

ANÁLISE DAS EMISSÕES LÍQUIDAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA ECONOMIA DO MAR BRASILEIRA

ANALYSIS OF NET GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE BRAZILIAN OCEAN ECONOMY

Juliana Carvalho da Cunha Trece ^A

 <https://orcid.org/0000-0002-9365-1720>

Correspondência: julianacarvalhotrece@yahoo.com

^A Doutoranda em População, Território e Estatísticas Públicas na Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE/IBGE). Mestre em Economia Empresarial pela EPGE/FGV e graduada em Economia pela Universidade Federal Fluminense.

DOI: <https://doi.org/10.12957/cdf.2023.70449>

Recebido em: 30 set. 2022 | Aceito em: 07 mar. 2023.

RESUMO

O Brasil tem grande potencial para o desenvolvimento sustentável da economia do mar, principalmente relacionado ao setor energético. No entanto, atualmente, este setor é o principal responsável pela emissão de gases de efeito estufa (GEE) na economia do mar brasileira. Através de análise descritiva e da decomposição da identidade de Kaya, o objetivo deste trabalho foi mensurar e analisar o comportamento das emissões líquidas de GEE na economia do mar brasileira, entre 2000 e 2019, com foco no setor energético. Os resultados mostram que a atividade de exploração de petróleo e gás natural é a principal responsável pela emissão líquida de GEE do setor de energia da economia do mar e o estado do Rio de Janeiro é o principal poluidor. O aumento da preocupação mundial com as mudanças climáticas evidencia que a adoção de estratégias para o desenvolvimento da economia do mar, inevitavelmente, deve considerar a sustentabilidade, direcionando-a, cada vez mais, ao conceito de economia azul.

Palavras-chave: economia do mar; economia azul; emissão líquida de gases de efeito estufa; identidade de Kaya.

ABSTRACT

Brazil has great potential for the sustainable development of the ocean economy, mainly related to the energy sector. However, currently this sector is the main responsible for the emission of greenhouse gases (GHG) in the Brazilian ocean economy. Through descriptive analysis and Kaya's identity decomposition, the objective of this work was to measure and analyse the behavior of the Brazilian ocean economy's net GHG emissions, with focus on the energy sector. The results show that the oil and natural gas exploration activity is the main responsible for the net GHG emission of the energy sector of the ocean economy and, the state of Rio de Janeiro is the main polluter. The increase in global concern about climate change shows that the adoption of strategies for the



development of the ocean economy, inevitably, must consider sustainability, increasingly directing it to the blue economy concept.

Keywords: ocean economy; blue economy; net emission of greenhouse gases; Kaya's identity.

INTRODUÇÃO

O histórico brasileiro, em que a ocupação territorial colonizadora ocorreu inicialmente no litoral, contribuiu para que a concentração socioeconômica deste seja maior que a do interior (CUNHA, 2005). Por esta razão, em apenas 279¹ municípios defrontantes com o mar, que representam 5% do total de municípios do país e 3% da área geográfica nacional, estão concentrados em torno de 20% do PIB nacional e 19% da população brasileira, de acordo com dados do Produto Interno Bruto dos Municípios e das Estimativas da População, ambos de autoria do IBGE, na média de 2000 a 2019. Tal padrão evidencia a importância do mar para o país e a necessidade de se analisar estratégias específicas para o seu desenvolvimento.

Para isto, torna-se importante mensurar a economia do mar em diferentes âmbitos. A partir de dados que permitam mapear a economia do mar e estimar seus diferentes impactos, os formuladores de políticas públicas dispõem de maior clareza sobre a sua real dimensão e tem maior potencial para adotar medidas mais assertivas para o seu desenvolvimento. No caso do Brasil, Carvalho (2018) mensurou o tamanho da economia do mar nacional, onde identificou, como principal estimativa, que o PIB do mar representou 18,9% do PIB brasileiro, no ano de 2015.

Devido ao aumento da preocupação mundial com as mudanças climáticas, é importante que além de mensurar a dimensão econômica do mar, seja também investigado o seu impacto ambiental. Winther *et al.* (2020), afirmam que a rápida expansão das atividades econômicas relacionadas ao mar traz à tona a necessidade de relacioná-las ao conceito de desenvolvimento sustentável. Ainda segundo os autores, a governança sustentável do mar é um tema complexo que envolve diferentes interesses setoriais, com geração de conflitos onde vastos ganhos econômicos de curto prazo, muitas vezes associados a degradação ambiental, se contrapõem a garantia de preservação ambiental dos mares e oceanos no longo prazo, para utilização das gerações futuras.

¹O IBGE considera 280 municípios defrontantes com o mar, mas para Lagoa dos Patos, no Rio Grande do Sul, não há informações divulgadas de população e PIB. Por esta razão, neste trabalho foram consideradas como economia do mar apenas as informações referentes aos 279 municípios.

Com base neste contexto, o objetivo deste trabalho foi o de medir as emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE) da economia do mar brasileira, entre 2000 e 2019, desagregado por cinco setores (agropecuária, energia, processos industriais, mudanças de usos da terra e florestal e resíduos) e pelas 17 unidades da federação que possuem municípios defrontantes com o mar. O setor de energia foi analisado mais detalhadamente, por ser o maior emissor líquido de GEE da economia do mar brasileira, com a atividade de exploração de petróleo e gás natural desempenhando papel de destaque nas emissões do setor de energia da economia do mar; também denominado de energia do mar. Além da análise descritiva, adicionalmente, o total das emissões líquidas de GEE, e específica do setor de energia do mar, foram decompostas na identidade de Kaya. Esta identidade é uma expressão matemática utilizada como forma de explicar o comportamento das emissões de GEE, através do comportamento de indicadores de consumo energético, de intensidade de carbono, de PIB per capita e populacionais.

Além desta introdução, este trabalho está dividido em mais seis seções. Na segunda é realizada a revisão da literatura e na terceira seção é apresentada a metodologia utilizada. A quarta seção contém as estimativas e a análise das emissões líquidas de GEE da economia do mar brasileira, por setores, com foco no setor de energia do mar. Na quinta seção é apresentada a distribuição estadual das emissões da economia do mar, com destaque para o estado do Rio de Janeiro, por ser o maior emissor da economia do mar no país. Na sexta seção são apresentados os resultados da decomposição da identidade de Kaya. Por fim, na sétima seção são apresentadas as considerações finais do trabalho.

1 REVISÃO DA LITERATURA

Não há consenso internacional acerca da definição de economia do mar. Por esta razão, cada país a mensura de acordo com a disponibilidade de dados e a realidade da região estudada. Carvalho (2018), com base na definição do *National Ocean Economics Program* dos Estados Unidos, distinguiu dois limites conceituais para a economia do mar. A economia do mar mensurada pelo limite oceânico, que considera aspectos setoriais e geográficos, e a mensurada pelo limite costeiro, onde apenas os aspectos geográficos são considerados. Segundo a autora, há diferenças significativas na contabilidade creditada ao mar, a depender do limite geográfico estabelecido na análise.

