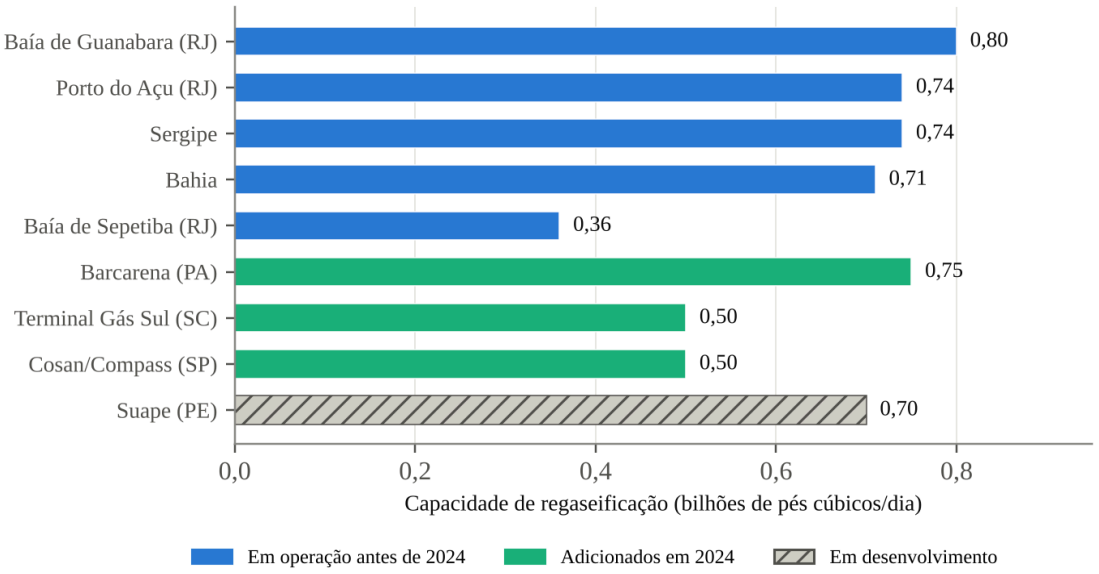
estimados em R$ 64,5 bilhões e preço médio de R$ 2,33 milhões por MW ao ano. A KPS ficou entre as vencedoras da rodada de térmicas novas e existentes com entrega em 2028 (Campos Jr.; Carregosa; Wanzeller, 2026). O Ministério Público junto ao TCU pediu a suspensão do leilão, e o relator negou o pedido em 20 de março de 2026 (Cescon Barrieu, 2026). Um texto publicado com apoio da empresa menciona cerca de 800 MW contratados, entre eles um contrato de dez anos para um projeto no Rio de Janeiro, mas não identifica as usinas (Paranoá Energia, 2026). Com as fontes reunidas, não é possível afirmar que as unidades de Sepetiba tenham sido recontratadas.

Esse quadro abre uma possibilidade, ainda não comprovada para as usinas de Sepetiba: uma solução vendida como emergencial e temporária pode acabar se tornando parte permanente da oferta de capacidade. Se isso acontecer, a pergunta muda. Deixa de ser se a *powership* consegue responder a uma seca específica e passa a ser se ela é a melhor opção para o atendimento de pico e de reserva, quando comparada a baterias, à redução programada do consumo, à ampliação de hidrelétricas e a térmicas em terra.

4.4. Infraestrutura de Suprimento e Dependência Externa

A Figura 7 mostra os terminais de regaseificação listados pela EIA (2025). A capacidade brasileira de importação dobrou entre 2020 e 2025, e a maioria dos terminais fica no Sudeste e no Nordeste. Para quem avalia *powerships*, esse dado tem dois lados. Ele facilita o abastecimento, mas também deixa a eletricidade mais exposta a um mercado internacional de GNL com poucos fornecedores e sujeito a choques de preço e de oferta.

Figura 7. Terminais de regaseificação de GNL no Brasil por capacidade e situação, 2025



Fonte: elaboração dos autores com dados de EIA (2025).

