

Intensidade e Eficiência Energética: Explorando Sinergias para Avanços Sustentáveis

Lucas Samuel de Lima Tiburcio¹, Paulo Fernando Silva¹,
Antonio Cesar Germano Martins¹, Helmo Kelis Morales Paredes¹

¹Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Sorocaba, Brasil (lucas.tiburcio@unesp.br)

Resumo: A crescente demanda energética, impulsionada pelo aumento populacional, a atividade econômica e a busca por qualidade de vida, aliada à necessidade de mitigar os impactos ambientais, ressalta a relevância da eficiência energética na construção de um futuro sustentável, econômico e seguro. Neste contexto, este estudo aborda os conceitos e indicadores utilizados para mensurar a intensidade e a eficiência energética, destacando os benefícios para empresas e países que investem nesse setor. Entre esses benefícios estão a redução dos custos de produção, a geração de empregos em energias renováveis e o desenvolvimento de soluções tecnológicas para a melhoria da eficiência. Os resultados da análise demonstram que 2022, embora o consumo global de energia tenha crescido menos que o PIB mundial, a eficiência energética global sofreu uma redução de 1,9%, enquanto no Brasil essa redução foi de 0,4%. Esses dados evidenciam a necessidade urgente de aprimorar a eficiência energética como meio de fomentar um modelo energético sustentável e impulsionar o desenvolvimento socioeconômico.

Palavras-chave: Eficiência energética; Intensidade energética; Consumo de energia; Sustentabilidade; Fontes de energias renováveis.

INTRODUÇÃO

A complexa rede de desafios relacionados à energia desempenha um papel essencial na orientação dos caminhos da sociedade contemporânea. Além disso, exerce influência direta nos aspectos econômicos e impacta significativamente o meio ambiente (Rosen, 2021). A ineficiência energética, que se manifesta na exigência de uma maior quantidade de energia para a execução de tarefas idênticas, pode conduzir a um substancial desperdício de recursos financeiros (Singh, Ru 2022). Esse cenário eleva os custos de energia para indivíduos, empresas e os serviços públicos, impactando negativamente a competitividade econômica do país. Além disso, essa ineficiência pode afetar desproporcionalmente grupos socioeconômicos vulneráveis, que podem enfrentar dificuldades para arcar com contas de energia mais elevadas (Bonan, Pareglio, Tavoni, 2017).

Essa situação também contribui para um aumento nas emissões de poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa, agravando a poluição do ar, as mudanças climáticas e outros problemas ambientais (Rosen, 2021). A poluição resultante pode ter impactos adversos na saúde pública, aumentando o risco de doenças respiratórias e outros problemas de saúde (Wei et al. 2021). Diante desse quadro, torna-se imperativo buscar soluções que conciliem o

desenvolvimento socioeconômico com o bem-estar da sociedade, em conjunto com a preservação do meio ambiente (Singh, Ru 2022; Rosen 2021). Nesse contexto, a atenção com a intensidade e a eficiência energética emerge como uma estratégia fundamental para promover a sustentabilidade e o progresso da sociedade (Martinez, Ebenhack, Wagner, 2019).

Com o objetivo de impulsionar soluções para os problemas energéticos discutidos, tais como a ineficiência energética e os impactos ambientais, organizações intergovernamentais, bem como entidades governamentais e órgãos reguladores do setor elétrico, apoiam uma variedade de práticas que visam alcançar benefícios técnicos, econômicos, sociais e ambientais (Ram et al. 2022). Essas estratégias abrangem desde a padronização de procedimentos até a indução de alterações nos comportamentos sociais, incluindo o estímulo a investimentos tanto no âmbito público quanto privado, e a introdução de avanços técnicos em dispositivos e processos.

O Acordo de Paris, juntamente com seu antecessor, o Protocolo de Kyoto, representa iniciativas significativas no âmbito internacional, as quais estabeleceram metas ambiciosas voltadas para a promoção da sustentabilidade mediante a redução das emissões globais de gases de efeito estufa. Como parte



desses acordos, muitos países têm desenvolvido e implementado programas de eficiência energética para cumprir suas metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (Wei et al. 2021).