Para além da conceituação direta da economia do mar, o objetivo de se analisar o uso dos recursos naturais a partir do mar está, cada vez mais, associado ao conceito de

desenvolvimento sustentável. O Economia Azul (2022), centro de competência e desenvolvimento de Portugal, diferencia a economia do mar da economia azul ao afirmar que a economia azul adiciona sustentabilidade a economia do mar tradicional, aquela relacionada apenas a exploração dos recursos marinhos. Por esta razão, o conceito de economia azul é mais amplo, pois engloba, além da econômica, a esfera ambiental.

Segundo documento conceitual da Organização das Nações Unidas (2014), o termo economia azul surgiu em 2012, na preparação para a Conferência Rio+20, devido a demanda de países litorâneos para que a importância de valorizar e preservar o mar fosse ressaltada. Segundo definição da ONU (2022a), a economia azul tem como desafio “entender e gerenciar melhor os muitos aspectos da sustentabilidade oceânica, desde a pesca sustentável até a saúde do ecossistema e a prevenção da poluição.”

A Marinha do Brasil, na busca de ressaltar a importância de incentivar a economia do mar brasileira, denomina-a de Amazônia Azul. De acordo com a Marinha (2022), além de incentivar formas de estimular a contribuição dos oceanos à economia, é necessário que esta seja ambientalmente sustentável e ecológica, de forma a assegurar que as gerações futuras possam usufruir de seus recursos. Nota-se com isso que, para desenvolver estratégias com foco na economia do mar, além da dimensão econômica de suas atividades, é importante que sejam considerados seus impactos ambientais; é preciso englobar a economia azul.

Diversos indicadores são utilizados para medir os impactos ambientais de ações antrópicas, contudo, a emissão de gases de efeito estufa (GEE) se destaca pela ampla utilização em acordos internacionais sobre mudanças climáticas. A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima define, em seu glossário, os GEE como gases atmosféricos responsáveis por causar o aquecimento global e as mudanças climáticas, sendo os principais o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O).

Alguns GEE são liberados de forma natural, contudo Nadeau *et al.* (2021) apontam que o aumento da utilização da queima de combustíveis fósseis colaborou para o expressivo aumento das emissões. Adicionalmente, eles destacam que o desmatamento e a redução da biodiversidade contribuíram para reduzir a capacidade de remoção desses gases. A junção desses dois fatores colaborou para a significativa elevação das emissões nas últimas décadas.

Além dos impactos gerais, a elevação das emissões de GEE traz efeitos perversos específicos para os mares. De acordo com a ONU (2022b), o mar é o maior sumidouro

de carbono do planeta, sendo responsável pela absorção de aproximadamente 90% do excesso de calor e energia liberados pelo aumento das emissões de GEE. Com a intensificação das emissões de GEE na atmosfera, ainda segundo a ONU, isto se reflete no maior aquecimento dos oceanos e na aceleração do processo de derretimento do gelo, de aumento do nível do mar e da acidificação dos oceanos. Como resultado, essas transformações geram significativos impactos na biodiversidade marinha e afetam atividades extremamente importantes para a economia do mar, como a pesca, além de impactar a vida de milhares de pessoas que necessitam do mar para sobrevivência.

A partir deste contexto, torna-se importante analisar a situação atual das emissões de GEE, para traçar estratégias eficazes para lidar com a necessidade de descarbonizar a economia, de modo que seja possível alcançar as metas de redução de emissão de GEE, estabelecidas nos acordos internacionais. A transição energética é imprescindível para a migração do atual cenário para uma economia de baixo carbono. No entanto, este é um processo complexo, que deve ocorrer de forma gradual considerando todos os impactos econômicos, sociais e ambientais dessa alteração. Rosário *et al.* (2021) destacaram que a transição energética acontece em meio ao aumento da demanda mundial de energia e a necessidade de se reduzir a participação dos combustíveis fósseis na matriz energética. Isto demandará, inevitavelmente aumento da utilização de fontes renováveis e da eficiência energética de modo a reduzir a intensidade de carbono da economia.

No âmbito das emissões específicas da economia do mar brasileira, o maior desafio encontra-se no setor energético. De acordo com Rosário *et al.* (2021, p. 754-755), a exploração da energia *offshore*, que são as produzidas nos oceanos “compreende os recursos energéticos oriundos do subsolo marinho (petróleo e gás), a energia renovável do oceano (marés, ondas, correntes, gradiente térmico e gradiente salino), e a energia gerada na superfície dos oceanos (eólica e solar *offshore*).” No Brasil, atualmente, conforme pontuado por Carvalho (2018), são utilizados apenas os recursos do subsolo marinho para a geração de energia proveniente do mar, através da exploração de petróleo e gás natural e, esta é uma das atividades que mais emitem GEE na atmosfera.

De forma a expandir a compreensão sobre como os fatores antrópicos contribuem para o comportamento das emissões de gases de efeito estufa, Yoichi Kaya desenvolveu a identidade de Kaya. Conforme demonstrado abaixo, a identidade de Kaya é uma equação matemática na qual as emissões de GEE (C) são decompostas em quatro fatores: (i) população (P), (ii) PIB *per capita* (PIB/P), (iii) intensidade energética (Energia/PIB) e (iv) intensidade de carbono (C/Energia). (FEIJÓ *et al.* (2018).

$$C = P \times \frac{PIB}{P} \times \frac{Energia}{PIB} \times \frac{C}{Energia} \quad (1)$$

Segundo, González-Torres *et al.* (2021), a identidade de Kaya tornou-se uma referência no campo de pesquisa sobre mudanças climáticas, sendo uma ferramenta de análise utilizada por várias organizações internacionais, como o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e a Agência Internacional de Energia (IEA). No Brasil, através da identidade de Kaya, Feijó *et al.* (2018) constataram que, de 1990 a 2014, mesmo com a participação do país em acordos internacionais para redução das emissões de GEE, estas apresentaram aumento maior do que a do consumo de energia, o que indica que tem havido aumento da intensidade de carbono no país.

2 METODOLOGIA

O limite estabelecido para a contabilização da economia do mar neste trabalho foi o costeiro, o que significa que o total das emissões líquidas de GEE dos 279 municípios defrontantes com o mar, de acordo com IBGE (2021), foram associados a economia do mar. Adicionalmente optou-se pela análise específica das emissões líquidas de GEE do setor de energia², pela importância que este possui nas emissões da economia do mar.

O principal indicador utilizado são os dados das Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases (SEEG), produzidos pelo Observatório do Clima. Foram consideradas as emissões e remoções, de 2000 a 2019, dos seguintes GEE: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e hidrofluorcarbonetos (HFCs). As informações de emissões líquidas (emissões descontadas das remoções) foram utilizadas em carbono equivalente (CO₂e), na métrica GWP (potencial de aquecimento global) e fator de conversão AR5.

