

MAPEAMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DA SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA DE PAÍSES DO BRICS

Alexsandro de Souza Cavalcante¹

Universidade Federal de Sergipe
alexandrocavalcante2023@gmail.com

Jaqueline Santos Vieira²

Universidade Federal de Sergipe
jaquelinevieira@gmail.com

Gilvânia de Souza³

Universidade Federal de Sergipe
gil.ufs@academico.ufs.br

Ana Karla de Souza Abud⁴

Universidade Federal de Sergipe
ana.abud@gmail.com

Maria Emília Camargo⁵

Universidade Federal de Sergipe
kamargo@terra.com.br

Resumo

O BRICS é um mecanismo de cooperação econômica e desenvolvimento de países emergentes, formado por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. Como propósito de conhecer o comportamento de indicadores de desenvolvimento econômico sobre as questões ambientais, este trabalho analisa os relatórios do Índice Global de Inovação (IGI) destes países quanto à sustentabilidade ecológica (energias renováveis, desempenho ambiental e certificação ISO 14001). A pesquisa, de caráter exploratório, envolveu a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) de 297 artigos da base científica Scopus e a coleta e análise de dados secundários de 11 relatórios do Índice Global de Inovação (IGI), delimitados pelas publicações anuais de 2013 a 2023. Observou-se um aumento de 191% nos artigos do segundo ciclo de cinco anos (2019 a 2023) em relação ao primeiro ciclo (2014 a 2018). No indicador PIB por unidade de energia, os países do BRICS com os melhores resultados foram o Brasil e a Índia, enquanto no indicador de desempenho ambiental o Brasil e a Rússia tiveram destaque. Nas certificações ISO 14000, a China e África do Sul se sobressaíram. De forma geral, o estudo demonstrou progressos significativos dos países, mas, também, apontou desafios a serem vencidos com políticas públicas mais robustas e investimentos contínuos.

Palavras-chave: inovação; sustentabilidade ecológica; BRICS.

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL MAPPING OF ECOLOGICAL SUSTAINABILITY IN BRICS COUNTRIES

¹ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, na Universidade Federal de Sergipe.

² Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, na Universidade Federal de Sergipe.

³ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, na Universidade Federal de Sergipe.

⁴ Professora no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, na Universidade Federal de Sergipe.

⁵ Professora no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, na Universidade Federal de Sergipe.



Esta obra está licenciada sob uma licença

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

P2P & INOVAÇÃO, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 1-18, e-7553, jul./dez. 2025.

Abstract

BRICS is a mechanism for economic cooperation and development among emerging countries, composed of Brazil, Russia, India, China, and South Africa. In order to understand the behavior of economic development indicators regarding environmental issues, this study analyzes the Global Innovation Index (GII) reports of these countries regarding ecological sustainability (renewable energies, environmental performance, and ISO 14001 certification). The research, of an exploratory nature, involved a Systematic Literature Review (SLR) of 297 articles from the Scopus scientific database and the collection and analysis of secondary data from 11 GII reports, delimited to annual publications from 2013 to 2023. There was a 191% increase in articles during the second five-year cycle (2019–2023) compared to the first cycle (2014–2018). In the GDP per unit of energy indicator, the BRICS countries with the best results were Brazil and India. At the same time, Brazil and Russia stood out in environmental performance, and China and South Africa excelled in ISO 14000 certifications. Overall, the study demonstrated significant progress among the countries, but also highlighted challenges that need to be addressed with more robust public policies and continuous investments.

Keywords: innovation; ecological sustainability; BRICS.

MAPEO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DE LA SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA EN LOS PAÍSES BRICS

Resumen

BRICS es un mecanismo de cooperación económica y desarrollo de países emergentes, formado por Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica. Para comprender el comportamiento de los indicadores de desarrollo económico en temas ambientales, este trabajo analiza los informes del Índice Global de Innovación (IGI) de estos países en materia de sostenibilidad ecológica (energías renovables, desempeño ambiental y certificación ISO 14001). La investigación, de carácter exploratorio, implicó la Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) de 297 artículos de la base de datos científica Scopus y la recolección y análisis de datos secundarios de 11 informes del Índice Global de Innovación (IGI), delimitados por publicaciones anuales de 2013 a 2023. Se observó un aumento del 191% en los artículos del segundo ciclo de cinco años (2019 a 2023) en relación al primer ciclo. (2014 a 2018). En el indicador PIB por unidad de energía, los países BRICS con mejores resultados fueron Brasil e India, mientras que en el indicador de desempeño ambiental destacaron Brasil y Rusia. En las certificaciones ISO 14000 destacaron China y Sudáfrica. En general, el estudio demostró avances significativos por parte de los países, pero también destacó desafíos a superar con políticas públicas más robustas e inversiones continuas.

Palabras clave: innovación; sostenibilidad ecológica; BRICS.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano, muitas vezes sem planejamento, tem causado danos à natureza. De acordo com o Panorama do Censo 2022, divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população brasileira aumentou cerca de 170 milhões no ano 2000 para pouco mais de 203 milhões de habitantes no último levantamento (IBGE, 2022). Com mais pessoas, um aumento do consumo e maior geração de resíduos são alguns dos resultados observados. Em relação à distribuição de água, a pesquisa também indicou que mais de 83% dos domicílios brasileiros tem acesso.

Os números que mostram a realidade são úteis para a sociedade e para as autoridades de uma região, sobretudo para o poder público ter um embasamento no momento de tomar decisões. De acordo com o Serviço Social da Indústria (2010), indicadores são conceitos abstratos que, dentro de um determinado contexto social, possuem algum significado. Sendo assim, é possível entender que as informações obtidas são importantes devido à representatividade que adquirem inseridas em uma situação.

A inovação tem um papel crucial no crescimento econômico e no êxito da economia global, na qual o conhecimento e os bens intangíveis são cada vez mais relevantes, incentivando o investimento em pesquisa e desenvolvimento (Sohn; Kim; Jeon, 2016). Os autores recomendam que os países se concentrem no fornecimento de insumos inovadores e em infraestruturas de apoio, bem como na comercialização e no aumento da produtividade para sustentar o crescimento econômico.