Os programas de eficiência energética englobam diversos setores, tais como indústria, transporte, construção e agricultura, almejando otimizar a eficiência em todas as fases da cadeia energética. Por sua vez, a organização das nações unidas (ONU) lançou a Agenda 2030, composta por 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), que convocam a ação global para, até 2030, erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e garantir paz e prosperidade (ONU, 2015). A ODS tem interferência direta da gestão energética, por meio da intensidade e a eficiência energética, para progresso das metas estabelecidas. As iniciativas mencionadas, têm como objetivo assegurar a manutenção da eletricidade como um pilar essencial para o desenvolvimento sustentável e econômico, enquanto se dedicam a minimizar os impactos adversos na sociedade e no meio ambiente (ONU, 2015).

Uma das principais vantagens dessas adoções está associada à diminuição dos custos de produção (Ram et al. 2022). Ao implementar métodos e práticas mais eficientes no uso de energia, as empresas reduzem despesas com insumos energéticos, elevando até mesmo a competitividade no mercado financeiro (Ram et al. 2022). Essa busca também estimula a criação de empregos e o surgimento de novas oportunidades de negócio (Blyth et al. 2014). Os benefícios sociais são igualmente expressivos, resultando em uma melhoria na qualidade de vida da população, pois a utilização mais eficiente da energia facilita o acesso a serviços essenciais, como iluminação, transporte e refrigeração, de maneira mais acessível e sustentável (Ram et al. 2022; Blyth et al. 2014).

À medida que as empresas investem em eficiência energética, emergem demandas por profissionais especializados nessa área, como engenheiros e técnicos de energia, consultores em sustentabilidade, analistas de dados ambientais, auditores energéticos entre outros (Blyth et al. 2014; Ram et al. 2022). Esse movimento impulsiona a geração de empregos qualificados e fortalece o mercado de trabalho (Ram et al. 2022). A aplicação abrangente e contínua dessas práticas é fundamental para um futuro mais responsável e equilibrado em termos energéticos (Blyth et al. 2014; Ram et al. 2022).

O presente trabalho enfatiza os conceitos e indicadores empregados na mensuração da intensidade e eficiência energética, visando a proporcionar uma compreensão abrangente de seus significados e importância em vários setores da economia. A revisão de literatura abrange uma variedade de trabalhos relacionados ao

consumo de energia e à eficiência energética em diferentes setores. Os estudos de Bonan, Pareglio, Tavoni (2017), Koroma et al. (2021), evidenciam um interesse compartilhado em enfrentar os desafios energéticos e propor soluções sustentáveis. Em contrapartida, Ram et al. (2022), Jahid et al. (2020), Soni, Mittal, Kapshe (2017) apresentam técnicas inovadoras de desenvolvimento e oportunidades para a geração de empregos. Embora os trabalhos selecionados possuam enfoques específicos, este artigo propõe uma discussão amplamente direcionada para ganhos técnicos, econômicos, sociais e ambientais, incluindo informações frequentemente não consideradas previamente em relação às políticas públicas. Em comparação com as publicações anteriores, este trabalho oferece dados atualizados e amplia a análise dos benefícios da eficiência energética, apresentando discussões técnicas sobre os requisitos e contrastes com outros padrões, tais como normas de eficiência energética para equipamentos, regulamentações de construção sustentável, exigências de consumo energético para indústrias e práticas de gestão de energia em diferentes contextos.

INTENSIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A intensidade energética refere-se à quantidade de energia consumida em relação a uma unidade específica de atividade ou produção, sendo um indicador fundamental para avaliar a eficiência no uso de energia e sua relação com o desempenho econômico e ambiental (Bonan, Pareglio, Tavoni, 2017). Em síntese, a intensidade energética é uma medida que relaciona o consumo de energia com uma determinada variável, como o produto interno bruto (PIB), a área construída ou a produção industrial (Singh, Ru, 2022). A importância da redução da intensidade energética é central para compreender os conceitos e indicadores utilizados para mensurá-la.