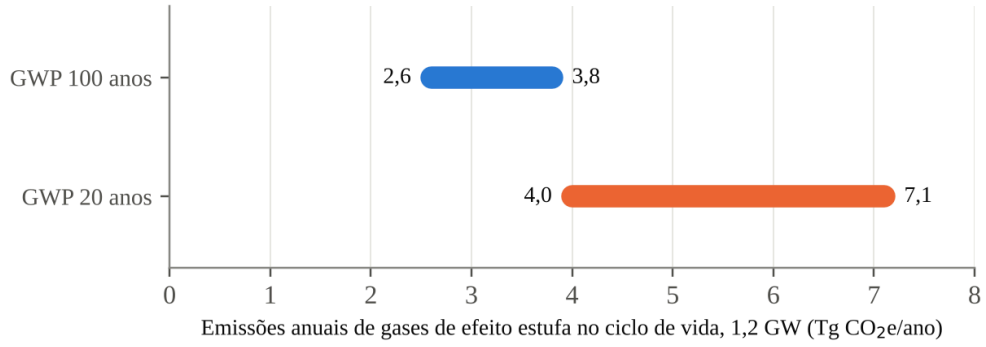
O *Global Methane Tracker 2026* ilustra esse risco: o relatório registra que a crise no Oriente Médio afetava cerca de 20% do comércio mundial de GNL, e que aproximadamente 110 bilhões de metros cúbicos passaram pelo Estreito de Hormuz em 2025 (IEA, 2026). Por isso, a segurança do combustível deveria ser examinada em dois níveis. No contrato, cabe perguntar quem garante o fornecimento e em que condições. Na operação, cabe perguntar se o gás chega durante o evento que justificou a contratação. Sem essas respostas, a potência nominal dos geradores diz pouco sobre a confiabilidade do atendimento.

4.5. Emissões: O Que a Evidência Permite Afirmar

Marais, Akker e Wiedinmyer (2022) estimaram as emissões ao longo de todo o ciclo de vida de 1,2 GW de *powerships* licenciadas na África do Sul e abastecidas com GNL importado. O resultado foi de 2,6 a 3,8 Tg CO_2e por ano quando se usa o potencial de aquecimento global (GWP) em 100 anos e de 4,0 a 7,1 Tg CO_2e por ano no horizonte de 20

anos (Figura 8). A diferença vem, principalmente, do peso maior que o metano recebe no horizonte de 20 anos. Os autores concluem que seria preciso exigir equipamentos de controle para cumprir os padrões nacionais de material particulado e de óxidos de nitrogênio (NO_x). Eles também reconhecem que as estimativas são incertas e que faltam fatores de emissão próprios, dados detalhados de operação e informações sobre a composição do gás.

Figura 8. Faixas estimadas de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no ciclo de vida de 1,2 GW de *powerships* a GNL, segundo o horizonte do GWP



Fonte: elaboração dos autores com dados de Marais, Akker e Wiedinmyer (2022).

A Tabela 3 reúne os principais números da literatura recente. Eles não foram aplicados a Sepetiba, porque tratam de outros lugares, escopos e condições de operação. Além disso, o contrato das usinas brasileiras mudou depois de 2023, com a redução da geração obrigatória, o que altera bastante as emissões anuais e torna inadequada qualquer transposição direta.

Desses números saem duas lições. A primeira é que só faz sentido comparar alternativas usando os mesmos limites de cálculo. Uma emissão medida por unidade de energia do combustível não equivale a uma emissão por MWh entregue, e a simples escolha do horizonte do GWP pode quase dobrar o resultado. A segunda é que,

quando não se sabe de onde vem o gás nem como se comporta a cadeia usada, essa falta de informação deve ser declarada como incerteza. Ela não pode virar uma suposição de emissão zero, nem a pior estimativa possível atribuída ao projeto. Convém ainda separar os gases de efeito estufa dos poluentes locais, como NO_x e material particulado, cuja importância depende da proximidade de moradores.