De acordo com Jacomossi *et al.* (2021), as empresas mais inovadoras são, também, as mais engajadas com a sustentabilidade ambiental, buscando superar as restrições econômicas impostas tanto pela competição quanto pelas pressões institucionais dos *stakeholders*.

Segundo Lee, Kim e Jung (2024), a sustentabilidade influencia muito as decisões das empresas modernas. Os indicadores ambientais, sociais e de governança (ESG, do inglês *Environmental, Social and Governance*) mostram as práticas organizacionais e o impacto no meio ambiente pelas empresas. Por serem divulgados em diferentes mídias, influenciam no valor da empresa e, consequentemente, no preço das suas ações.

Cahyad e Magda (2021) apontam que o Índice Global de Inovação (IGI) foi uma ferramenta desenvolvida para coletar dados sobre a inovação e a competitividade global. De acordo com Okay e Akman (2010), ele foi criado inicialmente na INSEAD *Business School*, sob encomenda do Banco Mundial, para servir de modelo formal para avaliar a capacidade das nações e regiões em lidar como desafio da inovação atual. A Universidade Cornell, a *British*

International Business School e a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) desenvolveram o IGI em conjunto e o levantamento teve início em 2007, sendo publicado anualmente (Wang; Wang; Jiang, 2021).

O IGI tem o objetivo de avaliar o nível de inovação nos sistemas socioeconômicos nacionais e apoiar a criação de políticas e práticas que incentivem a inovação (Crespo; Crespo, 2016). Apesar de medir a capacidade de inovação e os níveis de eficiência de cada país usando fatores de entrada e saída, não considera possíveis relações estruturais entre os fatores que afetam o desempenho inovador de um país, como a relação dos fatores de produção e os produtos (Sohn; Kim; Jeon, 2016).

O IGI disponibiliza uma rica base de dados de métricas detalhadas para 141 economias do mundo, o que corresponde a 95,1% da população mundial e 98,6% do PIB global. Emprega 79 indicadores de inovação para identificar e analisar tendências globais de inovação (Khedhaouria; Thurik, 2017). Os cinco pilares para subíndice de entrada ou insumos são instituições, capital humano e pesquisa, infraestrutura, sofisticação de mercado e sofisticação empresarial, enquanto o subíndice de saída é o resultado da inovação, dividido nos pilares conhecimento e produção de tecnologia e criatividade (Sohn; Kim; Jeon, 2016).

Crespo e Crespo (2016) salientam que, através do IGI, é possível analisar a relação entre os facilitadores da inovação dos países e o desempenho da inovação, comparando países desenvolvidos (ou de alto rendimento) com países em desenvolvimento (ou de baixo rendimento). A capacidade de resposta de cada país está diretamente relacionada à capacidade de ele adotar e se beneficiar de tecnologias de ponta, aumentar as capacidades humanas, os desenvolvimentos organizacionais e operacionais, bem como melhorar o desempenho institucional (Okay; Akman, 2010).

A infraestrutura é um dos cinco pilares do IGI de entrada que aumenta a capacidade de uma nação criar ideias e alavancá-las para produtos e serviços inovadores (Okay e Akman, 2010). Bate, Wachira e Danko (2023) citam que uma boa infraestrutura tecnológica e física é muito importante para empresas inovadoras, enquanto Sohn, Kim e Jeon (2016) indicam que uma infraestrutura de comunicação, transporte e energia ecologicamente correta facilita a troca de ideias e serviços em sistemas de inovação. Por sua vez, Crespo e Crespo (2016) mostram que o facilitador de infraestruturas explica algumas das decisões de política públicas, como o investimento no apoio a infraestruturas gerais, tecnologias de informação e comunicação (TICs) e sustentabilidade ecológica.

Segundo Coutinho e Au-Yong-Oliveira (2024), a sustentabilidade ecológica é uma nova prioridade, reforçada após a COVID-19. As infraestruturas de sustentabilidade ecológica, como

os sistemas ecológicos de transportes públicos e as energias renováveis, se tornaram fundamentais para o bom funcionamento dos sistemas de inovação, uma vez que garantem condições de bem-estar, reduzem os custos econômicos e poupam recursos financeiros que poderiam ser aplicados em outro lugar (Hekkert *et al.*, 2007, López-Carlos; Mata, 2009 *apud* Khedhaouria; Thurik, 2017).

De acordo com Jacomossi *et al.* (2021), poucos estudos abordam a sustentabilidade ecológica como uma das variáveis que interferem na inovação e na competitividade das nações, o que chama a atenção para a falta de estudos que apresentem essas relações em nível nacional, sugerindo uma influência significativa da sustentabilidade ecológica na relação entre inovação e competitividade global.

O subpilar de sustentabilidade ecológica inclui três métricas: (1) PIB por unidade de uso de energia, que mede a eficiência do uso de energia; (2) Índice de Desempenho Ambiental das Universidades de Yale e Columbia; e (3) número de certificados de conformidade com a norma ISO 14001, relacionada à sistemas de gestão ambiental, emitidos 14001/bilhões PPP\$ PIB (IGI, 2017).

Quanto ao uso racional de energia, a proteção ambiental e as políticas regulatórias estaduais são um incentivo para que as empresas sigam os padrões estabelecidos por normas como a ISO 14001 e a importância dessas variáveis está no potencial de prosperidade do país (Jacomossi *et al.*, 2021).

O relatório do IGI de 2014 cita que, à medida que os países estão em desenvolvimento, suas necessidades energéticas aumentam e uma disponibilidade limitada de energia pode, rapidamente, tornar-se um contingente obrigatório. Já em 2023, o relatório do IGI mostrou que a diminuição dos custos das fontes de energias renováveis foi um fator crucial para enfrentar as mudanças climáticas e os desafios ambientais advindos, resultando em uma redução nos custos de produção de eletricidade solar e eólica em cerca de 13% entre 2020 e 2021, tornando-se mais barata e, conseqüentemente, mais competitiva do que a energia por combustíveis fósseis.