Existem diferentes indicadores que permitem avaliar a intensidade energética em distintos setores da economia. Por exemplo, o consumo de energia por unidade de produção pode ser utilizado para medir a intensidade energética industrial, enquanto o consumo de energia por unidade de área pode ser aplicado para mensurar a intensidade energética no setor de construção (Soni, Mittal, Kapshe, 2017). Esses indicadores fornecem uma visão clara do consumo de energia em relação à atividade econômica, permitindo identificar oportunidades de melhoria e estabelecer metas de eficiência energética (Martinez, Elbenhack, Wagner, 2019).

A eficiência energética, por sua vez, é definida pela relação entre a quantidade de trabalho útil gerado por um determinado processo ou dispositivo e a quantidade de energia consumida nesse processo (Martinez, Elbenhack, Wagner, 2019). Dessa forma, a eficiência energética refere-se à capacidade dos

sistemas de conversão de energia de transformar uma forma de energia em outra mais útil, reduzindo ao máximo as perdas indesejadas. Por exemplo, é possível comparar a eficiência energética entre veículos elétricos e os carros movidos a combustíveis fósseis, no qual os veículos elétricos são mais eficientes energeticamente e possuem menos perdas se comparados aos carros convencionais, uma vez que o carro movido eletricamente consegue converter de 70 a 90% da energia armazenada na bateria em movimento, enquanto que o carro movido à combustão converte de 10 a 15% da energia armazenada na forma de combustível (Yassuo, Mayumi, 2022).

Em termos práticos, melhorar a eficiência energética envolve a adoção de tecnologias mais eficientes, práticas destinadas a preservar ou reduzir o consumo total de energia, enquanto reduzir a intensidade energética pode envolver medidas como a otimização de processos que levem a redução do consumo de energia por unidade de produção ou área (Momete, 2018). No entanto, apesar das diferenças, a intensidade energética e a eficiência energética estão intrinsecamente relacionadas (Ram et al. 2022).

A melhoria na eficiência energética de um sistema ou processo resulta em uma redução na intensidade energética, uma vez que mais trabalho útil é obtido com menos energia consumida (Martinez, Ebenhack, Wagner, 2019). Igualmente, reduzir a intensidade energética pode levar a ganhos significativos em eficiência energética, pois indica uma utilização mais eficaz e otimizada da energia em relação à produção ou atividade específica (Momete, 2018). A Figura 1 apresenta a evolução global da intensidade energética durante o período de 2000 a 2022 (Enerdata, 2023), onde pode-se notar uma redução de 1,2% referente ao ano anterior. Embora essa queda tenha sido mais acentuada do que em 2021, ela ocorreu em um ritmo mais lento do que a tendência histórica, a taxa era de -1,9% anualmente no período de 2010 a 2019.

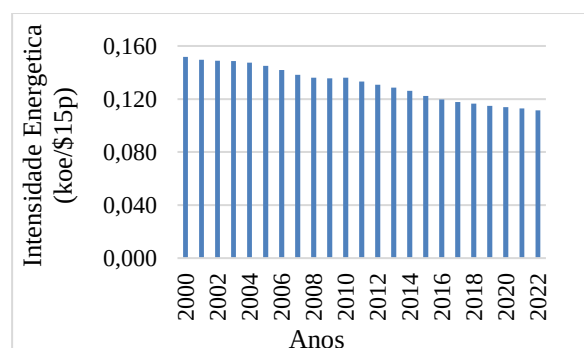


Figura 1 - Evolução global da intensidade energética no intervalo de 2000 a 2022.

Esta análise evidencia que a diminuição observada no gráfico apresentado pela Figura 1 ainda é insuficiente quando confrontada com a redução requerida de mais

de 3,5% ao ano para atingir a meta de limitar o aquecimento global a 2°C (Wei et al. 2021). A relação entre a intensidade energética e o aquecimento global está intrinsecamente ligada ao fato de que uma parcela significativa da energia consumida globalmente é proveniente de combustíveis fósseis (Wei et al. 2021). A queima dos combustíveis fósseis resulta na liberação de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), substâncias com capacidade de absorver e reemitir radiação infravermelha, gerando o efeito estufa e contribuindo para o aquecimento global (Rosen, 2021; Bonan, Pareglio, & Tavoni, 2017; Momete, 2018). Esses gases estão ocasionando mudanças climáticas significativas, tais como o aumento das temperaturas médias globais, modificações nos padrões de precipitação e a ocorrência de eventos climáticos extremos (Wei et al. 2021).