Os dados foram coletados a nível municipal e agregados em: (i) economia do mar – para os municípios defrontantes com o mar, (ii) economia do interior - para os municípios sem faixa litorânea e, (iii) localidade não identificada. De acordo com SEEG (2022a), os dados desagregados a nível municipal estão em fase de validação, por terem

²O setor de energia refere-se as emissões pela queima de combustíveis e fugitivas. De acordo com o SEEG (2022b, p. 9), os processos de queima de combustíveis “abrange a exploração e extração de fontes primárias de energia; a conversão de fontes primárias em fontes secundárias (refinarias de petróleo, unidades produtoras de biocombustíveis, centrais de geração de energia elétrica etc.) e o uso final de energia em aplicações móveis ou estacionárias” enquanto as emissões fugitivas ocorrem por descargas decorrentes dos processos produtivos envolvendo combustíveis fósseis, podendo, ou não, ser intencionais.

sido desenvolvidos a partir de algumas simplificações e, por isso, não foi possível alocar todas as emissões por localidade. De forma a reduzir a parcela de dados com localidade não identificada, foram realizados dois tratamentos na base de dados original do SEEG.

O primeiro foi alocar, na economia do interior, os dados que, apesar de não terem identificação municipal tenham identificação estadual, das unidades da federação (UF) que não fazem fronteira com o mar. Esse procedimento foi aplicado nos dados sem identificação municipal de dez UF: Acre, Amazonas, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rondônia, Roraima e Tocantins.

O segundo tratamento foi realizado na atividade de exploração de petróleo e gás natural. Esta informação não tem identificação de localidade para nenhum município, sendo discriminada apenas a nível estadual. A partir dos dados de produção de petróleo e gás natural da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), foi estimada a parcela das emissões líquidas de GEE associadas a cada localidade de produção (mar ou terra), pela aplicação dos percentuais relativos à produção por localidade em cada estado. A estimativa de emissão líquida de GEE na produção de petróleo e gás natural marítima foi associada a emissão da economia do mar, enquanto a emissão estimada para a produção terrestre foi associada a economia do interior.

Como precaução, foi feita a análise das emissões líquidas de GEE dos dados que, após a aplicação dos dois tratamentos, permaneceram com localidade não identificada. Para isto, a evolução da economia do mar e da economia do interior foi analisada com a adição integral dos dados sem localidade definida. O objetivo de incluí-los integralmente na análise dos dois grupos foi o de verificar se isto alteraria a tendência da série histórica. Caso modificasse, haveria o risco de a análise não retratar a realidade do comportamento das emissões na região. Os resultados obtidos para a verificação mostraram que, a inclusão dos dados sem localidade identificada não alterou a tendência das emissões³.

Além do SEEG, foram utilizados, como já mencionado, dados de produção de petróleo e gás natural da ANP, de 2000 a 2019, a nível estadual desagregados por localização (terra e mar). Também foram coletados dados anuais do IBGE do Produto Interno Bruto dos Municípios⁴, e das Estimativas da População, ambos de 2000 a 2019 e

³Os dados que permaneceram com localidade não identificada e, portanto, foram desconsiderados neste trabalho, representaram cerca de 8% do total de emissões líquidas do Brasil, na média de 2000 a 2019.

⁴Os dados do Produto Interno Bruto dos Municípios, compatíveis com a atual classificação SCN 2010 estão disponíveis desde 2002. Para a obtenção da série histórica desde 2000, as séries da versão anterior (1999-2004) foram agregadas a atual através da variação anual da série em valores correntes. Para a transformação dos dados para Reais de 2019, foi aplicado o deflator implícito do estado de referência em cada município. O deflator implícito por UF foi calculado através do IBGE/Sistema de Contas Regionais.

a nível municipal. Por fim, para a estimativa da variável de ‘Energia’ da identidade de Kaya, foram utilizados os dados anuais da oferta interna de energia nacional, divulgados no Balanço Energético Nacional da Empresa de Pesquisa Energética.

A estimação da oferta interna de energia (OIE) para a economia do mar foi calculada pela aplicação, para cada ano, do coeficiente obtido pela razão da OIE nacional sobre o PIB brasileiro a preços de 2019, no PIB litorâneo⁵ a preços de 2019. A correlação das variações anuais da OIE e do PIB a preços constantes de 2019 foi de 0,86 no Brasil, entre 2001 e 2019. A hipótese adotada, para a aplicação dos mesmos coeficientes do Brasil na economia do mar, é que a relação entre a OIE e o PIB, na economia do mar, permanece a mesma do Brasil.

3 EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES LÍQUIDAS DE GEE

As emissões líquidas brasileiras de GEE retrairam 36,2%, entre 2000 e 2019, o equivalente à média de -2,3%, ao ano. Conforme apontado na Tabela 1, onde são apresentadas as taxas de variação acumulada das emissões líquidas de GEE, entre 2000 e 2019, por localização e setores, essa redução deveu-se, exclusivamente, a queda das emissões líquidas de GEE do setor de mudança de uso da terra e florestas, que recuou 85,1%, no período. Cabe destacar que, este setor foi o único, dentre os cinco investigados, a apresentar retração, tanto no país, quanto na análise das economias do mar e do interior.

Tabela 1 - Taxa de variação acumulada das emissões líquidas de GEE, de 2000 a 2019, por localidade – em %

Localidade	Setores					
	Total	Agropecuária	Energia	Mudança de Uso da Terra e Florestas	Processos Industriais	Resíduos
Total do Brasil*	-36,2	28,5	42,3	-85,1	34,2	78,6
Economia do mar	16,3	4,5	114,6	-97,7	1119,1 ⁶	105,7
Economia do interior	-40,9	29,1	49,8	-84,6	88,8	74,1

Fonte: Elaborada pela autora com dados do SEEG, 2022/Coleção 2.0 e da ANP.

*inclui os dados com localização não identificada.

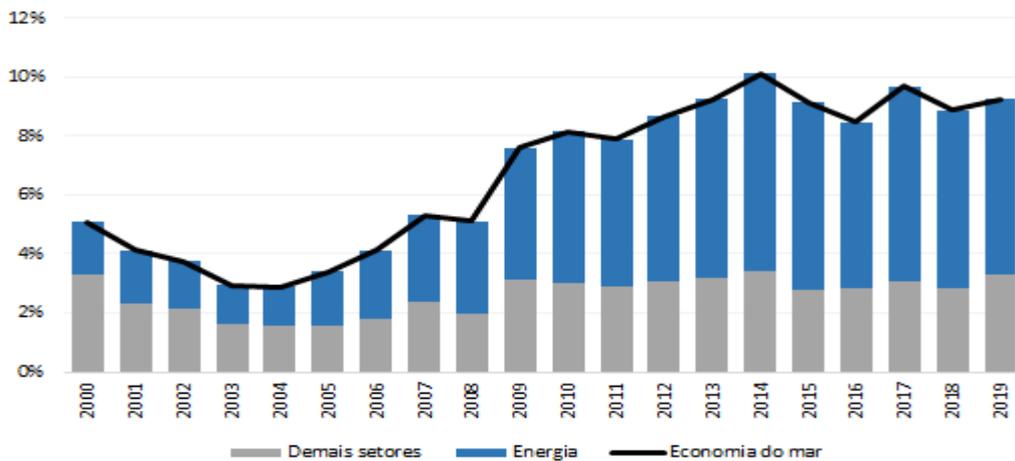
⁵Somatório do PIB dos 279 municípios defrontrantes com o mar.