Tabela 3. Indicadores de emissão da literatura recente e limites de aplicação

Indicador	Valor	Limite de aplicação
Emissões de ciclo de vida, 1,2 GW de *powerships* (África do Sul)	2,6–3,8 Tg CO_2e/ano (GWP100); 4,0–7,1 Tg CO_2e/ano (GWP20)	Hipóteses de operação e de vazamento de metano específicas do estudo
Cenário de frota global de 7,0 GW a gás considerado no estudo de 2022	CO_2: 12 Tg/ano; metano (CH_4): 2,2–8,6 Tg/ano; NO_x: 4,3 Gg/ano; material particulado: 2,6 Gg/ano	Cenário do estudo, não a capacidade mundial atual; sem medição em navios
Emissões da cadeia de suprimento de GNL (mundo, divulgação de 2025)	≈ 350 Mt CO_2e/ano (≈ 70% CO_2; ≈ 30% metano)	Exclui a combustão final do gás
Intensidade média do GNL entregue	< 20 g CO_2e/MJ (gás em geral: 12 g CO_2e/MJ)	Média global; varia por rota e origem
GNL vs. carvão (ciclo de vida)	> 99% do GNL de 2024 com menos emissões; ≈ 25% menos, em média	Comparação por energia do combustível, não por MWh entregue

Potencial de abatimento na cadeia do GNL	> 60% com tecnologias atuais	Depende de ação dos produtores

Fonte: elaboração dos autores com dados de Marais, Akker e Wiedinmyer (2022) e IEA (2025).

4.6. O Ambiente Costeiro de Sepetiba: Pressões Preexistentes e Novos Mecanismos

A Baía de Sepetiba tem cerca de 447 km² na maré cheia, profundidade média de 6 m e salinidade entre 22 e 32. A margem norte concentra cidades, indústrias e a maior área de manguezais, e a região abriga quatro grandes portos de contêineres, minério e aço (Kütter *et al.*, 2025). A antiga Companhia Mercantil e Industrial Ingá lançou cerca de 24 t de cádmio e 3.660 t de zinco por ano durante quatro décadas. Esse passivo ainda aparece nos sedimentos dos manguezais, embora a descontaminação concluída entre 2008 e 2015 tenha reduzido bastante as concentrações nos sedimentos da baía (Kütter *et al.*, 2025). Segundo reportagem de 2022, cerca de 3,5 mil pescadores artesanais trabalham na baía (Machado, 2022).

A chegada das *powerships* acrescentou a esse quadro novas fontes possíveis de pressão: água de resfriamento devolvida ao mar, produtos contra incrustação, tráfego de embarcações, ruído, iluminação, emissões para o ar, cabos submersos e restrição a áreas de pesca. Em agosto de 2022, cerca de 160 pescadores protestaram em 60 barcos. Eles relataram queda na pesca, dificuldade de acesso e risco de acidentes com cabos, e técnicos de uma organização ambiental apontaram riscos ao boto-cinza por causa da água aquecida e dos produtos químicos (IHU, 2022). Esses relatos

registram a percepção de quem vive da baía e merecem atenção, mas não comprovam, por si, a causa dos problemas.

A literatura ajuda a orientar uma investigação local. Leng *et al.* (2024) relatam que, entre os estudos sobre efeitos térmicos considerados em sua síntese, 62,5% encontraram efeitos prejudiciais da água aquecida sobre os organismos do fundo, 25% registraram aumento de abundância, sobretudo com água ambiente mais fria ou pequenas diferenças de temperatura, e 12,5% observaram efeitos que variavam com a estação. A revisão não informa quantos estudos formam essa distribuição, o que pede cautela na leitura. Os autores citam duas referências de boas práticas, que não são limites legais aplicáveis a Sepetiba: a recomendação do Grupo Conjunto de Especialistas sobre os Aspectos Científicos da Proteção Ambiental Marinha (GESAMP, na sigla em inglês) de que a diferença em relação à água ao redor não passe de 5 °C em mares tropicais e o limite de 3 °C na borda da zona inicial de mistura mencionado pela International Finance Corporation. Cada valor toma um ponto de referência diferente. A revisão observa, ainda, que nos trópicos até aumentos menores que 5 °C podem levar organismos além do que suportam.

