

# Comportamento da pesquisa sobre *green IT*: dimensionando a produção nacional e internacional

## INTRODUÇÃO

O avanço acelerado da tecnologia da informação tem transformado a rotina das pessoas e das organizações, tornando-se praticamente impossível imaginar o cotidiano sem recursos tecnológicos. Contudo, esse ritmo é acompanhado por inovações constantes e pela obsolescência programada de produtos, o que contribui para a geração de resíduos eletrônicos e o aumento do consumo de energia (\*SAN MARTIN; LUNARDI; DOLCI, 2020).

Nesse cenário, a Tecnologia da Informação verde (TI verde) surge como estratégia para eficiência energética, redução da pegada de carbono e o uso consciente dos recursos, tanto em organizações quanto no cotidiano (\*ASADI *et al.*, 2021; LANGE; POHL; SANTARIUS, 2020; \*MENDES; RÊGO; BARBOSA, 2023; \*SALAHUDDIN; ALAM, 2015; \*SUBAHI, 2023). Iniciativas de computação sustentável ampliam essa perspectiva ao considerar o ciclo de vida completo da TI — *design*, uso, reuso e descarte responsável (\*PAZIENZA *et al.*, 2024; \*SALAHUDDIN; ALAM, 2016).

A computação em nuvem, embora proporcione escalabilidade, desperta preocupações pelo elevado consumo energético dos *data centers*, cujo gasto pode crescer de 200 TWh em 2016 para cerca de 3.000 TWh até 2030 (\*KATAL; DAHIYA; CHOUDHURY, 2023). Para mitigar esses impactos, estudos indicam que a TI verde pode tornar essas estruturas mais sustentáveis, seja pela utilização de energia renovável (\*HUANG *et al.*, 2020), por modelos autossustentáveis (\*HADDAD *et al.*, 2021) ou por *data centers* inteligentes (\*JAWAD *et al.*, 2021). Pesquisas também propõem modelos que otimizam o uso de energia e reduzem emissões de carbono por meio de ajustes inteligentes na alocação de tarefas, (\*MONDAL *et al.*, 2023; \*NADALIZADEH; MOMTAZPOUR, 2022; \*TAI; LIN; HSIAO, 2023). Além disso, a gestão adequada dos dados digitais e a exclusão de informações obsoletas podem contribuir para reduzir a pegada de carbono (\*MERSICO *et al.*, 2024).

Outro desafio é o crescimento do lixo eletrônico, com expansão estimada de 8% ao ano (\*AJINA *et al.*, 2024; HAYASHI *et al.*, 2024). Iniciativas de reaproveitamento de equipamentos têm buscado minimizar impactos ambientais e sociais, e a TI verde vem ganhando espaço por seu potencial de mitigação (DU *et al.*, 2023). Entre os fatores que influenciam sua adoção estão pressões governamentais, ambientais e de *stakeholders* (\*CHUANG; HUANG, 2018; \*SAN MARTIN; LUNARDI; DOLCI, 2020), bem como a busca por competitivamente (\*LOESER *et al.*, 2017; \*SINGH; SHARMA, 2023). Políticas internas, como o BYOD (*Bring Your Own Device*) e teletrabalho, também favorecem práticas sustentáveis (\*DOARGAJUDHUR *et al.*, 2024).

Tais práticas geram vantagens econômicas e ambientais, além de fortalecer a imagem organizacional (\*NASH; WAKEFIELD, 2022; THEIS; SCHREIBER, 2020). Contudo, sua efetividade depende da conscientização e capacitação de gestores e colaboradores (\*HAMEED *et al.*, 2023; \*PENHA; PASCHOALIN FILHO; FARIA, 2018; \*ZANUTO DE FREITAS *et al.*, 2020).

Diante disso, este estudo se justifica por apresentar um recorte temporal recente (2015-2024), possibilitando identificar líderes no debate acadêmico, analisar o comportamento da pesquisa nacional frente à internacional e avaliar a maturidade da área no Brasil. A bibliometria foi escolhida como metodologia por permitir mapear a produção científica e compreender a evolução do tema (CHUEKE; AMATUCCI, 2022). Assim, busca-se responder: quais são os indicadores bibliométricos da produção científica sobre TI verde no período de 2015 a 2024?

