

## Inovação frugal: análise bibliométrica da literatura

Innovación frugal: análisis bibliométrico de la literatura

Frugal innovation: bibliometric analysis of the literature

Omotayo Itunnu Yussuf

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

Roniberto Morato do Amaral

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

Luc Quoniam

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

ORIGINAL

### Resumo

**Objetivo.** A inovação frugal é um processo que surgiu nos países emergentes e está presente nos países desenvolvidos. Este artigo visa estudar a rede de colaboração da temática de inovação frugal valendo-se de análises bibliométricas. **Método.** Realizou-se a investigação da rede de colaboração científica sobre inovação frugal, empregando a abordagem quantitativa, o uso das ferramentas VOSviewer e Gephi para apoiar as análises bibliométricas e de colaboração, e como amostra, 574 registros bibliográficos recuperados na base de dados Web of Science, no período de 2014-2023. **Resultados.** Os resultados alcançados foram: mapa de ocorrência de termos; rede de colaboração entre países; ranking das colaborações por países; rede de coautoria. **Conclusões.** Conclui-se que a rede de colaboração investigada apresenta a predominância de países desenvolvidos e concentra-se na sustentabilidade, tendo alguns autores-chaves com papel estruturante e grande influência.

**Palavras-chave:** *bibliometria, análise de redes, colaboração científica, vosviewer, gephi*

### Abstract

**Objective.** Frugal innovation is a process that appeared first in emerging countries and is now present in developed countries. This article aims to study the collaboration network on frugal innovation using bibliometric analysis. **Method.** An investigation of the scientific collaboration network on frugal innovation was carried out using a quantitative approach, with the application of VOSviewer and Gephi tools to support bibliometric and network analyses, and a sample of 574 bibliographic records was retrieved from the Web of Science database from 2014-2023. **Results.** The results of this investigation were: term co-occurrence map; collaboration network between countries; ranking of collaborations by country; and co-authorship network. **Conclusions.** The research has identified that the collaborative network investigated is predominantly from developed countries and focuses on sustainability, with some key authors occupying a structuring role and having great influence.

**Keywords:** *bibliometrics, network analysis, scientific collaboration, vosviewer, gephi*

### Resumen

**Mirar.** La innovación frugal es un proceso que surgió en los países emergentes y está presente en los países desarrollados. Este artículo tiene como objetivo estudiar la red de colaboración en torno al tema de la innovación frugal mediante análisis bibliométricos. **Método.** Se llevó a cabo la investigación de la red de colaboración científica sobre innovación frugal, empleando

el enfoque cuantitativo, el uso de las herramientas VOSviewer y Gephi para apoyar los análisis bibliométricos y de colaboración, y como muestra, 574 registros bibliográficos recuperados en la base de datos Web of Science, en el período 2014-2023. **Resultados.** Los resultados obtenidos fueron: mapa de ocurrencia de términos; red de colaboración entre países; clasificación de las colaboraciones por países; red de coautoría. **Conclusiones.** Se concluye que la red de colaboración investigada presenta un predominio de países desarrollados y se centra en la sostenibilidad, con algunos autores clave que desempeñan un papel estructurante y tienen una gran influencia.

**Palavras clave:** *bibliometria, análisis de redes, colaboración científica, vosviewer, gephi*

## 1 Introdução

A inovação frugal pode ser entendida como o desenvolvimento de uma solução barata em um contexto de recursos escassos (Zeschky et al., 2011). O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) define o termo como sendo um processo que considera a necessidade, a otimização de recursos e a criação de produtos acessíveis (Sebrae, 2023). No entanto, como ocorre com vocábulos em uma língua viva, o termo foi adquirindo novas acepções e outros termos foram surgindo. Assim, esse processo pode receber outras denominações conforme a perspectiva dos pesquisadores quanto à inovação frugal (Koerich & Cancellier, 2019; Weyrauch & Herstatt, 2016). Para um mesmo produto inovador com característica de baixo custo, a literatura apresenta diversos termos, tais como “inovação sustentável”, para enfatizar a criação de um produto inovador priorizando a preservação do meio ambiente; “inovação de baixo custo”, que enfatiza o recurso monetário; e “inovação disruptiva de baixo custo”, para um produto barato com valor superior para o cliente (Koerich & Cancellier, 2019; Weyrauch & Herstatt, 2016; Zeschky et al., 2011).