Sobre Sepetiba especificamente, Felicissimo (2024) analisou os processos de licenciamento das *powerships* do ponto de vista da saúde pública, com análise de documentos, entrevistas e uma matriz de risco. A autora concluiu que os impactos sobre a saúde ainda eram pouco conhecidos, mas comparáveis aos de uma termelétrica a gás em terra, sobretudo quanto à poluição da água e do ar e ao ruído. Ela defendeu que o licenciamento incorpore a avaliação de impacto à saúde e a participação da população. A experiência da África do Sul aponta na mesma direção. A

autorização ambiental do projeto de Richards Bay saiu em outubro de 2023, depois de anos de contestação, em meio a preocupações com comunidades portuárias, pescadores de pequena escala, vida marinha e contratos de 20 anos (Arnoldi, 2023).

Uma boa avaliação local precisa ligar a fonte, o caminho da exposição e quem pode ser afetado. Em termos práticos, é preciso saber o que é lançado, como se espalha e quais organismos ou usos da água podem ser atingidos, separando a contribuição do empreendimento das pressões que já existiam. Sem dados de antes da instalação, sem áreas de comparação e sem monitoramento contínuo, fica difícil atribuir uma causa às diferenças observadas. Em uma baía com o histórico de Sepetiba, esse cuidado protege as comunidades e também evita culpar o empreendimento por problemas que não causou.

4.7. Matriz de Critérios para Avaliação de Powerships

Os resultados permitem propor critérios para futuras contratações de geração flutuante, reunidos no Quadro 2. Cada critério liga uma pergunta de avaliação à evidência necessária para respondê-la e à lição correspondente do caso de Sepetiba. Os itens são uma sistematização dos autores; não formam uma lista de exigências legais nem um protocolo validado.

Quadro 2. Matriz de critérios para avaliar usinas termelétricas flutuantes a GNL

Dimensão e pergunta	Evidência necessária	Lição do caso Sepetiba
Serviço elétrico (4.1): que necessidade a	Local, duração, potência, energia e	Inflexibilidade elevada manteve custos de

usina deve atender, por quanto tempo?	regime (contínuo, ponta, reserva)	geração após a recuperação hidrológica de 2022
Prontidão (4.2): quando o serviço pode ser entregue no ponto de conexão?	Cronograma integrado de licenças, transmissão e combustível	Mobilidade do navio não evitou atraso; outorgas chegaram a ser revogadas
Custo (4.3): qual o custo total, incluindo inflexibilidade e riscos?	Preço, receita fixa, cláusulas de saída e penalidades	Renegociação no TCU reduziu a receita fixa anual em R$ 0,75 bilhão
Combustível (4.4): o GNL estará disponível no evento crítico?	Contratos de suprimento, origem e logística	Dependência de mercado internacional e de terminais
Clima e ar (4.5): quais emissões estão incluídas e com que fronteira?	Cadeia do GNL, combustão, horizonte do GWP, NO_x e material particulado	Ausência de inventário público específico para o caso
Ambiente costeiro e saúde (4.6): quais mecanismos podem atingir receptores locais?	Linha de base, captação e descarga, biocidas, ruído, monitoramento	Passivo preexistente e conflitos com a pesca artesanal
Governança (4.2 e 4.6): a decisão é transparente e revisável?	Licenciamento proporcional ao impacto, participação social, critérios de encerramento	Dispensa de EIA/RIMA questionada judicialmente

Fonte: elaboração dos autores a partir dos resultados das seções 4.1 a 4.6. Entre parênteses, a seção de origem de cada dimensão.

A matriz não foi feita para condenar nem para defender a tecnologia. Diante de uma restrição real e de prazos curtos, uma *powership* pode partir rapidamente, dependendo da configuração dos

equipamentos. A própria redução da geração obrigatória depois de 2023, com as usinas ainda disponíveis para despacho, mostra que o mesmo equipamento pode prestar serviços diferentes conforme o contrato. O caso ensina que as qualidades frequentemente atribuídas à tecnologia, como rapidez, flexibilidade e facilidade de retirada, precisam ser demonstradas em cada situação, em vez de presumidas.