O desempenho ambiental é, portanto, um resultado de esforços para proteger a saúde ambiental, aumentar a vitalidade dos ecossistemas e mitigar as mudanças climáticas. Seus indicadores mostram, portanto, o quão próximos os países estão de atingir as metas de sustentabilidade estabelecidas internacionalmente para questões ambientais específicas (Banco Mundial, 2024).

O Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001 pode ser usado por empresas públicas ou por todos os estabelecimentos que produzem um produto e/ou serviço e desejam ter uma reputação de consciência ambiental no mercado nacional ou internacional (Başaran, 2016). Não

à toa, o número de certificados ISO 14000 por PIB de cada país é o terceiro componente da sustentabilidade ecológica do IGI. Ao mesmo tempo, Camilleri (2022) afirma que a ISO 14001 é uma norma voluntária e certificável que estabelece os requisitos para um sistema de gestão ambiental eficaz, enquanto Ofori *et al.* (2024) ressaltam que a ISO 14001 tem o potencial para incentivar o crescimento verde.

Desta forma, os indicadores ambientais são fundamentais tanto para os negócios quanto para a sociedade. Para Rodrigues *et al.* (2023), além de indicadores sustentáveis, inclusive relacionados à emissão de gases, as organizações procuram ter certificações ambientais, demonstrando preocupação com as questões ecológicas, além da busca em melhorar a imagem juntamente com o retorno financeiro.

Por outro lado, Monteiro *et al.* (2022) demonstraram que os indicadores de monitoramento ambiental mostram que a proteção dos recursos naturais tem diminuído nos últimos anos no Brasil, dando como exemplo a queda na fiscalização de áreas verdes, facilitando o desmatamento. Dessa forma, é essencial ter números confiáveis que reflitam a realidade verdadeira do objeto de estudo, para que sejam tomadas ações adequadas.

Diante do que foi visto, surge a seguinte questão: Como estão os indicadores dos países que fazem parte do BRICS, grupo de países de mercado emergente em relação ao desenvolvimento econômico, sobre as questões ambientais no Índice Global de Inovação?

2 MÉTODO

Este estudo é uma pesquisa exploratória, que envolve a pesquisa bibliográfica e a coleta e análise de dados secundários dos relatórios anuais do Índice Global de Inovação. De acordo com Marconi e Lakatos (2003), o estudo exploratório pode ser composto por diversas técnicas sistemáticas, com a finalidade de ter uma descrição qualitativa ou quantitativa. Além disso, a coleta de dados pode ser feita de várias maneiras, inclusive por meio da análise de conteúdo.

Os documentos para Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e o mapeamento científico foram obtidos a partir de artigos e revisões de literatura publicados sobre o tema, utilizando como palavra-chave de busca “*Global Innovation Index*”, na base de dados Scopus.

O levantamento de informações tecnológicas foi realizado a partir dos relatórios publicados sobre o índice Global de Inovação no período de 2014 a 2023. Em seguida, mapeou-se o subíndice de entrada Sustentabilidade Tecnológica de países que compõem o BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul).

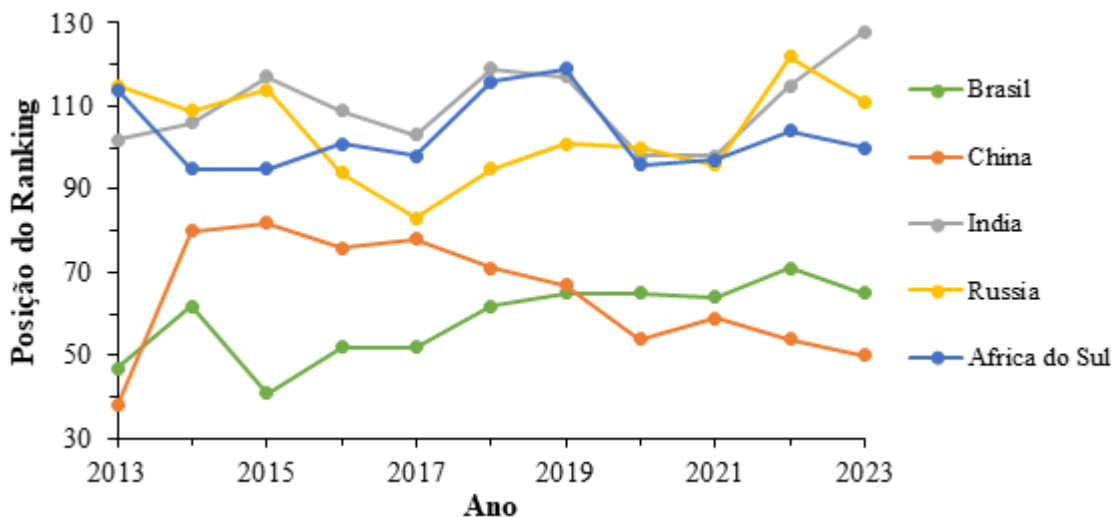
3 RESULTADOS

Dos 297 artigos científicos encontrados sobre o Índice Global de Inovação (IGI), apenas 41 artigos abordam a sustentabilidade, o que representa 13,8% do total de publicações científicas. No período de 2014 a 2023, que equivale a 10 anos, o primeiro ciclo de 5 anos, ou seja, de 2014 a 2018, teve um aumento de 191% sobre o tema em relação ao segundo ciclo, de 2019 a 2023.

No relatório do Índice Global de Inovação (IGI), o pilar Sustentabilidade Ecológica faz parte da Infraestrutura, sendo composto pelos indicadores de entrada PIB/unidade de uso de energia, índice de desempenho ambiental e número de certificados ISO 14000 por PIB.

A Figura 1 apresenta a posição dos países do BRICS em relação à sustentabilidade ecológica ao longo dos relatórios do IGI. A China vem melhorando a sua posição ao longo dos anos, saindo da 82ª em 2015 para a 50ª em 2023. Em contrapartida, o Brasil foi retrocedendo em posições, saindo da 41ª em 2015 para a 71ª em 2022. Todavia, em 2023, começou a melhorar a sua posição, indo para o 65º lugar. A Rússia melhorou de 2015 (114ª) a 2017 (83ª), mas voltou a cair posições. África do Sul e Índia têm flutuado em suas posições, mais sempre acima da 100ª, indicando a necessidade de mais ações frente à sustentabilidade ambiental.