⁶O SEEG (2022a) aponta que, o dado com localidade indefinida “está concentrado em energia e processos industriais e, portanto, quando avaliando emissões por estado para estes setores deve-se ter cautela no uso dos dados.” Com base nisto, as expressivas variações das emissões nos setores de energia e de processos industriais da economia do mar podem ser devidas a uma maior abrangência da identificação de localidade das informações ao longo da série histórica. Contudo, mesmo que isto seja verdadeiro, a verificação realizada na base de dados mostrou que, mesmo que toda a informação sem localidade definida fosse associada a economia do mar, ainda assim teria sido observado crescimento de 30,2%, 13,4% e 1,2% nos setores de energia, processos industriais e total das emissões líquidas da economia do mar, respectivamente.

Na análise regional, a retração das emissões líquidas de GEE nacionais é explicada pela queda das emissões da economia do interior, com queda de 40,9%. Em contrapartida, as emissões líquidas de GEE da economia do mar cresceram 16,3%, entre 2000 e 2019.

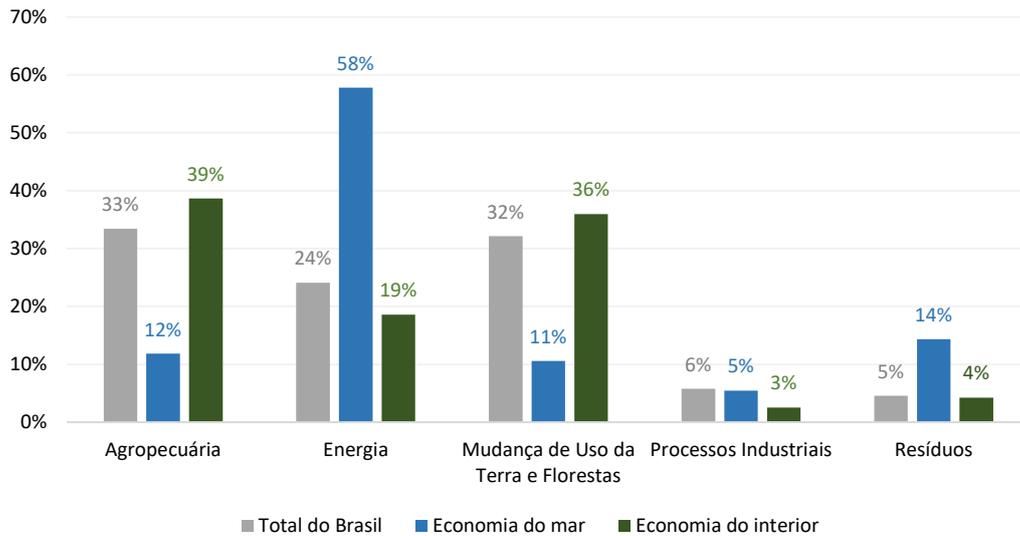
A partir do crescimento das emissões líquidas de GEE da economia do mar, 9% do total das emissões brasileiras de 2019, foram emitidas nesta região; percentual que praticamente duplicou, desde 2000, quando era de 5%. Conforme ilustrado no Gráfico 1, que mostra a participação das emissões líquidas de GEE da economia do mar, por setor, essa elevação deveu-se, principalmente, ao setor de energia. Em 2000, o setor de energia do mar representava 2% do total de emissões líquidas do país, em 2019 este percentual foi de 6%.

Gráfico 1 - Participação da economia do mar nas emissões líquidas de GEE do Brasil – em %



Fonte: SEEG, 2022/Coleção 2.0 e ANP. Elaboração própria.

O setor energético é o principal emissor líquido de GEE da economia do mar. Conforme apresentado no Gráfico 2, onde são apresentadas a distribuição das emissões líquidas de GEE por setores e localidades, na média de 2000 a 2019, 58% das emissões da economia do mar deveram a energia; no Brasil este percentual foi de 24%.

Gráfico 2 - Distribuição percentual das emissões líquidas de GEE por setores e localidades – Média de 2000 a 2019 - %

Fonte: SEEG, 2022/Coleção 2.0 e ANP. Elaboração própria.

Os setores de agropecuária e de mudança de uso da terra e florestas são os principais emissores do país sendo, conjuntamente, responsáveis por mais de 70% do total de emissões líquidas nacionais, no período. Em contrapartida, na economia do mar, estes setores representam apenas 23% do total de emissões líquidas de GEE; menos da metade da participação das emissões do setor energético do mar.

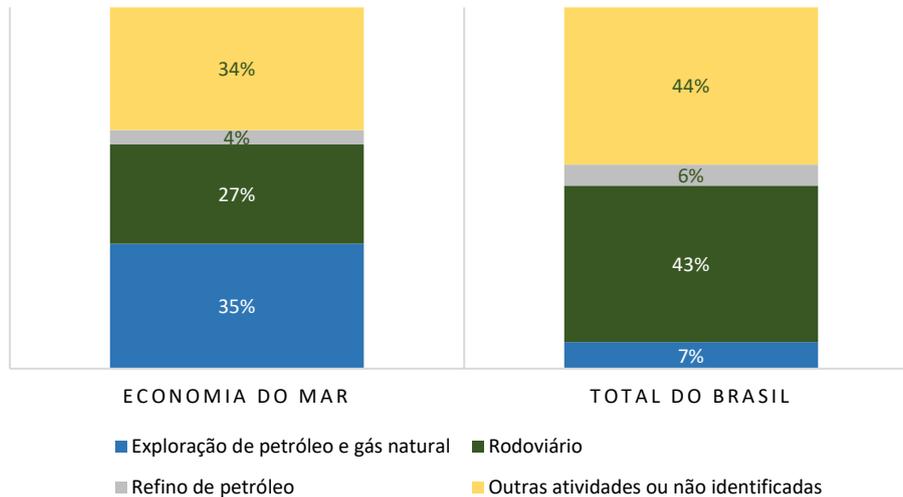
As diferenças de padrão das emissões líquidas de GEE nacionais e na economia do mar mostram a importância de se analisar as emissões da economia do mar de forma exclusiva. A grande alteração no padrão de emissão dos setores modifica a abordagem de política pública necessária para estimular a redução da emissão de GEE. No total do Brasil, o controle do desmatamento e das queimadas é o principal ponto estratégico para a redução das emissões líquidas de GEE. Na economia do mar, as ações devem priorizar o setor energético, por ser o seu maior poluidor.

3.1 Análise do setor energético

As emissões líquidas de GEE da atividade de exploração de petróleo e gás natural apresentaram maior participação no setor energético do mar do que no setor energético do país. Na média entre 2000 e 2019, as emissões desta atividade representaram 27% do total de emissões da energia do mar. No total do Brasil, correspondeu a apenas 1% do

total de emissões da energia. No Gráfico 3, são apresentadas as composições das emissões líquidas de GEE do setor de energia na economia do mar e no total do país, em 2019.