Atenuar a intensidade energética e promover a eficiência energética são estratégias importantes para mitigar o impacto ambiental e reduzir as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera (Singh, Ru, 2022). A transição para fontes de energia mais limpas e renováveis é fundamental para combater as mudanças climáticas e promover um futuro mais sustentável (Rosen, 2021; Bonan, Pareglio, Tavoni, 2017).

CENÁRIO INTERNACIONAL

A intensidade e a eficiência energética surgiram como questões centrais em escala global, enquanto a transição para fontes de energia renovável, como solar e eólica, é destacada como uma prioridade constante em âmbito mundial (Bonan, Pareglio, Tavoni, 2017; Martinez, Ebenhack, Wagner, 2019). A correlação entre os conceitos de eficiência energética, intensidade energética e energias renováveis está fundamentada na contribuição intrínseca das energias renováveis para a redução da intensidade energética e, consequentemente, para a promoção da eficiência energética em sistemas energéticos.

Ao substituir fontes não renováveis por energias renováveis, como a solar e a eólica, ocorre uma redução na intensidade energética devido à natureza mais eficiente dos processos de conversão de energia associados a essas fontes. Essa redução na intensidade energética resulta da geração direta de energia elétrica por fontes renováveis, que frequentemente apresentam processos de conversão de energia mais eficientes em comparação com as fontes não renováveis, como o carvão e o petróleo. Por exemplo, na produção de eletricidade a partir de energia solar, os painéis fotovoltaicos convertem diretamente a luz solar em eletricidade sem a necessidade de combustão, resultando em menos perdas de energia durante o processo. Portanto, a incorporação de energias renováveis não apenas reduz a intensidade energética,

mas também promove a eficiência energética ao minimizar as perdas durante a conversão e o transporte de energia, contribuindo para a construção de um sistema energético mais sustentável e responsável (Bonan, Pareglio, Tavoni, 2017; Martinez, Ebenhack, Wagner, 2019).

De acordo com *Energy Institute* (2023), a participação do consumo de energia primária mundial proveniente de fontes renováveis passou de 7,82% no ano de 2000 para cerca de 15% em 2022. Ao considerar o recorrente aumento do uso de energias renováveis nas matrizes energéticas, alinhado com as medidas de eficiência energética adotadas globalmente nas últimas décadas, é possível compreender melhor o cenário de evolução da intensidade energética. Para alcançar esses padrões, regulamentações mais rigorosas foram introduzidas em várias regiões, especialmente na Europa, com iniciativas para promover a adoção de tecnologias e práticas mais eficientes em termos energéticos.

Estimulando uma conscientização cada vez maior sobre as mudanças climáticas e os impactos ambientais, a fim de impulsionar empresas e indivíduos a incorporarem práticas de eficiência energética em suas operações e estilos de vida. Dentre os desdobramentos dessas práticas, observa-se um crescimento contínuo na adoção de veículos elétricos e na expansão da infraestrutura de carregamento, desempenhando um papel crucial na promoção da eficiência energética no setor de transporte em escala global (Koroma et al. 2021). Ainda nesse cenário, a pesquisa e desenvolvimento contínuos de baterias mais eficientes tornam-se um componente importante, com a construção sustentável e eficiente em termos energéticos como uma preocupação principal, estimulando práticas construtivas que visam minimizar o consumo de energia e reduzir a pegada de carbono (Koroma et al. 2021).

À medida que o consumo global de energia continua a crescer, mesmo com o notável avanço na implementação de fontes renováveis, esse aumento tem resultado em elevadas emissões de dióxido de carbono (CO₂). As Figuras 2 e 3 apresentam as emissões de CO₂ e o consumo de energia primária, respectivamente, em escala mundial nas últimas décadas (GCP, 2023; EI, 2023). Ao analisar o perfil dos gráficos, torna-se evidente a relação direta entre o consumo de energia e as emissões de CO₂. O aumento no consumo de energia primária leva a um incremento proporcional nas emissões de CO₂. Diante disso, ressalta-se a urgência da implementação de políticas energéticas eficazes e de estudos contínuos para mitigar os impactos negativos do consumo excessivo de energia e das emissões de CO₂. O objetivo é promover a sustentabilidade energética e combater as mudanças climáticas.