Figura 1- Ranking do indicador sustentabilidade ecológica dos países do BRICS



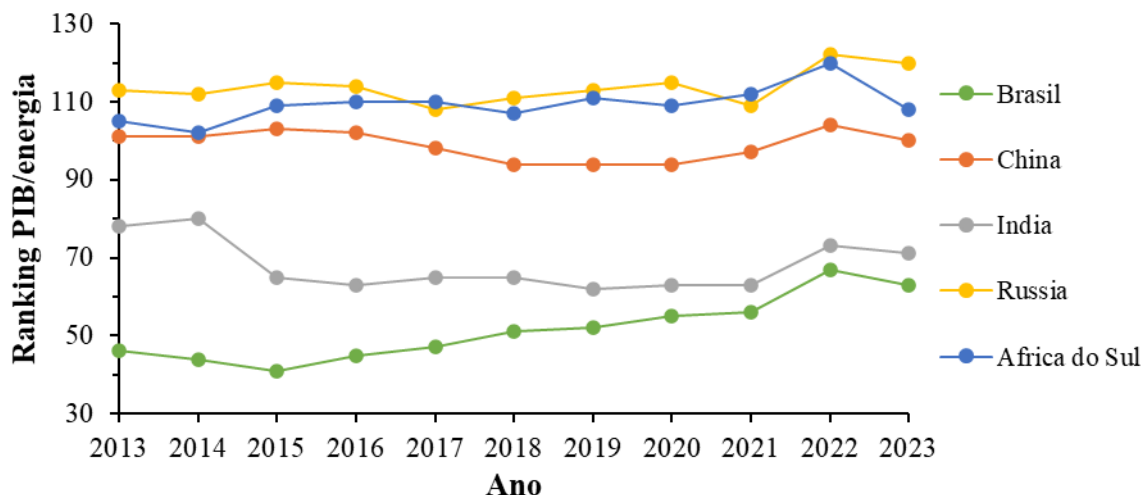
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Os relatórios do IGI indicam que cada indicador pode atribuir os pontos fortes e os pontos fracos de cada subíndice de entrada da sustentabilidade ecológica, necessitando de uma análise mais detalhada.

3.1 SUBINDICADOR PIB/UNIDADE DE USO DE ENERGIA

Em 2013 o Brasil ocupou a 46ª posição no ranking mundial desse subíndice, melhor posição quando comparado aos demais países que compõem o BRICS (Figura 2). Houve uma melhora nos 2 anos subsequentes, chegando à 41ª posição em 2015. Nos anos seguintes, o Brasil foi perdendo posições, chegando à 67ª posição em 2022, seu pior resultado. Influenciado pela diversificação energética, caiu 4 posições em 2023, indo à 63ª posição. O Relatório IGI de 2016 menciona que o setor energético brasileiro contou com a agricultura para melhorar a eficiência energética e promoveu energias renováveis, como os biocombustíveis, a partir do Fundo de Energia.

Figura 2 – Ranking dos BRICS para o subindicador PIB/unidade de uso de energia



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Em 2013, a Índia ocupou a 78ª posição e, em 2023, a 71ª posição. De 2014 a 2021, entretanto, teve melhorias no ranking. De acordo com o relatório de 2016, a Índia precisa gerar 0,5 kW de eletricidade por pessoa para oferecer uma quantidade adequada de oportunidades para sua população. Com base nas projeções demográficas para 2025, o país precisa aumentar sua capacidade de produção em 2,5, passando de cerca de 280 GW para 710 GW. Dessa forma, a necessidade de energia de 0,5 kW por pessoa corresponde à metade da média europeia e a um quarto da média dos Estados Unidos.

Os outros países que fazem parte do BRICS até 2023, como a China, a África do Sul e a Rússia, apresentaram uma fraqueza em relação a esse subindicador do ranking mundial, no período de 2013 a 2023, com posições acima da 90ª. A China aplica, em média 5,7% do PIB

por unidade de uso de energia, enquanto a África do Sul aplica 4,6% do PIB e a Rússia 4,0% do PIB por unidade de uso de energia.

O Relatório IGI 2015 apontou que a produção de tecnologias cada vez mais sofisticadas, que não são implementadas de forma ampla e global, não seria suficiente para lidar com desafios globais como a redução das emissões de carbono. Assim, para que isso ocorresse, seria imprescindível haver uma ampla difusão e aplicação de produtos e processos inovadores e eficientes em termos energéticos.

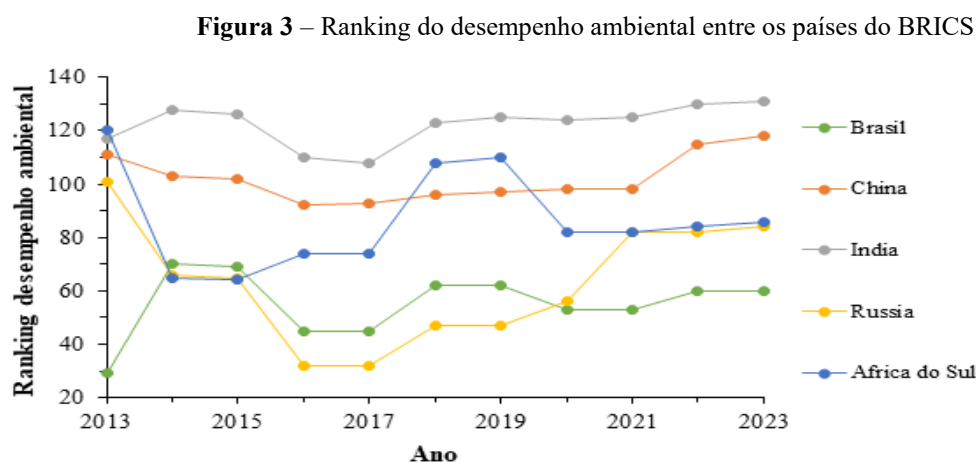
O Relatório IGI 2016 apresentou oportunidades em ciências biológicas, materiais e computacionais para o desenvolvimento de energia, como as células de algas, os biocombustíveis de segunda geração de fontes celulósicas, o uso de grafeno e de resinas naturais, as células solares e de combustível, os super capacitores e as baterias de lítio.