Gráfico 3 - Composição das emissões líquidas de GEE do setor de energia por atividades e localidades – 2019 - %



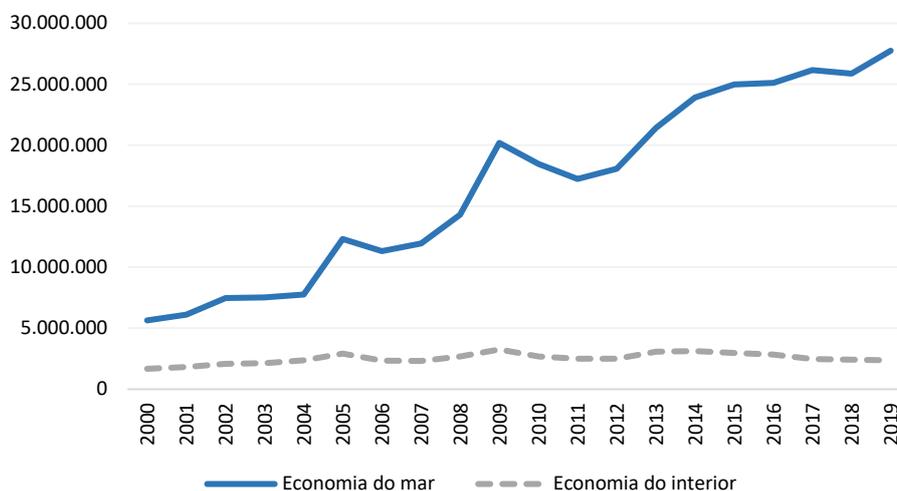
Fonte: SEEG, 2022/Coleção 2.0 e ANP. Elaboração própria.

Nota-se que a atividade rodoviária é a maior emissora líquida de GEE do setor energético no Brasil, com 43% das emissões do setor sendo associadas a esta atividade. Na economia do mar, a atividade rodoviária também se destacou, sendo responsável por 27% das emissões da energia do mar, em 2019. Até 2015, esta era a principal atividade emissora do setor energético do mar, no entanto, com a expansão da produção de petróleo e gás, principalmente de forma marítima, as emissões líquidas de GEE desta atividade mais que quadruplicaram, entre 2000 e 2019, e passaram a ser as maiores da energia do mar, a partir de 2016.

A análise dos dados de produção de petróleo e de gás natural explica a maior emissão relativa de GEE na economia do mar, em comparação ao país. Em 2019, segundo dados da ANP, 96% da produção nacional de petróleo e 81% da produção de gás natural foram realizadas pelo mar. A produção de petróleo marítima cresceu 161,7%, entre 2000 e 2019, enquanto a terrestre retraiu 50,2%. A produção de gás natural cresceu nas duas formas, porém a produção marítima cresceu 352,5%, no período, taxa seis vezes maior que da produção terrestre. Por esta razão, a evolução das emissões líquidas de GEE da atividade de exploração de petróleo e gás natural da economia do mar descolaram substancialmente das emissões da atividade terrestre. O Gráfico 4 apresenta os dados das

emissões líquidas de GEE da atividade de petróleo e gás natural, na economia do mar, por local de produção.

Gráfico 4 - Emissões líquidas de CO₂e da atividade de exploração de petróleo e gás natural por localidade – em toneladas na métrica GWP-AR5



Fonte: SEEG, 2022/Coleção 2.0 e ANP. Elaboração própria.

Nota-se que, a produção brasileira de petróleo e gás natural marítima tem crescido desde 2000, contudo, na última década, houve aceleração desse crescimento, devido ao início das operações de exploração na camada pré-sal. Por ser produção *offshore*, a extração no pré-sal impacta integralmente na economia do mar. De acordo com a Petrobrás (2022), com a exploração no pré-sal, a produção diária de petróleo foi de um nível de 500 mil barris por dia, em 2014, para o patamar de 1,5 milhão de barris por dia, em 2018. Com isso, a emissão líquida de GEE do segmento na economia do mar cresceu, em média, 8,8% ao ano, entre 2000 e 2019.

Devido ao significativo tamanho da descoberta das reservas do pré-sal, a redução das emissões de GEE da atividade de exploração de petróleo e gás natural podem ser consideradas “uma das questões mais desafiadoras para o debate sobre o desenvolvimento sustentável brasileiro entre governo, setor privado, instituições científicas e sociedade civil.” (MENDES, *et al.*, 2012).

4 ANÁLISE ESTADUAL

A economia do mar brasileira é bastante concentrada em poucos estados. Embora os municípios defrontantes com o mar estejam localizados em 17 estados, em torno de 74% das emissões líquidas de GEE, entre 2000 e 2019, concentraram-se em apenas cinco

deles. Estes estados são o Rio de Janeiro, o Espírito Santo, a Bahia, o Ceará e o Maranhão. Em termos socioeconômicos, 63% da população litorânea reside nesses estados e 72% do PIB dos municípios defrontantes com o mar encontra-se nestes cinco estados.

Tabela 2 - Distribuição estadual da economia do mar brasileira, segundo variáveis de emissões líquidas de GEE, PIB e população, na média de 2000 a 2019 - %

Localização	Emissões de CO ₂ e da economia do mar	Emissões de CO ₂ e do setor de energia do mar	População litorânea	PIB litorâneo
BRASIL	100%	100%	100%	100%
RJ	37%	48%	31%	47%
ES	11%	8%	5%	7%
BA	11%	7%	12%	9%
CE	8%	7%	10%	6%
MA	7%	4%	5%	3%
PA	6%	0%	2%	0%
PE	5%	6%	10%	8%
SC	4%	4%	4%	5%
RS	4%	2%	1%	1%
SP	3%	4%	5%	5%
RN	2%	2%	4%	3%
PB	2%	2%	3%	2%
AL	2%	1%	3%	2%
SE	1%	1%	2%	2%
PR	0%	1%	1%	1%
PI	0%	0%	1%	0%
AP*	-2%	1%	1%	1%

Fonte: SEEG, 2022/Coleção 2.0, ANP e IBGE. Elaboração própria.

*A participação das emissões líquidas totais no Amapá é negativa devido as remoções serem maiores que as emissões. Isto é explicado pelas remoções do setor de mudanças de uso da terra e das florestas.

Na Tabela 2, é apresentada como são distribuídos, pelas UF brasileiras, os dados da economia do mar, de emissões líquidas de GEE totais e do setor de energia, da população residente no litoral e do PIB litorâneo. Para isto as informações dos municípios defrontantes com o mar foram agregadas nas 17 unidades da federação.