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversos estudos recorrem à bibliometria para mapear a evolução da pesquisa sobre TI verde, analisando diferentes bases de dados, períodos e enfoques metodológicos. Esses trabalhos identificaram tendências emergentes, palavras-chave recorrentes, limitações e lacuna na literatura. O Quadro 1 sintetiza os principais resultados dessas investigações.

Quadro 1 – Resumo dos estudos sobre TI verde que utilizaram a Bibliometria

<b>Autores</b>	<b>Dados do estudo</b>	<b>Resultados</b>
(*GARCÍA-BERNÁ <i>et al.</i> , 2019)	4.398 publicações / Indexadas na Scopus / Sem restrição temporal / Bibliometria	Produção dispersa, dominada por países desenvolvidos; destaque para <i>cloud computing/data centers</i> como tema central.
(*MARQUES; BACHEGA; TAVARES, 2019)	547 publicações / Indexadas na WoS / 2008-2018 / Estudo de caso e bibliometria.	Palavras-chaves “sustentabilidade”, “ <i>Green IT</i> ” e “ <i>data center</i> ” em ascensão; termos impulsionaram pesquisas em sustentabilidade.
(*CALERO <i>et al.</i> , 2020)	542 publicações / Indexadas na Scopus / 2000-2018 / Bibliometria	Palavras-chave ligadas a sustentabilidade e eficiência energética; campo de <i>Software</i> verde consolidado, com forte colaboração internacional.
(*MAT NAWI <i>et al.</i> , 2024)	293 publicações / Indexadas na WoS / Não houve análise temporal / Bibliometria	<i>Green IT</i> associado à responsabilidade ambiental; tendências incluem determinantes de adoção, fatores comportamentais e integração com o Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e com a Inteligência Artificial verde (IA verde).

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme apresentado, observa-se, embora a literatura releve avanços, ainda há limitações relacionadas à abrangência dos estudos, especialmente pela análise isolada de base de dados. Assim, este trabalho busca avançar ao realizar uma análise bibliométrica abrangendo três bases (WoS, Scopus e SPELL).

## METODOLOGIA

Este estudo adota a bibliometria como procedimento metodológico, classificada como pesquisa descritiva de abordagem quanti-qualitativa, adequada para identificar padrões de produção científica, autores influentes e lacunas de conhecimento em áreas emergentes (\*CALERO *et al.*, 2020; \*MAT NAWI *et al.*, 2024). O objetivo é caracterizar a produção científica sobre TI verde no período de 2015 a 2024, enfatizando sua evolução e principais indicadores. Para isso, foram aplicadas análises bibliométricas com foco na identificação do número de artigos, qualidade dos periódicos conforme Qualis, quartil do SJR e índice H, tendências e picos de publicações, principais autores, países e instituições, palavras-chave mais citadas e artigos mais referenciados.

A coleta de dados foi realizada em 31/12/2024, por meio das bases *Web of Science* (WoS), Scopus e *Scientific Periodicals Electronic Library* (SPELL), selecionadas por sua abrangência internacional e nacional. Foram identificados 981 artigos: 221 na WoS, 250 na Scopus e 510 na SPELL. Os critérios de busca envolveram termos relacionados à TI verde/Green IT e variações.

Foram excluídos artigos repetidos, títulos e resumos não relacionados, periódicos sem Qualis e publicações em eventos ou dissertações. Restaram 154 artigos, aos quais se somaram referências adicionais, totalizando 189 artigos para análise.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base nos critérios da pesquisa, foram identificados 189 artigos que tratam de TI verde em uma de suas vertentes, publicados entre 2015 e 2024, extraídos das bases WoS, SPELL e Scopus. Os principais indicadores da produção científica estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Dados bibliométricos da pesquisa (2015-2024)

Descrição	Nº	Descrição	Nº
Artigos	189	Idiomas	2
Autores	568	Instituições envolvidas	152
Artigos em periódicos brasileiros	27	Palavras-chave diferentes	640
Artigos em periódicos internacionais	162	Média palavras-chave/artigo	5,4
Periódicos brasileiros	23	Média autores/artigos	3,5
Periódicos internacionais	98	Média artigos/ano	18,9
Países envolvidos	51	Média artigos/periódico	1,6

Fonte: Dados da pesquisa.

A produção analisada inclui 121 periódicos e 152 instituições, com publicações majoritariamente em inglês (85,7%) e em menor proporção em português (14,3%). Verifica-se que 81% foram divulgados em periódicos internacionais. Foram identificadas 1.015 palavras-chave, das quais 640 distintas, com média de 5,4, termos por artigo, o que evidencia recorrência de conceitos.