Já no Relatório IGI 2017, os três imperativos para orientar investimentos futuros para os mercados agroalimentares foram aumentar os rendimentos, melhorar os ativos produtividade e melhorar os ativos produtividade da gestão da energia.

O Relatório IGI 2018 indicou que os investimentos contínuos em inovações energéticas revolucionárias são essenciais para o crescimento global e para evitar uma crise ambiental. As estimativas indicaram que, até 2040, o planeta necessitará de um aumento superior a 30% de energia, tornando as abordagens convencionais de fornecimento de energia insustentáveis face às alterações climáticas.

3.2 SUBINDICADOR DESEMPENHO AMBIENTAL

A posição dos países do BRICS quanto ao desempenho ambiental é apresentada na Figura 3.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

No ano de 2013, o Brasil foi o melhor entre os parceiros do BRICS e ficou em 29º, o que foi considerado um ponto forte. Por outro lado, a China, uma das maiores potências mundiais, teve um desempenho fraco e ocupou a 111ª posição do ranking. A explicação pode estar no ambiente regulatório frágil, outro campo em que mostrou fraqueza.

De acordo com o Relatório IGI 2013, a Rússia (101ª), a Índia (117ª) e a África do Sul (120ª) apresentaram desempenho fraco. No caso russo, uma explicação pode estar na fragilidade em outros dois campos, que são o ambiente regulatório e a sustentabilidade ecológica. Este ponto, inclusive, também está presente no país africano.

No Relatório IGI 2014 ainda existia uma influência da crise que abalou a maior parte do planeta. O Brasil teve um resultado muito abaixo do esperado, ocupando a 70ª posição, não conseguindo manter o bom desempenho do ano anterior. Outros dois países do BRICS, Rússia e China, tiveram um grande resultado no ranking geral, o que teve reflexo no indicador ambiental. Os chineses conseguiram subir 8 posições, ficando em 103º lugar, enquanto os russos ficaram em 66º lugar, uma posição muito superior à do ano anterior. A África do Sul também melhorou muito na questão ambiental, indo para a 65ª posição. A Índia, por sua vez, foi considerada um caso particular dos BRICS, pois o país foi mal na classificação geral de inovação e conseguiu piorar no indicador de meio ambiente, classificando-se em 128º lugar, posição que colocou esse subindicador como um ponto fraco.

No que diz respeito ao Relatório IGI 2015, houve estagnação dos países do BRICS na performance ambiental, sem melhora ou piora significativa dos membros. No entanto, um destaque negativo ficou, novamente, para a Índia. Apesar de ter subido duas posições no indicador ambiental, ainda foi considerado um ponto fraco do país asiático.

O relatório IGI 2016 focou nas inovações feitas em nível mundial, através de redes de colaboração, com países compartilhando ideias. Essa troca de informações pode ter contribuído para a melhoria do desempenho ambiental de alguns membros do BRICS, por meio de inovações mais sustentáveis. A China e a Índia, inclusive, se destacaram pela qualidade da inovação. O Brasil passou por uma situação particular onde, apesar de ter melhorado no indicador ambiental, teve um período difícil na economia, podendo ser um obstáculo para um maior destaque nas inovações. A Rússia caiu mais de trinta posições, enquanto a África do Sul foi o único país do grupo que piorou na questão ecológica.

O Relatório IGI 2017 focou nas inovações na agricultura, apresentando diversas novidades, inclusive o uso de drones e informações precisas. A China foi um país que mostrou, novamente, grande desempenho na qualidade das inovações, sobretudo devido às boas pontuações das universidades e às citações de documentos. No entanto, na performance

ambiental, o país asiático não apresentou progresso, subindo apenas uma posição em relação ao último relatório. Ao analisar os resultados dos outros membros do BRICS, constatou-se uma estagnação na questão ambiental. A Índia, que apresentou boa qualidade nas inovações, foi o destaque negativo, ficando na 108ª posição, o que é considerado um ponto fraco.

O Relatório IGI 2018 buscou focar na questão energética mundial. A China e a África do Sul se destacaram em diversos aspectos, porém não em sua performance ambiental. O país asiático, por exemplo, manteve boa quantidade de inovações, com investimentos em publicações, pesquisadores e patentes. No entanto, ficou na 96ª posição no indicador de meio ambiente, sendo um ponto fraco dentro do seu grupo de renda. O país africano fez parte das 20 economias que tiveram um desempenho superior em inovação para o seu nível de desenvolvimento, mas ficou em 108º lugar no segmento ambiental, o que demonstra uma fraqueza dentro do seu grupo de renda. Brasil, Rússia e Índia não tiveram bons resultados, indicando uma piora em relação aos números do ano anterior.

As inovações na área médica foram o foco do Relatório IGI 2019. Os membros do BRICS, Índia, China e África do Sul, tiveram bons resultados, até com desempenho acima das expectativas, à exceção do desempenho ambiental, onde pioraram os números, sendo uma fraqueza em seus respectivos grupos de renda. No que diz respeito às inovações, o Brasil ficou dentro do esperado para o seu nível de desenvolvimento, mas estagnado em relação à questão ambiental. Em inovação, os russos ficaram abaixo do esperado para o seu nível de desenvolvimento, mas permaneceram na mesma posição em relação ao desempenho ambiental.

O Relatório IGI 2020, dentro do contexto da pandemia de COVID-19, teve algumas limitações. Todavia, o Brasil melhorou no desempenho ambiental e no ranking geral de inovação, sobretudo com artigos científicos de alta qualidade, além de um impacto positivo em patentes. A Índia e a China, da mesma forma, apresentaram bons números na área das inovações.