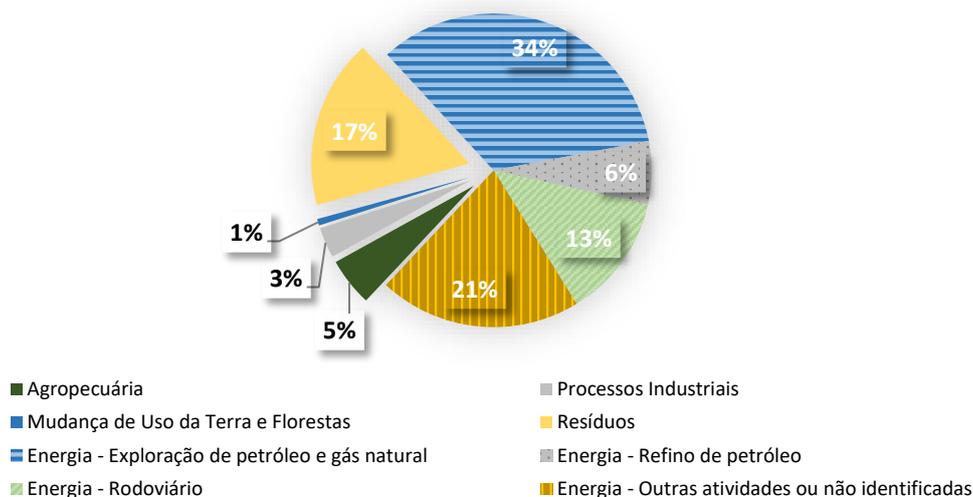
O Rio de Janeiro destaca-se como o estado com maior participação nas quatro métricas analisadas. Com 47% do PIB e 31% da população litorânea, consequentemente é o estado que mais gera emissões líquidas de GEE na economia do mar nacional; 37% das emissões da economia do mar brasileira devem-se a este estado. Na análise do setor de energia do mar, este percentual é ainda mais elevado sendo de aproximadamente metade das emissões líquidas nacionais de responsabilidade do Rio de Janeiro, na média de 2000 a 2019. Devido a este contexto, a análise da emissão líquida de GEE da economia do mar do estado do Rio de Janeiro foi explorada detalhadamente.

A atividade de exploração de petróleo e gás natural contribuiu para a elevada participação do Rio de Janeiro nas emissões nacionais da economia do mar. Entre 2000 e

2019, segundo a ANP, o Rio de Janeiro foi responsável por 77% da produção nacional de petróleo e 43% da produção nacional de gás natural, sendo o maior estado produtor destes produtos no Brasil. É importante destacar que toda a produção de petróleo e gás natural fluminense é *offshore*, sendo, portanto, integralmente da economia do mar. Esta é uma das razões pela qual o Rio de Janeiro é a única UF em que as emissões líquidas de GEE estão mais concentradas na economia do mar do que no interior. Entre 2000 e 2019, as emissões líquidas do litoral fluminense responderam por 62% do total de emissões do estado.

No Gráfico 5 é apresentada a distribuição percentual das emissões líquidas de GEE da economia do mar do Rio de Janeiro, por setores, com destaque para a desagregação das emissões do setor de energia do mar. De 2000 a 2019, 74% das emissões líquidas de GEE da economia do mar do Rio de Janeiro foram devidas ao setor energético, que no Gráfico está subdividido em quatro atividades. Na média de 2000 a 2019, a atividade que mais emitiu GEE, no setor energético do mar no Rio de Janeiro, foi a de exploração de petróleo e gás natural, sendo responsável por 34% das emissões líquidas do estado. Este percentual é o dobro do registrado pelo setor de resíduos que, após o energético, foi o que mais gerou GEE na economia do mar no estado, dos cinco grandes investigados.

Gráfico 5 - Composição das emissões líquidas de GEE da economia do mar do estado do Rio de Janeiro - Média de 2000 a 2019 - %



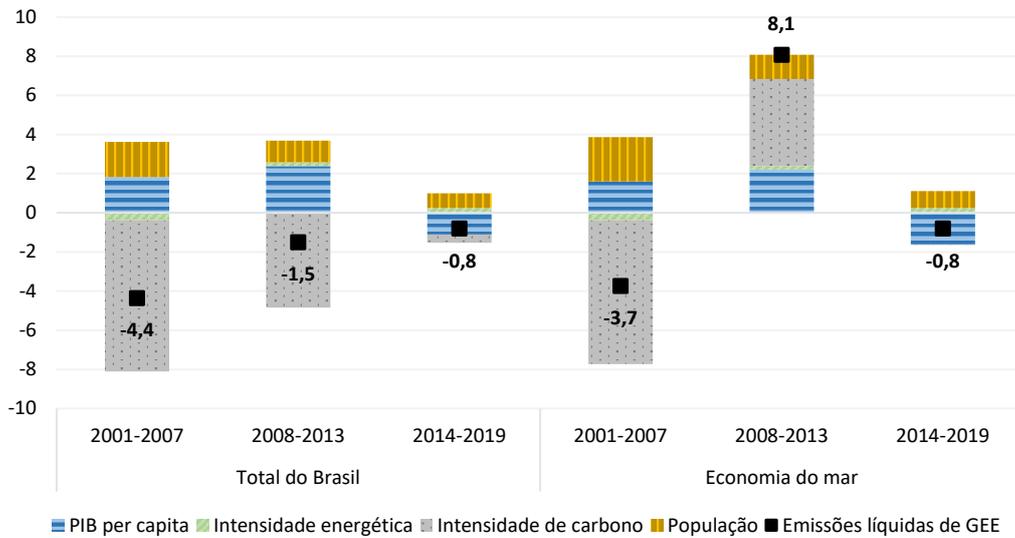
Fonte: SEEG, 2022/Coleção 2.0 e ANP. Elaboração própria.

De acordo com o decreto nº 47.638 (Rio de Janeiro (Estado), 2021), o estado do Rio de Janeiro tem como meta se tornar neutro em carbono (com zero emissões líquidas de gases efeito estufa) até 2045. Com base nos resultados apresentados para a economia do mar fluminense, onde destaca-se a importância da atividade de petróleo e gás natural nas emissões líquidas de GEE, atingir esta meta só será possível caso haja inserção de geração de fontes de energia menos poluentes no estado ou, haja redução da intensidade de carbono na atividade de exploração de petróleo e gás natural no estado.

5 IDENTIDADE DE KAYA

No Gráfico 6, são apresentadas as variações anuais médias, por período, dos componentes da identidade de Kaya para o total de emissões líquidas de GEE do Brasil e para a economia do mar. A análise foi agregada para três períodos específicos: de 2001 a 2007; de 2008 a 2013 e; de 2014 a 2019, para facilitar a visualização das principais diferenças observadas entre as variações do total do Brasil e da economia do mar.

As variações das emissões líquidas de GEE do Brasil apresentaram queda nos três períodos analisados. A intensidade de carbono, que mede o nível de emissão líquida de GEE em relação ao PIB, é o principal fator explicativo para estes recuos. Devido as reduções no nível de queimadas e do desmatamento, as emissões líquidas de GEE do setor de mudança de uso da terra e floresta caíram expressivamente e contribuíram para a redução da intensidade de carbono no país. Segundo Neto (2021) a adoção de diversas políticas públicas destinadas ao combate do desmatamento, principalmente a partir de 2004, foram fundamentais para a redução das emissões líquidas de GEE deste setor.

Gráfico 6 - Decomposição da Identidade de Kaya por localidade – Taxa de variação média anual por período - %

Fonte: SEEG, 2022/Coleção 2.0 e ANP. Elaboração própria.