Quanto à autoria, prevalecem trabalhos com três autores (31,1%), seguidos por dois (24,2%) e quatro (18,4%), padrão semelhante ao descrito por \*Calero et al., (2020). A maioria dos artigos analisados possui até quatro autores ( $n = 150$ ; 79,5%), enquanto apenas 20,5% ( $n = 39$ ) superam esse número. Esse resultado sugere que as publicações estão alinhadas com a corrente acadêmica que defende a inclusão apenas de autores que efetivamente contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento do estudo, reduzindo a incidência de coautorias meramente cerimoniais (ROSSONI, 2018).

Em relação à produção anual, o pico ocorreu em 2020 ( $n = 24$ ) e redução em 2024, com apenas 11 publicações. Os artigos internacionais são a maioria em todos os anos ( $n = 162$ ; 85,8%), enquanto os nacionais representam 14,2% ( $n = 27$ ), não ultrapassando cinco por ano e chegando a zero em 2024. Essa tendência já havia sido observada por \*Silva, Soares e Gomes, (2017), que destacaram queda após o pico de 2015. A redução pode estar associada à ampliação de termos relacionados ao conceito de ‘verde’, além da baixa presença de periódicos nacionais, reforçando a necessidade de novas investigações sobre a produção na área.

Na análise por países mais produtivos, foram considerados apenas os artigos da WoS e Scopus ( $n = 163$ ), uma vez que a SPELL indexa majoritariamente artigos brasileiros. Nessa base o Brasil contabilizou 26 publicações 2015 e 2024, mas sem grande expressão anual, pois não ultrapassaram cinco por ano. A China aparece como o país mais produtivo ( $n = 18$ ; 11,0%). Entre as instituições, destacam-se a *University of Castilla-La Mancha* ( $n = 7$ ; 4,3%) e a *Multimedia University* ( $n = 4$ ; 2,5%). Observa-se maior dispersão da produção entre países e maior concentração em poucas instituições indicando polos específicos de pesquisa.

O periódico mais produtivo foi o *Sustainability* ( $n = 15$ ; 7,9%). Os 12 mais relevantes concentram 35,0% da produção ( $n = 66$ ), sendo 11 estrangeiros e 1 brasileiro, enquanto os demais 123 responderam por 65,0% ( $n = 123$ ) dos artigos analisados. Entre os 121 periódicos, 109 publicaram apenas um ou dois artigos ao longo do período de 10 anos. Resultados

semelhantes foram encontrados por \*Mory-Alvarado et al., (2023) em estudo sobre TI verde nas PMEs, destacando o *Journal of Cleaner Production*, seguido por *Sustainability*, como os principais periódicos.

A pesquisa também analisou o estrato Qualis, sistema de classificação de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que avalia revistas científicas nacionais e internacionais conforme sua relevância para os programas de pós-graduação no Brasil (BRASIL, 2025). Além disso, foram considerados o quartil do *SCImago Journal & Country Rank* (SJR), que indica a posição relativa da revista em sua área, e o Índice H, que mede o impacto e a produtividade do periódico com base no número de citações recebidas (\*MORY-ALVARADO et al., 2023; RADU; POPESCU, 2024; SCIMAGO, 2025).

A maior parte dos artigos analisados foi publicado em periódicos classificados nos estratos Qualis A1 (n = 81) e A2 (n = 56) totalizando 137 (73,0%), dentre os 189 analisados. Os demais estão distribuídos entre os estratos A3 a B2 (27,0%), o que ainda indica uma predominância de publicações em veículos de média a alta qualificação.

Da mesma forma que a classificação pelo estrato Qualis, observa-se que os artigos também estão, em sua maioria, publicados em periódicos com quartil do SJR elevado, sendo 81,8% (n = 130) deles classificados como Q1. Dos 189 artigos analisados, 159 (84,1%) apresentam também classificação por quartil do SJR e Índice H na base Scopus. Os 30 artigos restantes (15,9%) não possuem essa informação, mas ainda assim foram considerados relevantes por estarem vinculados a periódicos com Qualis entre A1 e A4 (20 = 10,5%) e B1 e B2 (10 = 5,3%).