Ainda sob restrições da pandemia, o Relatório IGI 2021 envolveu inovações para o combate à pandemia de COVID-19. Em relação aos países dos BRICS, o Brasil não apareceu entre os três que mais inovam na região da América Latina/Caribe, mas, considerando a performance ambiental, o país repetiu a colocação do ano anterior. Rússia, Índia e China apresentaram queda na performance ambiental em comparação com anos anteriores, possivelmente influenciada pelas limitações e dificuldades que a pandemia trouxe para muitas partes do planeta. Ainda em relação ao trio de países, a Índia apresentou, como em outros anos, um bom desempenho no nível de inovação. Na análise do BRICS, a África do Sul apresentou um resultado fraco em relação aos outros relatórios.

O Relatório IGI 2022 exibiu informações positivas e negativas para o Brasil. O bom desempenho ficou por conta das inovações, que foram acima das expectativas, mas na performance ambiental o país voltou a cair posições, indicando a necessidade do mesmo em ser mais consistente no indicador, inclusive fazendo conexão com as inovações. A Rússia continuou a perder posições na classificação, enquanto a África do Sul subiu duas posições em relação ao último relatório. A China, seguindo o exemplo africano, também não foi bem. Por fim, a Índia viveu um desempenho fraco na questão ambiental, mas conseguiu entrar, pela primeira vez, no top 40 do ranking geral de inovações.

O Relatório IGI 2023 abordou as inovações em um período de incertezas oriundas da pandemia, com um contínuo aumento de pesquisas sobre a COVID-19 e um crescimento econômico lento, mas positivo. Em relação aos países do BRICS, o Brasil estagnou na performance ambiental (posição 60), mas entrou para o top 50 no ranking geral de inovação. Os outros quatro membros perderam posições no desempenho ambiental. Em relação à China, a 118ª posição representou um ponto fraco e uma fraqueza dentro do seu grupo de renda. No caso da Índia, o país foi bem no indicador sobre inovações, ficando acima das expectativas.

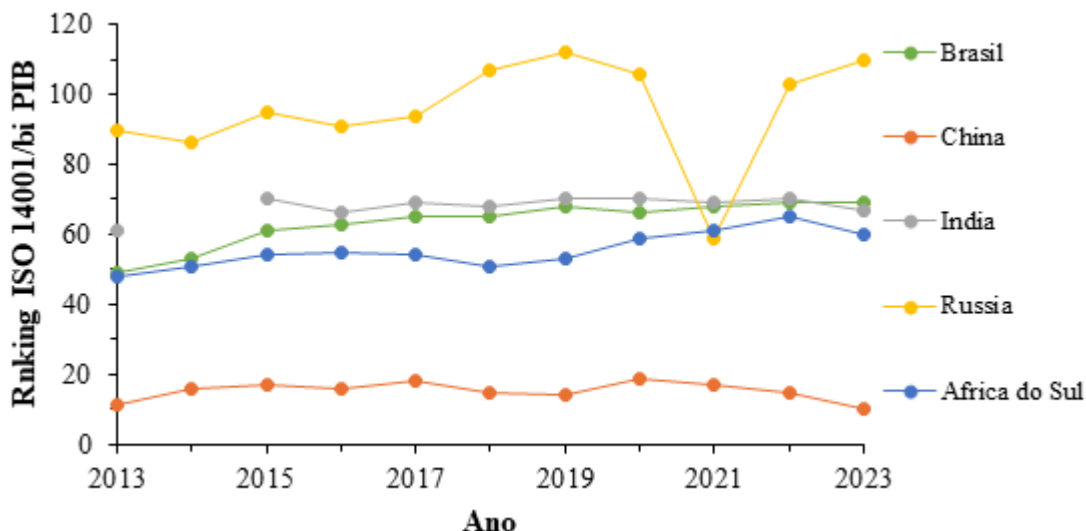
Diante dos números nos relatórios analisados, focando nas nações que fazem parte do BRICS, há muitas oscilações na performance ambiental. Alguns motivos são a influência da Crise de 2008 e os efeitos da pandemia de COVID-19. Além disso, questões políticas e um frágil ambiente regulatório também contribuíram para dificuldades nesta área.

3.3 SUBINDICADOR NÚMERO DE CERTIFICAÇÕES ISO 14000 POR PIB

A Figura 4 ilustra a posição dos países do BRICS no ranking que envolve a quantidade de certificações ISO 14001 em relação ao PIB. Percebe-se, claramente, que este subindicador é um ponto forte para a China que, ao longo dos 10 anos, sempre ocupou as primeiras 20 posições.

Conforme Relatório IGI 2013, o BRICS sofreu, no período de 2012 a 2013, uma estagnação, principalmente devido à queda no índice de eficiência da inovação, o que afetou o desempenho do indicador ISO 14001 dos países membros. Apesar de todos sentirem os efeitos, a China foi o país que melhor reagiu a esse fenômeno, ocupando a 11ª posição. A Índia, mesmo com uma melhor eficiência de inovação e pontos fortes e fracos semelhantes, teve um baixo investimento em outros setores, colocando-a na 61ª posição. A Rússia ocupou o 104º lugar no índice de eficiência da inovação e sofreu um maior impacto, ficando 90ª posição. O Brasil ficou na 49ª posição e a África do Sul, na 48ª posição.

Figura 4 – Ranking do subindicador ISSO 14001/bi PIB entre os países do BRICS



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Quanto ao Relatório IGI 2014, os membros do BRICS, com exceção da Índia, apresentaram melhorias nas suas posições. Um ponto importante a frisar foi a elevação da China no subíndice ISO 14001, mesmo ocupando a 2ª posição do índice de eficiência da inovação em 2014. Essa diferença pode ser atribuída a várias razões, especialmente ao desempenho relativo de outros países e mudanças na metodologia. A Rússia, por sua vez, passou do 90º para o 86º lugar no índice de eficiência da inovação. O Brasil e a África do Sul também tiveram uma subida, permanecendo próximos ao patamar de 2013, respectivamente na 53ª e 51ª posições. O subíndice do ISO 14001 referente à Índia não foi avaliado, segundo o IGI, seja pelos dados não estarem disponíveis ou estarem desatualizados.