O estudo tem limitações. O corpus foi escolhido intencionalmente, é pequeno e mistura fontes de naturezas diferentes, inclusive reportagens, usadas apenas para fatos com data. Parte das informações sobre decisões administrativas veio de sínteses oficiais, documentos de processo e notícias, e não dos autos completos; o trabalho depende, assim, em parte de fontes secundárias. Também não houve acesso a dados detalhados de operação, a medições ambientais locais ou aos contratos completos. Pesquisas futuras poderão testar a matriz com essas informações, comparar o custo das *powerships* com o de baterias e da redução programada do consumo e avaliar como as usinas se comportam no atendimento de pico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo responde à pergunta de pesquisa ao identificar sete dimensões que devem orientar a avaliação de termelétricas flutuantes a GNL no Brasil: serviço elétrico, prontidão, custo, suprimento de combustível, clima e qualidade do ar, ambiente costeiro e saúde, e governança. O objetivo foi cumprido com a sistematização da evidência pública de 2021 a 2026 e com a proposta de uma matriz de critérios para orientar futuras avaliações, cuja utilidade ainda precisa ser testada.

O caso da Baía de Sepetiba mostra que a possibilidade de deslocar a usina não bastou para garantir o cumprimento dos prazos. A contratação emergencial respondeu a uma crise hídrica real, mas a primeira usina só entrou em operação comercial depois do prazo-limite e depois da recuperação dos reservatórios, com contratos que impunham uma grande parcela de geração obrigatória. O resultado foram disputas na Justiça e na agência reguladora e uma renegociação no TCU. O estudo não demonstra que a tecnologia custe mais do que todas as alternativas, nem que seja inadequada do ponto de vista ambiental. Essas questões dependem de comparações entre opções que prestem o mesmo serviço e de avaliações feitas no próprio local.

A presença da empresa no leilão de capacidade de 2026 sugere que soluções pensadas para emergências podem passar a fazer parte da oferta permanente. Se isso se confirmar, a comparação com alternativas que prestem o mesmo serviço terá de ser ainda mais rigorosa. No campo ambiental, conclusões confiáveis dependem de separar as emissões da cadeia do GNL das emissões da queima, de declarar o horizonte de aquecimento global adotado e de distinguir riscos possíveis de danos comprovados.

A contribuição do trabalho é transformar uma controvérsia espalhada em várias fontes em critérios claros e verificáveis. Como limitação, a análise depende em parte de fontes secundárias e não contou com dados detalhados de operação nem com medições ambientais locais. Recomenda-se que as próximas contratações de capacidade digam com clareza qual serviço esperam, por quanto tempo e como ele será revisto, exijam informações sobre a cadeia do combustível e levem a avaliação ambiental e de saúde para o processo de decisão desde o início.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLDI, Marleny. Karpowership receives long-awaited enviro approval for Richards Bay powership. **Engineering News,** Joanesburgo, 27 out. 2023. Disponível em: https://newsletter.en.creamermedia.com/article/karpowership-receives-long-awaited-enviro-approval-for-richards-bay-powership-2023-10-27. Acesso em: 2 nov. 2026.

CAMPOS JR., Geraldo; CARREGOSA, Lais; WANZELLER, Marisa. LRCAP contrata quase 19 GW e tem 100 empreendimentos vencedores. **Agência iNFRA,** Brasília, 18 mar. 2026. Disponível em: https://agenciainfra.com/blog/lrcap-contrata-quase-19-gw-e-tem-100-empreendimentos-vencedores/. Acesso em: 2 nov. 2026.

CESCON BARRIEU. **LRCAP 2026:** resultados, controvérsias e análise pelo TCU. São Paulo: Cescon Barrieu, 25 mar. 2026. Disponível em: https://cesconbarrieu.com.br/lrcap-2026-resultados-controversias-e-analise-pelo-tcu/. Acesso em: 2 nov. 2026.