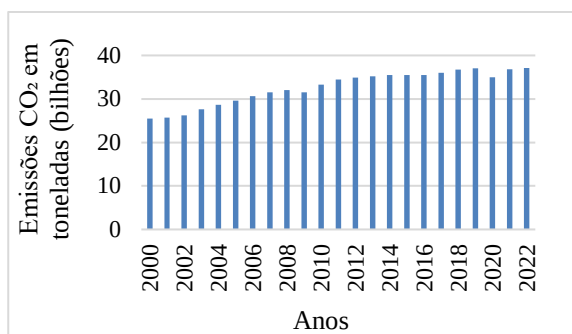


Figura 2 – Emissões de CO₂ mundial no intervalo de 2000 a 2022.

Na pesquisa realizada por Momete (2018) concernente à análise e desenvolvimento de energia limpa na União Europeia (UE), são investigadas as potencialidades e benefícios associados à implementação de soluções de energia sustentável. A análise se concentra no potencial das fontes de energias renováveis e sua contribuição para reduzir as emissões de dióxido de carbono.

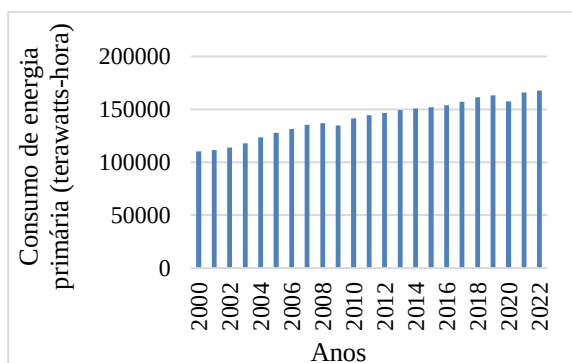


Figura 3 – Consumo de energia primária mundial no intervalo de 2000 a 2022.

Momete (2018) enfatiza os objetivos ambiciosos da União Europeia (UE) de aumentar a implementação de fontes de energia renovável e mitigar os efeitos das mudanças climáticas, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis, aprimorando a segurança energética.

De forma análoga, Momete (2018) explora tecnologias de energias renováveis, como eólica, solar, hidroelétrica e biomassa para implantação em países da UE, sendo abordados os benefícios econômicos e sociais relacionados à transição, com ênfase em empregos, desenvolvimento, inovação e pesquisa em energia limpa. Ao final, são reconhecidos desafios relativos à infraestrutura, financiamento e regulamentação, destacando a significativa importância de políticas de apoio, incentivos e colaboração internacional para viabilizar a transição em direção a uma matriz energética com baixas emissões de carbono.

Em (Jahid et al. 2020) são exploradas soluções tecnológicas e econômicas visando aprimorar a eficiência energética das estações de base celular, sendo analisadas diferentes opções de fornecimento de energia, abrangendo rede elétrica, fontes renováveis e sistemas híbridos. A avaliação aborda aspectos como custos, consumo de energia e emissões de carbono, considerando a viabilidade tecnológica e econômica. Nesse contexto, são comparadas a eficiência energética e a relação custo-efetividade. O artigo também discute desafios, como a natureza intermitente das fontes renováveis e os marcos regulatórios. Por fim, a pesquisa apresenta as soluções mais eficazes para estações de base celular sustentáveis, ressaltando a importância de contemplar aspectos técnicos e econômicos, contribuindo para o desenvolvimento de redes celulares mais eficientes e sustentáveis.