Quanto ao Índice H dos periódicos, observa-se que 30,2% (n = 48) dos artigos estão publicados em periódicos com Índice H  $\geq 200$ , e a faixa mais representativa é aquela com Índice H entre 50 e 99, que reúne 57 artigos (35,8%). Apenas 15,9% (n = 30) estão vinculados a periódicos com registro exclusivo no Qualis, o que ocorre, sobretudo, com periódicos brasileiros que ainda não estão indexados em bases como Scopus ou WoS. Ainda assim, esses dados reforçam que a produção científica, tanto nacional quanto internacional, sobre o tema tem sido veiculada em periódicos de média a alta avaliação, o que sugere um potencial impacto acadêmico e social significativo.

No que se refere à análise de autoria, observa-se uma distribuição da produção científica entre os 568 autores e coautores identificados. Os autores mais citados possuem 8 (n = 3) artigos cada os demais (n = 565) ficam entre 7, 3, 2 e 1 artigos cada um. Os autores mais produtivos estão alinhados com os estudos de \*Mory-Alvarado et al., (2023).

As palavras-chave mais citadas foram TI verde/*Green IT* (n = 71; 37,5%) e Sustentabilidade/*Sustainability* (n = 43; 22,8%), comuns a periódicos nacionais e internacionais. O *ranking* evidencia a recorrência de termos ligados à sustentabilidade, eficiência energética e o uso responsável da TI, como *Cloud Computing*, *Green Computing* e práticas de governança. Esses resultados confirmam achados de estudo semelhante (\*MAT NAWI et al., 2024).

A análise dos indicadores da pesquisa possibilita destacar os seguintes achados: i) há uma tendência de queda na produção científica sobre o tema, passando de 24 publicações em 2020 para apenas 11 em 2024; ii) observa-se baixa representatividade de artigos nacionais em bases de dados internacionais, como a WoS e Scopus; iii) escassa recorrência de publicações por autor, sendo que os pesquisadores mais produtivos não chegam a publicar 10 artigos no período; iv) há um número elevado de instituições envolvidas na pesquisa, porém com um volume reduzido de publicações; v) grande parte dos periódicos em que os artigos foram publicados apresentam classificações elevadas, com estrato Qualis entre A1 e A4, quartil do SJR entre Q1 e Q2 e Índice H  $\geq 200$ , o que evidencia sua qualidade.

A análise das citações dos artigos selecionados nas bases WoS, Scopus e SPELL sobre o tema TI verde permitiu identificar os estudos com maior impacto acadêmico. Além do número

de citações, foram considerados o estrato Qualis (BRASIL, 2025), o quartil do SJR, Índice H (SCIMAGO, 2025) e o fator de impacto, disponibilizado pelo *Journal Citation Reports* (JCR), que mede a média de citações recebidas pelos artigos publicados em uma revista em determinado período, geralmente em dois anos (CLARIVATE, 2025).

Identifica-se que os artigos mais citados estão publicados em periódicos de excelência internacional. Entre os mais relevantes destaca-se o trabalho de \*Lange, Pohl; Santarius, (2020), com 608 citações, referente ao artigo *Digitalization and energy consumption: Does ICT reduce energy demand?*, publicado na revista *Ecological Economics*, classificada como Qualis A1, quartil do SJR = Q1, Índice H = 262 e fator de impacto do JCR = 6,3. Em segundo lugar, encontra-se o estudo de \*Gai et al., (2016), com 476 citações, Qualis A1, quartil do SJR = Q1, Índice H = 155 e fator de impacto do JCR = 16,3, o segundo maior da amostra.

No que se refere ao Índice H (Scopus), que mede a produtividade e o impacto dos artigos publicados no periódico, o indicador mais elevado está associado ao artigo de Huang et al. (2020), com IH = 323. Quanto ao quartil do SJR, apenas um periódico está classificado como Q2, enquanto os demais pertencem ao grupo Q1. Já em relação ao fator de impacto, métrica que indica a média de citações por artigo no periódico, destaca-se o artigo de \*YOU; HUANG; CHAE, (2016), vinculado a um periódico com FI = 17,2.

Conclui-se, portanto, que os artigos mais citados sobre o tema estão, majoritariamente, publicados em periódicos de alto impacto, o que corrobora a relevância científica dos estudos e dos periódicos selecionados. Autores como Radu e Popescu, (2024) reforçam essa perspectiva ao utilizarem indicadores bibliométricos para identificar os principais estudos sobre Sistemas de Informação verdes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou caracterizar a produção científica sobre TI verde, no período de 2015 a 2024, com base em 189 artigos. Os resultados evidenciam a relevância crescente do tema, embora com redução de publicações nos anos mais recentes. A predominância de periódicos de alto impacto confirma a consolidação científica da área.