DEMAREST. **Boletim de Energia Elétrica nº 6:** outubro de 2021. São Paulo: Demarest, 2021. Disponível em: https://www.demarest.com.br/boletim-de-energia-eletrica-n6-outubro-de-2021/. Acesso em: 2 nov. 2026.

EIA – U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Brazil is expanding its liquefied natural gas import infrastructure.** Washington, DC: EIA, 29 out. 2025. Disponível em: https://www.eia.gov/todayinEnergy/detail.php?id=66504. Acesso em: 2 nov. 2026.

EIXOS. Aneel revoga autorizações para térmicas flutuantes da Karpowership. **eixos,** Rio de Janeiro, 9 ago. 2022. Disponível em: https://eixos.com.br/energia-eletrica/aneel-revoga-autorizacoes-para-termicas-flutuantes-da-karpowership/. Acesso em: 2 nov. 2026.

EIXOS. TCU dá aval para acordo entre KPS, Aneel e MME sobre térmicas atrasadas. **eixos,** Rio de Janeiro, 7 jun. 2023. Disponível em: https://eixos.com.br/energia-eletrica/tcu-da-aval-para-acordo-entre-kps-aneel-e-mme-sobre-termicas-atrasadas/. Acesso em: 2 nov. 2026.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional 2022:** relatório síntese: ano-base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 2 nov. 2026.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional 2024:** relatório síntese: ano-base 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Cópia disponível em: https://static.poder360.com.br/2024/10/BEN-epe-energia-2024.pdf. Acesso em: 2 nov. 2026.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional 2026:** relatório síntese: ano-base 2025. Rio de Janeiro: EPE, 2026. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-975/topico-847/BEN_S%C3%ADntese_2026_PT.pdf. Acesso em: 2 nov. 2026.

FELICISSIMO, Thainá Guimarães. **A perspectiva da saúde pública no processo de licenciamento ambiental:** estudo de caso de uma usina termelétrica flutuante na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro – RJ. 2024. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/68163. Acesso em: 2 nov. 2026.

GUERRA, Ana. Justiça suspende instalação de termelétricas flutuantes da Karpowership no Rio. **eixos,** Rio de Janeiro, 25 jul. 2022. Disponível em: https://eixos.com.br/justica-suspende-instalacao-de-termeletricas-flutuantes-da-karpowership-no-rio/. Acesso em: 2 nov. 2026.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global Methane Tracker 2026.** Paris: IEA, 2026. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/8a2639fd-7883-4fe7-bbe7-4f97bc39e2ff/GlobalMethaneTracker2026.pdf. Acesso em: 2 nov. 2026.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Integrating solar and wind:** global experience and emerging challenges. Paris: IEA, 2024. Disponível em: https://www.iea.org/reports/integrating-solar-and-wind. Acesso em: 2 nov. 2026.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **New IEA report assesses emissions from LNG supply and maps out opportunities to reduce them.** Paris: IEA, 2025. Comunicado de imprensa sobre o relatório *Assessing emissions from LNG supply and abatement options*. Disponível em: https://www.iea.org/news/new-iea-report-

assesses-emissions-from-lng-supply-and-maps-out-opportunities-to-reduce-them. Acesso em: 2 nov. 2026.

IHU – INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. Impactos das termelétricas flutuantes na Baía de Sepetiba já são reais. **IHU On-Line,** São Leopoldo, 4 ago. 2022. Reprodução de matéria do EcoDebate. Disponível em: https://ihu.unisinos.br/categorias/620935-impactos-das-termoeletricas-flutuantes-na-baia-de-sepetiba-ja-sao-reais. Acesso em: 2 nov. 2026.

ISTOÉ. Diretor da Aneel suspende decisão que anulava outorgas de térmicas da Karpowership. **IstoÉ,** São Paulo, 22 ago. 2022. Com informações da Reuters. Disponível em: https://istoe.com.br/diretor-da-aneel-suspende. Acesso em: 2 nov. 2026.