A Figura 4 oferece uma visão abrangente da distribuição de empregos em diversas tecnologias de geração de energia ao longo da transição energética de 2020 a 2050 (Ram et al. 2022). Ao longo dos períodos analisados no gráfico mostrado na Figura 4, nota-se uma tendência de diminuição nos empregos ligados a fontes de energia não renováveis e um aumento correspondente nos empregos relacionados a energias renováveis. O estudo conduzido por Ram et al. (2022) examina a geração de empregos durante uma transição energética global alinhada com os objetivos climáticos nos setores de energia, aquecimento, transporte e dessalinização até o ano de 2050. Os resultados indicam um aumento no número de empregos globais no setor de energia, passando de 57 milhões em 2020 para 134 milhões até 2050.

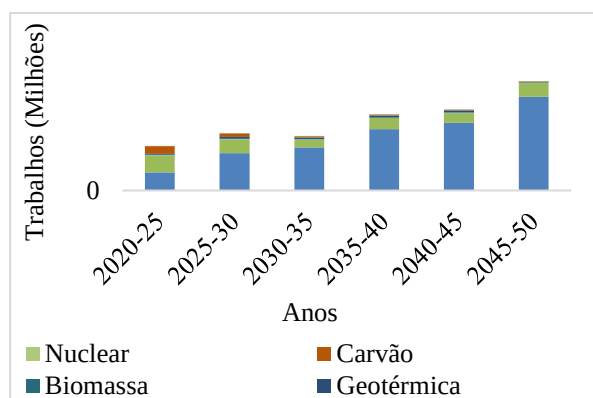


Figura 4 - Projeção de criação de empregos em diversos setores de 2020 a 2050.

Em Soni, Mittal, Kapshe (2017), são examinados os efeitos econômicos da transição para energias renováveis na Nigéria. A pesquisa analisa os impactos econômicos decorrentes da expansão de fontes de energia renovável, como solar e eólica, e a redução do uso de combustíveis fósseis na matriz energética. O artigo destaca a riqueza de recursos naturais na

Nigéria, como energia solar e eólica, evidenciando que a transição para energias renováveis pode proporcionar benefícios substanciais para a economia nacional. Além de contribuir para a mitigação dos impactos ambientais, a diminuição da dependência de combustíveis fósseis pode impulsionar o crescimento econômico, por exemplo, a transição para energias limpas pode resultar em investimentos significativos em infraestrutura de energia renovável, como parques eólicos, sistemas de transmissão e armazenamento de energia. Esses investimentos não apenas geram empregos na construção civil, mas também estimulam a economia local por meio do fornecimento de oportunidades de emprego em operações e manutenção de longo prazo dessas instalações.

PANORAMA NACIONAL

O Brasil ocupa atualmente a sétima posição no ranking global de consumo de eletricidade, destacando-se adicionalmente como um importante produtor de derivados de petróleo e posicionando-se como o segundo maior produtor mundial de etanol (MME, 2020). Em razão de sua significativa influência no cenário internacional e do impacto substancial nas estratégias de eficiência energética, o governo brasileiro tem implementado diversas medidas, programas e políticas públicas com o intuito de fomentar suas fontes de energia renovável. Entretanto, a trajetória da eficiência energética no Brasil representa uma jornada marcada por adaptações e progressos, impulsionada por eventos de alcance global, avanços tecnológicos e uma crescente conscientização acerca da importância da conservação de energia.

A política energética brasileira, um tema de notável complexidade e importância para o desenvolvimento sustentável do país, encontra-se em constante evolução. Seu objetivo primordial reside na diversificação das fontes de energia, visando à promoção da sustentabilidade ambiental (Lopes, 2015). Apesar de existirem discussões e iniciativas relacionadas à transição energética, o governo brasileiro ainda não dispõe de um plano consolidado singular para orientar esse processo. Não obstante, o país tem destinado recursos substanciais para a pesquisa, desenvolvimento e demonstração de projetos de eficiência energética, sendo relatado que, no período de 2013 a 2020, quase 2 bilhões de reais foram alocados para tais iniciativas (MME, 2020).

A contínua transição da matriz energética brasileira tem contribuído para aprimorar a eficiência energética nacional e, por conseguinte, reduzir sua intensidade energética. No entanto, apesar dos consideráveis investimentos em fontes de energia renovável e dos avanços na eficiência do sistema elétrico, a Figura 5 mostra que a intensidade energética no Brasil ainda

não apresenta uma tendência de redução (Enerdata, 2023).