Complementarmente, o estudo reúne informações de pesquisas sobre TI verde, que abordam diferentes enfoques, como a proposição de modelos, *frameworks* e teorias voltadas à adoção e ao monitoramento de práticas sustentáveis no uso da tecnologia da informação. Destacam-se ainda estudos voltados à aplicação de práticas de TI verde em *data centers*, com ênfase na eficiência energética. Além disso, a literatura também contempla investigações que tratam da conscientização quanto aos danos ambientais decorrentes do uso intensivo da TI, oferecendo uma perspectiva reflexiva sobre os desafios e possíveis soluções para minimizar os impactos ambientais associados à transformação digital.

Ressaltam-se limitações no escopo da pesquisa, como a possibilidade de que artigos relevantes sobre TI verde tenham ficado fora da análise. Para mitigar essa limitação, adotou-se a estratégia da ‘segunda rodada de coleta’, na qual foram analisadas referências dos artigos previamente selecionados, em busca de outros estudos relevantes.

Como oportunidade para futuras investigações, sugere-se: i) investigar os possíveis motivos da expressiva queda no volume de publicações sobre TI verde, especialmente no ano de 2024; ii) analisar a evolução dos termos que remetem às práticas de TI verde; e iii) realizar uma revisão sistemática que compile os estudos existentes sobre o tema, com o objetivo de apoiar pesquisadores e subsidiar a elaboração de uma agenda de pesquisa que oriente novos estudos na área.

Este trabalho buscou identificar a literatura existente sobre TI verde, especialmente no contexto da transformação digital e da gestão ambiental, aplicáveis a diferentes cenários. Ao consolidar informações e dimensionar a produção científica na área, os resultados obtidos

podem orientar pesquisas subsequentes e fomentar o desenvolvimento de estratégias e práticas voltadas à sustentabilidade tecnológica.

## REFERÊNCIAS

\*AJINA, Ahmad S. *et al.* Understanding green IT adoption: TAM and dual-lens of innovation resistance. *Cogent Business and Management*, v. 11, n. 1, 2024.

\*ASADI, Shahla *et al.* A proposed adoption model for green IT in manufacturing industries. *Journal of Cleaner Production*, v. 297, 15 maio 2021.

BRASIL. *Qualis Capes. Plataforma Sucupira*. Disponível em: <<https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>>. Acesso em: 11 ago. 2025.

\*CALERO, Coral *et al.* 5Ws of Green and Sustainable Software. *Tsinghua Science and Technology*, v. 25, jun. 2020. Disponível em: <<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>.

\*CHUANG, Shun Pin; HUANG, Sun Jen. The Effect of Environmental Corporate Social Responsibility on Environmental Performance and Business Competitiveness: The Mediation of Green Information Technology Capital. *Journal of Business Ethics*, v. 150, n. 4, p. 991–1009, 1 jul. 2018.

CHUEKE, Gabriel Vouga; AMATUCCI, Marcos. Métodos de sistematização de literatura em estudos científicos: bibliometria, meta-análise e revisão sistemática. *Internext*, v. 17, n. 2, p. 284–292, 17 mar. 2022.

CLARIVATE. *Journal Citation Reports*. Disponível em: <Journal Citation Reports>. Acesso em: 19 ago. 2025.

\*DOARGAJUDHUR, Melina Seedoyal *et al.* Green IT and BYOD: driving sustainability, job performance, and well-being in remote work. *International Journal of Organizational Analysis*, 2024.

DU, Sanxia *et al.* Does it matter who spreads and to which farmers? The influence of video extension on Chinese farmers' green control technology adoption behavior. *Environment, Development and Sustainability*, 1 fev. 2023.

\*GAI, Keke *et al.* Dynamic energy-aware cloudlet-based mobile cloud computing model for green computing. *Journal of Network and Computer Applications*, v. 59, p. 46–54, 1 jan. 2016.

\*GARCÍA-BERNÁ, José A. *et al.* Green IT and sustainable technology development: Bibliometric overview. *Sustainable Development*, v. 27, n. 4, p. 613–636, 1 jul. 2019.

\*HADDAD, Marwa *et al.* Combined IT and power supply infrastructure sizing for standalone green data centers. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, v. 30, 1 jun. 2021.