KÜTTER, Vinicius Tavares *et al.* Mangroves and associated vegetation under metals and arsenic lingering impact: the legacies of zinc smelter industry residues and iron ore in southeast Brazil. **Frontiers in Ocean Sustainability,** v. 3, art. 1602115, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/focsu.2025.1602115.

LENG, Qingxue *et al.* Impacts of thermal and cold discharge from power plants on marine benthos and its mitigation measures: a systematic review. **Frontiers in Marine Science,** v. 11, art. 1465289, 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1465289.

MACHADO, Nayara. Organizações pedem rescisão do contrato do governo com a Karpowership. **eixos,** Rio de Janeiro, 9 ago. 2022. Disponível em: https://eixos.com.br/energia-eletrica/organizacoes-pedem-rescisao-de-contrato-do-governo-com-a-karpowership/. Acesso em: 2 nov. 2026.

MANOS, Anastasios; LYRIDIS, Dimitrios; PROUSALIDIS, John; SOFRAS, Elias. Investigating the operation of an LNG carrier as a floating power generating plant (FPGP). **Journal of Marine Science and Engineering,** v. 11, n. 9, art. 1749, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/jmse11091749.

MARAIS, Eloise A.; AKKER, Orianna; WIEDINMYER, Christine. Greenhouse gas and air pollutant emissions from power barges (powerships). **Environmental Science: Advances,** v. 1, n. 2, p. 164-169, 2022. DOI: https://doi.org/10.1039/D1VA00049G.

PARANOÁ ENERGIA. Karpowership comemora aceitação de seus projetos no LRCap. Brasília: Paranoá Energia, 31 mar. 2026. Conteúdo publicado com apoio da Karpowership. Disponível em: https://www.paranoaenergia.com.br/o-que-se-diz/2026/03/31/karpowership-comemora-aceitacao-de-seus-projetos-no-lrcap/. Acesso em: 2 nov. 2026.

RIO DE JANEIRO (Estado). Comissão Estadual de Controle Ambiental. **Agenda da 1031ª reunião de 24 de maio de 2022.** Rio de Janeiro: CECA, 2022. Disponível em: https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/16_Agen1031.pdf. Acesso em: 2 nov. 2026.

TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Processo TC 006.253/2023-7:** solução consensual entre Ministério de Minas e Energia, ANEEL e Karpowership Brasil Energia, apreciada no Acórdão 2.508/2023-Plenário. Relator: Ministro Benjamin Zymler. Brasília, DF: TCU, 2023b. Disponível em: https://portal.tcu.gov.br/data/files/E5/93/AA/97/1514C810943E72C8E18818A8/006.253-2023-7-BZ%20-

%20consenso_MME_usinas_Karpowership.pdf. Acesso em: 3 nov. 2026.

TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Solução consensual:** usinas da KPS. Brasília, DF: TCU, 2023a. Disponível em: https://portal.tcu.gov.br/data/files/8A/07/5C/6F/338039104CE08619E18818A8/Solucao%20Consensual%20-%20Usinas%20da%20KPS.pdf. Acesso em: 2 nov. 2026.

TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **TCU finaliza solução consensual que prevê economia para os consumidores do setor elétrico.** Brasília, DF: TCU, dez. 2023c. Disponível em: https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/tcu-finaliza-solucao-consensual-que-preve-economia-para-os-consumidores-do-setor-eletrico.htm. Acesso em: 3 nov. 2026.

VASCONCELOS, Gabriel. Karpowership vai ao LRCAP com até 2GW em projetos e mira baterias. **Agência iNFRA,** Brasília, 13 nov. 2025. Disponível em: https://agenciainfra.com/blog/karpowership-vai-ao-lrcap-com-ate-2gw-em-projetos-e-mira-baterias/. Acesso em: 2 nov. 2026.

YUKSEL, Onur; KONUR, Olgun; PAMIK, Murat; BAYRAKTAR, Murat. The economic and environmental assessment of alternative marine fuels and nuclear energy utilization on a floating power plant. **Environmental Science and Pollution Research,** v. 31, n. 37, p. 49780-49799, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-024-34532-y.