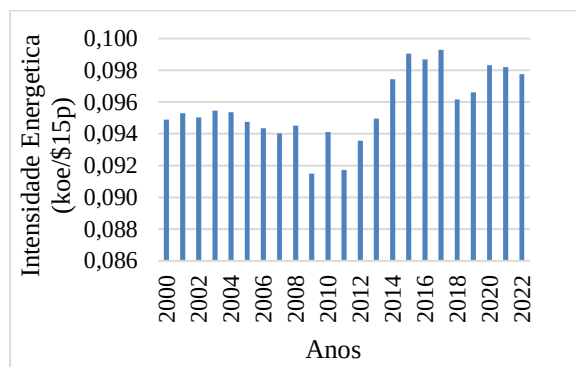


Figura 5 - Evolução da intensidade energética do Brasil no intervalo de 2000 a 2022.

Observa-se uma notável discrepância entre as tendências da evolução da intensidade energética mundial e no Brasil. Enquanto a intensidade energética global demonstra uma tendência regressiva gradual, embora em um ritmo mais lento do que o desejado, a trajetória histórica brasileira foge completamente a essa observação, exibindo consideráveis flutuações em sua intensidade energética. Essa variação pode ser atribuída a uma diversidade de fatores, que incluem a interconexão entre o consumo de energia, a instabilidade econômica do país e a instabilidade na intensidade energética. Existem diversas formas pelas quais esses elementos estão relacionados:

1) **Demanda por Energia e Atividade Econômica:** O consumo de energia está intimamente relacionado à atividade econômica de um país. Durante períodos de crescimento econômico, é comum observar um aumento na demanda por energia devido ao incremento na produção industrial, expansão urbana, crescimento do setor de transporte e maior consumo doméstico. Em contrapartida, durante períodos de recessão econômica, é esperado que a demanda por energia diminua à medida que as atividades econômicas se reduzem.

2) **Investimentos em Infraestrutura e Desenvolvimento:** Durante períodos de crescimento econômico, tanto os governos quanto as empresas tendem a investir em infraestrutura energética, incluindo a construção de usinas de energia, expansão de redes de distribuição e implementação de projetos de eficiência energética. Esses investimentos geralmente resultam em um aumento no consumo de energia. Por outro lado, durante recessões econômicas, os investimentos em infraestrutura podem ser adiados ou reduzidos, impactando potencialmente o consumo de energia.

3) **Variações na Produção e no Consumo:** A instabilidade econômica pode ocasionar flutuações na

produção e no consumo de energia. Por exemplo, durante períodos de recessão, as empresas tendem a reduzir sua produção, o que resulta em uma diminuição do consumo de energia. Da mesma forma, os consumidores podem reduzir seus gastos, afetando o consumo de energia em setores como transporte e residencial.

4) **Eficiência Energética:** A estabilidade econômica pode influenciar os investimentos em eficiência energética. Durante períodos de crescimento econômico, há geralmente mais recursos disponíveis para investimentos em tecnologias e práticas que visam a eficiência energética, o que pode resultar em uma redução na intensidade energética. Por outro lado, durante recessões econômicas, os investimentos em eficiência energética podem ser reduzidos devido à pressão financeira.

5) **Políticas Energéticas e Regulamentações:** As políticas governamentais exercem uma influência determinante no rumo que a intensidade energética toma em um país. Além da implementação de políticas específicas voltadas para a redução da intensidade energética, é crucial adotar medidas que garantam sua efetiva aplicação e fiscalização, implicando não apenas na formulação de diretrizes, mas também na criação de estruturas institucionais robustas, capazes de monitorar e garantir o cumprimento das regulamentações estabelecidas. A transparência e a cooperação entre os setores público e privado também desempenham um papel fundamental nesse processo, facilitando a colaboração mútua para o alcance dos objetivos estabelecidos em prol da eficiência energética e da sustentabilidade ambiental.