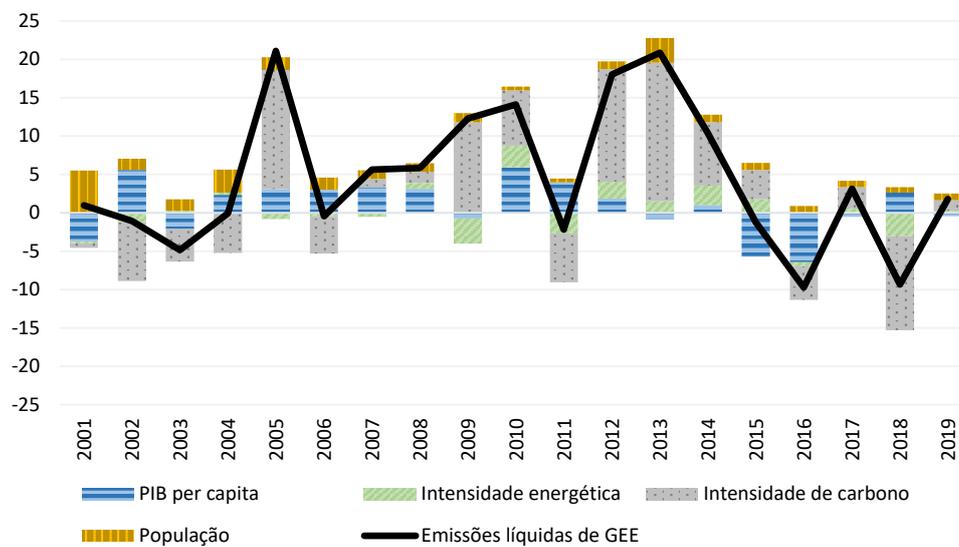
Na análise das emissões líquidas totais de GEE da economia do mar, a retração média de 3,7% ao ano, entre 2001 e 2007, também foi influenciada pelas reduções da intensidade de carbono, que ocorreu em praticamente todos os setores. As maiores diferenças entre as emissões líquidas totais de GEE da economia nacional e da economia do mar encontram-se no período de 2008 a 2013. No Brasil, as emissões líquidas de GEE tiveram, em média, queda de 1,5%, ao ano, enquanto na economia do mar, cresceram 8,1%. A intensidade de carbono explica essas diferenças. No Brasil, ela foi a única variável a contribuir para a retração das emissões. Em contrapartida, na economia do mar, a intensidade de carbono foi a principal variável a contribuir para o crescimento das emissões líquidas de GEE, no período. Este resultado indica que houve, na economia do mar, intensificação da emissão líquida de GEE por unidade de PIB gerada, ou seja, o nível de poluição aumentou mais que o do PIB; cenário oposto do que se almeja.

Entre 2014 e 2019, as emissões líquidas de GEE da economia do mar voltaram a retrair a taxa média de -0,8%, ao ano. A variável responsável por esse desempenho foi o PIB *per capita*, que recuou 1,6% ao ano, em média. Este resultado mostra que as emissões líquidas de GEE da economia do mar retraíram devido à forte crise econômica enfrentada pelo Brasil, e não pela economia ter apresentado ganho de eficiência energética e/ou redução da intensidade de carbono.

5.1 Identidade de Kaya das emissões líquidas de GEE da energia do mar

As emissões líquidas de GEE do setor de energia do mar cresceram, em média, 4,1% ao ano, entre 2000 e 2019. No total do Brasil, o crescimento médio das emissões do setor energético foi de 1,9% ao ano, no mesmo período. No Gráfico 7 são apresentadas as variações anuais das emissões da energia do mar decompostas pela identidade de Kaya, para os anos de 2000 a 2019.

Gráfico 7 - Decomposição da Identidade de Kaya do setor energético da economia do mar – Taxa de variação anual - %



Fonte: SEEG, 2022/Coleção 2.0 e ANP. Elaboração própria.

A análise das variações apresentadas mostra que, a intensidade de carbono foi o fator com maior relevância no comportamento das emissões do setor de energia do mar. Nos anos em que a intensidade de carbono retraiu, em geral, as emissões líquidas também caíram e, nos anos em que ela cresceu, também foi observado crescimento nos níveis de emissões líquidas. A intensidade de carbono mede a relação entre as emissões líquidas de GEE e o PIB. Logo, quando a intensidade de carbono aumenta, isto significa que o aumento do nível das emissões líquidas de GEE foi maior que o aumento do PIB. A partir disto, conclui-se que, os expressivos aumentos das emissões líquidas de GEE do setor de energia do mar em 2005, 2009, 2010, 2012, 2013 e 2014 ocorreram, porque o nível das emissões líquidas apresentou crescimento maior do que o do PIB, ou seja, o aumento de emissões não se refletiu em crescimento do PIB, ao menos não na mesma magnitude.

Além da intensidade de carbono, é interessante analisar os aspectos econômicos e sociais na determinação das emissões líquidas de GEE do setor de energia do mar. O PIB *per capita*, em geral, contribuiu positivamente para o aumento das emissões, entre 2000 e 2019. A exceção do ano de 2013, em todos os demais em que o PIB *per capita* contribuiu para a redução das emissões líquidas de GEE, foi devido a crises econômicas no país. Dentre eles, o período entre 2014 e 2016 se destaca, pelo fato de o Brasil ter vivenciado uma das principais crises econômicas de sua história. Desde 2012, o PIB *per capita* pouco contribuiu para o aumento das emissões de GEE tendo, inclusive, colaborado para a sua redução, como foi observado em 2015 e 2016. Nestes anos, o PIB brasileiro recuou 3,6% e 3,5%, de acordo com o IBGE. A redução das emissões líquidas de GEE nestes anos foi, portanto, devido ao empobrecimento da população e não por ganhos de eficiência produtiva. Pelo contrário, a intensidade energética colaborou para o aumento das emissões líquidas de GEE, entre 2012 e 2015. A elevação da intensidade energética, que mede a oferta de energia interna em relação ao PIB, indica que a economia do mar se tornou menos eficiente no período, necessitando de uma maior oferta de energia para a geração do mesmo montante de PIB. Com relação a população, houve contribuição positiva para o aumento das emissões líquidas de GEE, comportamento esperado, tendo em vista que houve crescimento populacional durante todo o período e, com isso, há aumento de demanda por todas as atividades econômicas, o que eleva o nível de emissões líquidas de GEE.

Estes resultados mostram a urgência de se investir em eficiência energética na economia do mar. Em um cenário de expansão econômica, é esperado que o PIB *per capita* cresça e contribua em alguma medida para o aumento das emissões líquidas de GEE. A compensação do aumento das emissões, devido ao crescimento econômico, deve ser realizada por ganho de eficiência, seja ela energética ou de carbono.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi o de analisar as emissões líquidas de GEE da economia do mar brasileira. Com isto, buscou-se mapeá-la, a despeito das limitações dos dados no nível de desagregação utilizados. No atual momento, em que as mudanças climáticas decorrentes de ações antrópicas se tornam, cada vez mais, uma preocupação mundial, é importante que iniciativas de mensuração desses impactos sejam realizadas, já que são através de dados que as políticas públicas conseguem ser mais assertivas. Com

foco no desenvolvimento econômico a partir do mar, é ainda mais relevante considerar as questões ambientais na adoção de medidas, dado todo o contexto que a economia azul traz relacionado a sustentabilidade.