APÊNDICE A – RELAÇÃO DOS DOCUMENTOS DO CORPUS

Quadro A1 – Documentos do corpus, informação extraída e seção de uso

Documento	Tipo	Informação extraída	Seção
Arnoldi (2023)	Imprensa	Autorização ambiental de Richards Bay e preocupações associadas	4.6
Campos Jr., Carregosa e Wanzeller (2026)	Imprensa	Resultado do 2º LRCAP: empreendimentos, fontes, investimentos, preço, vencedoras	1; 4.3
Cescon Barrieu (2026)	Análise jurídica	Datas e potência dos LRCAP de 2026; representação do Ministério Público junto ao TCU	1; 4.3
Demarest (2021)	Análise jurídica	Resultados do PCS 01/2021	1; 4.1
EIA (2025)	Relatório oficial	Terminais de GNL, capacidade, origem das importações, hidreletricidade em 2024	2.1; 2.2; 4.4
Eixos (2022)	Imprensa	Prazos e voto da ANEEL pela revogação das outorgas	4.2
Eixos (2023)	Imprensa	Primeiro acordo no TCU; energia inflexível; críticas da Abrace	4.1; 4.3
EPE (2022)	Balanço oficial	Geração por fonte e renovabilidade, 2020–2021	1; 2.2

EPE (2024)	Balanço oficial	Geração por fonte e renovabilidade, 2022–2023	2.2
EPE (2026)	Balanço oficial	Oferta interna de eletricidade por fonte e renovabilidade, 2024–2025	1; 2.2
Felicissimo (2024)	Dissertação	Saúde pública no licenciamento das *powerships* de Sepetiba	4.6
Guerra (2022)	Imprensa	Suspensão judicial; ações do Ministério Público Federal	1; 4.2
IEA (2024)	Relatório	Flexibilidade e integração de fontes variáveis	2.2
IEA (2025)	Comunicado oficial	Emissões da cadeia de suprimento de GNL	2.3; 4.5
IEA (2026)	Relatório	Metano dos combustíveis fósseis; comércio de GNL	2.3; 4.4
IHU (2022)	Imprensa (republicação)	Relatos de pescadores e de organização ambiental	1; 4.6
IstoÉ (2022)	Imprensa	Efeito suspensivo; usinas do certame não prontas	4.2
Kütter *et al.* (2025)	Artigo científico	Caracterização e passivo ambiental da baía	1; 4.6
Leng *et al.* (2024)	Artigo científico	Efeitos de descargas térmicas sobre o bentos	2.3; 4.6
Machado (2022)	Imprensa	Carta de organizações; número de pescadores	4.2; 4.6

		artesanais	
Manos *et al.* (2023)	Artigo científico	Conversão de navio de GNL em planta flutuante	2.1
Marais, Akker e Wiedinmyer (2022)	Artigo científico	Capacidade da frota e emissões de *powerships*	1; 4.5
Paranoá Energia (2026)	Conteúdo com apoio empresarial	Declaração da empresa sobre contratos no LRCAP	4.3
Rio de Janeiro (2022)	Documento público	Pauta da CECA sobre inexigibilidade de EIA/RIMA	1; 4.2
TCU (2023a)	Documento público	Síntese da solução consensual: receita fixa, penalidades, datas	1; 4.1–4.3
TCU (2023b)	Documento público	Inflexibilidade, prazos, multas e disponibilidade para despacho	4.1–4.3
TCU (2023c)	Documento público	Termos do Acórdão 2.508/2023 e benefícios estimados	4.3
Vasconcelos (2025)	Imprensa	Frota da KPS; despachos pelo ONS; possibilidade de recontratação	1; 4.3
Yuksel *et al.* (2024)	Artigo científico	Avaliação de combustíveis em planta flutuante	2.1

Fonte: elaboração dos autores (2026).

[1] Mestra no curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental (UERJ). E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.

[2] Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.

[3] Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.