No Relatório IGI 2015, a China subiu uma posição no indicador ISO 14001, possivelmente devido às melhorias de outros países e à baixa pontuação do subpilar consumo de energia. O Brasil foi do 53º para o 61º lugar, mostrando um desempenho relativo inferior em razão da variação negativa do capital bruto/PIB e da infraestrutura. A Índia, sem posição divulgada em 2014, ficou em 70º em 2015, indicando uma atualização dos dados ou uma adoção recente das normas. A Rússia, apesar de ser introduzida no grupo de alta renda e maior investimento no índice de eficiência da inovação, subiu da 86ª para a 95ª posição, refletindo um ritmo de adoção no setor de sustentabilidade ecológica e consumo de energia. A África do Sul foi do 51º para o 54º lugar, ainda que tenha feito um relativo investimento no índice de eficiência da inovação, com um progresso mais lento se comparado a outros países.

No Relatório IGI 2016 os únicos países que pioraram no ranking foram o Brasil e a Índia, mesmo este último tendo a inovação como ponto forte no ano 2015. Isto pode estar

relacionado à formação bruta de capital (% PIB), onde o Brasil tem esse subíndice como ponto fraco e a Índia tem falta ou baixo investimento na área da inovação e meio ambiente.

No Relatório IGI 2017 o Brasil se manteve na 69ª posição geral, mas subiu 2 posições no indicador específico de certificações ISO devido à estagnação de novas certificações no Brasil e aos desafios econômicos e políticos enfrentados pelo país, o que afetou negativamente os investimentos em práticas de gestão ambiental.

As posições no subindicador ISO 14001 do Relatório IGI 2018 mostram que os países que fazem parte do BRICS tiveram pontos fracos nos requisitos de peso para tal certificação, como a sustentabilidade e o meio ambiente. Brasil, Índia e África do Sul se mantiveram em patamar próximo, sugerindo investimento em outras áreas, a exemplo da logística. O mal desempenho da China e da Rússia em relação ao PIB/unidade de utilização de energia e sustentabilidade ecológica não atingiu a China em mesma proporção, a qual teve uma leve queda, enquanto a Rússia subiu 13 posições, justificando o ponto fraco no certificado ISO.

De acordo com Relatório IGI 2019, a classificação da Rússia na 112ª posição reflete a combinação do efeito do ISO e a inexistência de pontos fortes no grupo, colaborando para que os demais países do BRICS se mantivessem no nível.

A pandemia causou uma paralisação econômica global e, de acordo com o Relatório IGI 2020, a crise afetou o cenário de inovação. O Brasil inovou na área da saúde, tornando-se um importante centro de pesquisas epidemiológicas no enfrentamento da COVID-19, e ocupou a 66ª posição no subpilar ISO 14001. Os demais países do BRICS não foram classificados no IGI 2020, possivelmente pela indisponibilidade e qualidade dos dados afetados pela pandemia.

Segundo o Relatório IGI 2022, o Brasil superou a média das economias de renda média-alta e da América Latina e Caribe em seis pilares: (1) capital humano e pesquisa; (2) infraestrutura; (3) sofisticação do mercado; (4) sofisticação empresarial; (5) produtos de conhecimento e tecnologia; e (6) resultados criativos. O país teve melhor desempenho em resultados de inovação (53ª posição) do que em insumos de inovação (58ª posição), sendo a classificação em resultados de inovação superior à de 2021 e 2020.

Conforme o Relatório IGI 2023, o investimento da China em tecnologias se destacou, com o certificado ISO 14001 sendo um ponto forte, posicionando-o no 10º lugar, enquanto a Rússia ocupou o último lugar, na 110ª posição. Ambos os países tiveram como pontos fracos a sustentabilidade ecológica e o PIB/unidade de utilização, refletindo o baixo investimento em inovações. Brasil, Índia e África do Sul sofreram pouca variação nos índices.

4 CONCLUSÕES

O presente estudo revelou o cenário de crescimento e variação dos indicadores de inovação voltados para a sustentabilidade ecológica nos países do BRICS. Como principal referência, usou o Índice Global de Inovação (IGI) entre 2013 e 2023, que demonstrou a relevância das infraestruturas de sustentabilidade ecológica para o desenvolvimento inovador.

Os resultados indicaram que Brasil e Índia se sobressaem na eficiência energética, enquanto no subíndice de desempenho ambiental o Brasil e a Rússia se destacam, ao mesmo tempo que, nas certificações ISO 14001, China e África do Sul se sobressaem, demonstrando progressos significativos, mas, também, apontando desafios a serem vencidos com políticas públicas mais robustas e investimentos contínuos.

Dessa forma, impulsionar as infraestruturas de suporte à inovação sustentável e melhorar as regulamentações ambientais são passos fundamentais para assegurar um desenvolvimento equilibrado e sustentável a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- BAŞARAN, B. The effect of ISO quality management system standards on industrial property rights in Turkey. **World Patent Information**, v. 45, p. 33–46, jun. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S017221901600017X>. Acesso em: 4 jun. 2025.
- BATE, Adisu Fanta; WACHIRA, Esther Wanjiru; DANKA, Sándor. The determinants of innovation performance: an income-based cross-country comparative analysis using the Global Innovation Index (GII). **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 20, 22 mar. 2023.
- BRASIL. Environmental Performance Index. *In: Environmental Performance Index*. Disponível em: <https://epi.yale.edu/epi-results/2022/country/bra>. Acesso em: 21 maio 2024.
- CAHYADI, Afriyadi; MAGDA, Róbert. Digital Leadership in the Economies of the G20 Countries: A Secondary Research. **Economies**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 32, 8 mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/economies9010032>. Acesso em: 4 jun. 2025.
- CAMILLERI, Mark Anthony. The rationale for ISO 14001 certification: A systematic review and a cost–benefit analysis. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 1067–1083, 20 fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/csr.2254>. Acesso em: 4 jun. 2025.
- CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **Global Innovation Index 2015**. Genebra: WIPO, 2015. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=3978&plang=EN>. Acesso em: 30 maio 2024.
- CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **Global Innovation Index 2016**. Genebra: WIPO, 2016. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4064&plang=EN>. Acesso em: 31 maio 2024.
- CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **Global Innovation Index 2017**. Genebra: WIPO, 2017. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4193&plang=EN>. Acesso em: 5 jun. 2024.
- CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **Global Innovation Index 2018**. Genebra: WIPO, 2018. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4330&plang=EN>. Acesso em: 6 jun. 2024.
- CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **Global Innovation Index 2020**. Genebra: WIPO, 2020. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4514&plang=EN>. Acesso em: 6 jun. 2024.
- CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **Global Innovation Index 2021**, 14th Edition. Genebra: WIPO, 2021. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4560&plang=EN>. Acesso em: 8 jun. 2024.

CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **Global Innovation Index 2013**. Genebra: WIPO, 2013. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=368&plang=EN>. Acesso em: 28 maio 2024.

CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **Global Innovation Index 2014**. Genebra: WIPO, 2014. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=3254&plang=EN>. Acesso em: 30 maio 2024.

CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **Global Innovation Index 2019**. Genebra: WIPO, 2019. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4434&plang=EN>. Acesso em: 6 jun. 2024.

COUTINHO, Evelina Maria Oliveira; AU-YONG-OLIVEIRA, Manuel. Innovation's Performance: A Transnational Analysis Based on the Global Innovation Index. **Administrative Sciences**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 32, 1 fev. 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3387/14/2/32>. Acesso em: 4 jun. 2025.

CRESPO, Nuno Fernandes; CRESPO, Cátia Fernandes. Global innovation index: Moving beyond the absolute value of ranking with a fuzzy-set analysis. **Journal of Business Research**, [S. l.], v. 69, n. 11, p. 5265–5271, nov. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296316303277>. Acesso em: 4 jun. 2025.

IBGE. Panorama do Censo 2022. [S. l.]: IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

JACOMOSSO, Rafael Ricardo; FELDMANN, Paulo Roberto; BARRICHELLO, Alcides; MORANO, Rogério Scabim. Does Ecological Sustainability Really Matter? Evaluation of Its Mediating Role in the Relationship between Innovation and Competitiveness. **BAR – Brazilian Administration Review**, v. 18, n. 3, e200126, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bar/a/BbtMwD99Nczdn8w8TSFgzhR/>. Acesso em: 4 jun. 2025.

KHEDHAOURIA, Anis; THURIK, Roy. Configurational conditions of national innovation capability: A fuzzy set analysis approach. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 120, p. 48–58, jul. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162516304711>. Acesso em: 4 jun. 2025.

KUWAJIMA, Julio Issao; MENDES, Alesi Teixeira; FECHINE, Valéria Maria de Rodrigues; SANTOS, Gesmar Rosa dos. Indicadores do ODS 6: importância e divergências metodológicas nas primeiras medições. **Desenvolvimento e meio ambiente/Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 62, 10 nov. 2023. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/89502>. Acesso em: 4 jun. 2025.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LEE, Haein ; KIM, Jang Hyun; JUNG, Hae Sun. Deep-learning-based stock market prediction incorporating ESG sentiment and technical indicators. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 14, n. 1,

p. 10262, 4 maio 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-61106-2>. Acesso em: 4 jun. 2025.

LI, Shiting; XU, Chao; SU, Meirong; LU, Weiwei; CHEN, Qionghong; HUANG, Qianyan; TENG, Yanmin.. Downscaling of environmental indicators: A review. **Science of the total environment**, v. 916, p. 170251, 1 mar. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969724003863>. Acesso em: 4 jun. 2025.

LLATAS, Carmen; SOUST-VERDAGUER, Bernardette; TORRES, Luis Castro; CAGIGAS, Daniel. Application of knowledge discovery in databases (KDD) to environmental, economic, and social indicators used in BIM workflow to support sustainable design. **Journal of building engineering**, v. 91, p. 109546, 1 maio 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710224011148>. Acesso em: 4 jun. 2025.

OFORI, Elvis K; ASONGU, Simplic A.; ALI, Ernest B.; GYAMFI, Bright A.; AHAKWA, Isaac. Environmental impact of ISO 14001 certification in promoting sustainable development: The moderating role of innovation and structural change in BRICS, MINT, and G7 economies. **Energy & Environment**, 7 maio 2024. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0958305X241246193>. Acesso em: 4 jun. 2025.

OKAY, Nesrin; AKMAN, Ugur. Analysis of ESCO activities using country indicators. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 14, n. 9, p. 2760–2771, dez. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032110001930>. Acesso em: 4 jun. 2025.

ORBIS. **Construção e Análise de indicadores**. Curitiba: [s.n.], 2010.

RODRIGUES, Julia Vicente; ENAMI, Lorena Mazia; COTRIM, Syntia Lemos; MIYATA, Hugo Hissashi; SOUZA, Bruna Gonçalves de. Proposta de indicadores ambientais para obtenção da certificação ISO 14001 para empresas do agronegócio. **Revista Produção Online**, v. 23, n. 2, p. 4895, 8 dez. 2023. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4895>. Acesso em: 4 jun. 2025.

SOHN, So Young; KIM, Dong Ha; JEON, Song Yi. Re-evaluation of global innovation index based on a structural equation model. **Technology Analysis & Strategic Management**, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 492–505, 3 nov. 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537325.2015.1104412?needAccess=true>. Acesso em: 4 jun. 2025.

WANG, Xue; WANG, Zongjun; JIANG, Zhenyu. Configurational differences of national innovation capability: a fuzzy set qualitative comparative analysis approach. **Technology Analysis & Strategic Management**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 599-611, 22 out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537325.2020.1832211>. Acesso em: 4 jun. 2025.

WIPO. Global Innovation Index 2022, 15th Edition. Genebra: WIPO, 2022. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4622&plang=EN>. Acesso em: 8 jun. 2024.

WIPO. Global Innovation Index 2023, 16th Edition. Genebra: WIPO, 2023. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4679&plang=EN>. Acesso em: 8 jun. 2024.