O Brasil apresentou reduções de emissões líquidas totais de GEE, entre 2000 e 2019. No entanto, para a economia do mar brasileira, as emissões líquidas de GEE cresceram. A adoção de políticas públicas com objetivo de redução de queimadas e desmatamento foi crucial para a retração nacional de emissões líquidas. Na economia do mar, devido ao maior peso das emissões ser causado pelo setor energético, o crescimento das emissões deste setor foi o principal causador do aumento de emissões líquidas na região. A principal atividade poluente do setor de energia do mar é a de exploração de petróleo e gás natural. Dada a perspectiva de aumento da produção nos próximos anos, influenciada pela exploração das reservas de pré-sal, é provável que as emissões líquidas de GEE da economia do mar continuem em crescimento.

Existem alternativas para tornar o setor energético do mar menos poluente, como a geração de energia por marés, ondas, entre outras. Contudo, a geração de energia eólica *offshore* tem se destacado no mundo como uma das principais fontes para diversificar a matriz energética. O Brasil tem grande potencial para a geração de energia por esta fonte. Segundo a EPE (2020), a capacidade de geração do país por eólica *offshore* é de 700 GW

A indústria eólica *offshore* ainda não está regulamentada no país e, a perspectiva da Associação Brasileira de Energia Eólica é de que entre em operação a partir de 2030 (RODRIGUES, 2022). Apesar desta espera, o Brasil possui a vantagem de ter conhecimento no desenvolvimento de infraestrutura e logística em atividades *offshore*, adquirido na exploração de petróleo e gás natural. Isto pode colaborar positivamente para a transição energética do mar brasileira e, espera-se que as políticas públicas atuem de modo a encorajar essa transição. A partir do mar pode-se traçar um caminho viável e promissor para que a economia se torne cada vez mais sustentável, algo que será imperativo no futuro próximo.

REFERÊNCIAS

ANP [Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis]. **Produção de Petróleo e Gás Natural**. Boletim Mensal de Produção, 2022.

CARVALHO, A. **Economia do mar: conceito, valor e importância para o Brasil.**

Tese de Doutorado em Economia do Desenvolvimento, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/7915>

CUNHA, I. Desenvolvimento sustentável na costa brasileira. **Revista Galega de Economia**, v. 14, n.1-2, p.1-14, 2005. Disponível em:

https://www.usc.es/econo/RGE/Vol14_1_2/Outros/art4b.pdf

ECONOMIA AZUL [Centro de Competência e Desenvolvimento Economia Azul].

Economia Azul: A nova Economia do Mar, 2022. Disponível em:

<https://www.economiaazul.pt/economia-azul-economia-do-mar>

EPE [Empresa de Pesquisa Energética] **Balço Energético Nacional (BEN) Séries Históricas e Matrizes**, 2022.

_____. **Roadmap Eólica Offshore no Brasil**, Rio de Janeiro, 2020.

FEIJÓ, G., RANGEL, J. Análise do comportamento das emissões de dióxido de carbono (CO₂) do Brasil e de outros países por meio da Identidade de Kaya e do Perfil de Emissões. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 46, p. 1-22, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/55087>

GONZÁLEZ-TORRES M., PÉREZ-LOMBARD L., CORONEL J., MAESTRE I., **Revisiting Kaya Identity to define an emissions indicators pyramid**, Journal of Cleaner Production, v.317, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621025427>

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística] **Produto Interno Bruto dos Municípios**, 2000-2019. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **Sistema de Contas Regionais**, 2000-2019. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **Estimativas da População**, 2000-2019. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **Municípios defrontantes com o mar**, Rio de Janeiro, 2021.

Marinha do Brasil, **Economia Azul**, [s.d.]. Disponível em:

<https://www.marinha.mil.br/economia-azul/sobre>

MENDES, T., e FILHO, S. Antes do pré-sal: emissões de gases de efeito estufa do setor de petróleo e gás no Brasil. **Estudos avançados**, v. 26, p. 201-218, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3jmYSqffWzMXQ8LykVtpbFp/abstract/?lang=pt>

NADEAU, K., AGACHE, I., JUTEL, M., MAESANO, I., AKDIS, M., SAMPATH, V., D'AMATO, G., CECCHI, L., TRAILD-HOFFMANN, C., AKDIS, C., **Climate change: A call to action for the United Nations**, European Journal of Allergy and Clinical Immunology, 2021. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/all.15079>

NETO, B. Limitação da emissão de gases de efeito estufa, desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise prospectiva. [Colóquio], **Revista do**

Desenvolvimento Regional, v. 18, n. 4, 2021. Disponível em:
<https://seer.faccat.br/index.php/coloquio/article/view/2205>

ONU [Organização das Nações Unidas]. **Blue Economy Concept Paper**, 2014. Disponível em:
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2978BEconcept.pdf>

_____. **Diving into the blue economy**, Departamento de Economia e Relações Sociais. 2022a. Disponível em: <https://www.un.org/en/desa/diving-blue-economy>

_____. **How is climate change impacting the world's ocean**, Climate Action, 2022b. disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/ocean-impacts#:~:text=Today%2C%20the%20ocean%20has%20absorbed,marine%20heatwaves%2C%20and%20ocean%20acidification>

PETROBRÁS, **Pré-sal**, 2022. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>

RIO DE JANEIRO (ESTADO). Decreto nº 47.638, de 08 de junho de 2021. **Institui grupo de trabalho intersecretarial (GTI) com a finalidade de elaborar proposta de regulamentação dos art. 7º, inciso III, e do art. 8º da lei nº 5.690, de 14 de abril de 2010, que institui a política estadual sobre mudança global do clima e desenvolvimento sustentável, e dá outras providências**, 2021.

RODRIGUES, R. **Parques eólicos offshore só deverão iniciar produção de energia em 2030, segundo a Abeeólica**, *Click Petróleo e Gás*, 2022. Disponível em:
<https://clickpetroleoegas.com.br/parques-eolicos-offshore-so-deverao-iniciar-producao-de-energia-em-2030-segundo-a-abeeolica/>

ROSÁRIO, D., VELASCO, D., SIMAS, M., e COMPRIDO, S. Sinergia dos setores de petróleo e eólico offshore para desenvolvimento e descarbonização da economia azul no Brasil. *Revista Da Escola De Guerra Naval*, v. 27, n. 3, p. 753-782, 2022. Disponível em: <https://revista.egn.mar.mil.br/index.php/revistadaegn/article/view/1164>

SEEG [Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa], **Base de Dados de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Municípios Brasileiros 2000-2019**, Observatório do Clima, Coleção 2.0, 2022a.

_____. **Nota Metodológica Setor de Energia**, Observatório do Clima, 2022b.

WINTHER, J., DAI, M., RIST, T. *et al.* Integrated ocean management for a sustainable ocean economy. *Nature Ecology & Evolution*, v.4, p.1451–1458, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41559-020-1259-6#citeas>

Os artigos assinados são de inteira responsabilidade dos autores, bem como no que se refere ao uso de imagens.