CONCLUSÃO

Este trabalho ressaltou a relevância da eficiência energética e os benefícios associados, abordando os ganhos nos aspectos técnico, econômico, social e ambiental. Diante das discussões abordadas, a análise da tendência da intensidade energética evidencia a relação direta entre os índices com o aumento do consumo de energia primária, resultando em um aumento proporcional nas emissões de CO₂. Entre 2000 e 2022, a intensidade energética global diminuiu em cerca de 1,8% ao ano, totalizando uma redução acumulada de mais de 20%. No entanto, a diminuição observada ainda é insuficiente quando confrontada com a meta de limitar o aquecimento global. Portanto, a instabilidade econômica e a ausência de políticas energéticas podem impactar o consumo de energia e, consequentemente, a intensidade energética de um país. Assim, o estudo realizado destaca a necessidade de uma abordagem integrada, envolvendo políticas de longo prazo, investimentos em infraestrutura e tecnologias sustentáveis, e o engajamento da sociedade civil e do setor privado, promovendo um crescimento sustentável ao melhorar os índices de intensidade energética.



AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio da bolsa 309297/2021-4 e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) com o código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- Blyth, W. et al. (2014). Low carbon jobs: The evidence for net job creation from policy support for energy efficiency and renewable energy, UK Energy Research Centre.
- Bonan, J., Pareglio, S., Tavoni, M. (2017). Access to modern energy: a review of barriers, drivers and impacts, Volume 22, p.491–516. doi:10.1017/S1355770X17000201.
- EI. Energy Institute. (2023). Statistical Review of World Energy. Primary energy from other renewables [dataset]. Disponível em: https://www.energyinst.org/__data/assets/excel_doc/0007/1055545/EI-stats-review-all-data.xlsx
- Enerdata. (2023). World Energy & Climate Statistics: Yearbook 2023. Disponível em: <https://www.enerdata.net/publications/world-energy-statistics-supply-and-demand.html>.
- GCP. Global Carbon Project. (2023). Global Carbon Budget. Todas as seções. Disponível em: <https://globalcarbonbudget.org/carbonbudget2023/>
- Jahid, A., et al. (2020). Techno-Economic and Energy Efficiency Analysis of Optimal Power Supply Solutions for Green Cellular Base Stations. IEEE Access, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Volume 8, 43776-43795.
- Koroma, M. S., et al. (2021). Life Cycle Assessment of Lithium-ion Battery Pack: Implications of Second-life and Changes in Charging Electricity, pp. 1-6, doi: 10.1109/VPPC53923.2021.9699168.
- Lopes, V. L. (2015). Política energética e fontes alternativas no Brasil, Revista Gestão & Conexões, Volume 4, n.2, pp.144-163. doi:10.13071/regec.2317-5087.2014.4.2.6542.144-163.
- Martinez, M. D., Ebenhack, W. B., Wagner, P. T. (2019). Energy Efficiency: Concepts and Calculations. Volume 1, p.7-26.
- MME. Ministério de Minas e Energia. (2020). Plano Nacional de Eficiência Energética 2050. Brasília: MME, 2020.
- Momete, D. C. (2018). Analysis of the Potential of Clean Energy Deployment in the European Union. IEEE Access, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Volume 6.
- Ram, M., et al. (2022). Job creation during a climate compliant global energy transition across the power, heat, transport, and desalination sectors by 2050, Energy, Volume 238, 121690.
- Rosen, M. A. (2021). Energy Sustainability with a Focus on Environmental Perspectives, Frontiers in Ecology and Evolution, Volume 5, p.217-230. doi.org/10.1007/s41748-021-00217-6.
- Singh, S., Ru, J. (2022). Accessibility, affordability, and efficiency of clean energy: a review and research agenda. Volume 29, p.18333–18347. doi.org/10.1007/s11356-022-18565-9.
- Soni, A., Mittal, A., Kapshe, M. (2017). Energy intensity analysis of Indian manufacturing industries. Resource-Efficient Technologies, Volume 3, p.353-357.
- Wei, Y., et al. (2021). Pathway comparison of limiting global warming to 2°C, Energy and Climate Change, Volume 2, 2666-2787. doi.org/10.1016/j.egycc.2021.100063.
- Yassuo, E., Mayumi, M. (2022). Comparações entre a eficiência energética de carro elétrico e de carro à combustão: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros, Volume 7, p.73-92.