Assim, percebe-se que muitos estudos sobre inovação frugal ora realizam mapeamentos científicos, ora buscam diferenciá-lo de conceitos correlatos ou propõem definições mais precisas (D'Angelo & Magnusson, 2021). Por falta de uma definição clara, Weyrauch e Herstatt (2016) tentam definir o conceito de inovação frugal levantando suas características e atributos na literatura e conduzindo entrevistas com gerentes trabalhando nesse campo. Como resultado, os autores consideram que, para ser inovação frugal, esses três critérios devem estar presentes: redução de custo, funcionalidades essenciais e nível de desempenho otimizado. Já Hossain (2018) conduz uma revisão sistemática da literatura para identificar os conceitos sobrepostos, as perspectivas teóricas e as fontes da inovação frugal, declarando não existir nenhum estudo quanto à origem do termo. Anos depois, Koerich e Cancellier (2020) surgem com um dos primeiros estudos voltados a esclarecer especificamente essa questão. Apesar de algumas tentativas anteriores para distinguir o termo de outros conceitos semelhantes, Hossain (2018) acredita que os limites do conceito ainda não estão bem definidos.

A inovação frugal surge nos países emergentes devido à falta de recursos, o que invoca a criatividade dos empreendedores locais em usar o pouco que têm para suprir a necessidade do mercado (Koerich & Cancellier, 2019). Apesar de suas características e de sua origem serem vinculadas aos países em desenvolvimento, a inovação frugal não se restringe a esse cenário. Países desenvolvidos também adotaram esse processo, chamando-o de inovação reversa (Weyrauch & Herstatt, 2016). Visto que há várias acepções e termos relacionados ao nosso objeto de pesquisa, adotamos o conceito proposto por Zeschky et al. (2011, p. 39, tradução nossa) sobre inovação frugal, que é “[...] a resposta a graves limitações de recursos com produtos que apresentam vantagens extremas em termos de custos em comparação com as soluções existentes”.

Com base nas contribuições da inovação frugal para questões sociais acerca da competitividade de países, preservação do meio ambiente, entre outras, e ainda, a ocorrência de uma diversidade de acepções e termos relacionados à temática e sua evolução, se faz necessário ampliar a sua compreensão.

O objetivo deste artigo compreendeu a aplicação da bibliometria na investigação da rede de colaboração científica que versa sobre inovação frugal, destacando as principais temáticas investigadas.

## 2 Cooperação internacional

Dante dos desafios econômicos e políticos contemporâneos, a cooperação internacional entre países de diferentes blocos econômicos beneficia tanto as economias emergentes, ao proporcionar acesso a novas tecnologias e investimentos, quanto as nações mais desenvolvidas, que ampliam seus mercados e consolidam sua influência global. Neste cenário, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)

(OCDE, 2021) ressalta a importância da cooperação nacional e internacional para enfrentar os desafios globais de modo eficaz.

A pesquisa científica se beneficia dessa colaboração internacional, especialmente na transferência de conhecimento e na otimização de recursos para os participantes. Quando dois países já são membros de uma mesma organização intergovernamental, a cooperação científica se torna mais acessível, facilitando o intercâmbio não apenas na área de atuação do grupo, mas também em outros setores, como observado na União Europeia e no G20 (Hou et al., 2021). No entanto, essa dinâmica não se aplica a todas as organizações. A cooperação entre blocos econômicos distintos pode enfrentar desafios maiores, devido a diferenças culturais, geopolíticas e econômicas (Hou et al., 2021). Um exemplo disso é o BRICS, cujos países têm se empenhado em reformar o sistema de governança global. Apesar de seus esforços para modificar a arquitetura financeira global, há resistência por parte de atores com maior poder de influência (Larionova & Shelepor, 2022).

Em geral, acordos estratégicos são comuns entre países que compartilham interesses econômicos e tecnológicos. Um exemplo disso é a relação entre Brasil e China no setor da aviação. A Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer) tem buscado ampliar parcerias com empresas chinesas para fortalecer sua cadeia de fornecimento, o que beneficiaria o setor da aviação de ambos os países, enquanto o Brasil pretende estreitar os laços com o país asiático em uma parceria estratégica de longo prazo (Yu & Kirton, 2024).

Koerich e Cancellier (2020) identificam uma carência de estudos sobre os atores influentes na colaboração internacional em inovação frugal e sugerem pesquisas focadas em países desenvolvidos. Essa necessidade é reforçada no estudo bibliométrico de D'Angelo e Magnusson (2021), que, ao analisarem a distribuição geográfica das publicações sobre o tema, indicam os EUA, a Índia e a Alemanha como os três principais produtores acadêmicos.

### 3 Análise de redes sociais

A análise de redes sociais é uma abordagem utilizada para analisar as características dos elementos de uma rede de colaboração (Laumann, 1979, citado em Laumann et al., 1992). Dessa forma, é possível avaliar a posição de um elemento e verificar sua importância dentro da rede baseando-se na estatística. Essa abordagem pode ser aplicada para várias áreas do conhecimento, como a Ciência da Informação (CI), sendo uma de suas aplicações na análise da rede de colaboração de publicações científicas.

A representação de uma rede consiste em nós (elementos da rede) e arestas (ligações entre os nós). As arestas representam as interações entre os elementos da rede e, a depender da análise, variam em grossura, revelando a forte ou fraca interação existente entre dois elementos. O tamanho do nó pode variar de acordo com a unidade utilizada na análise como, por exemplo, o número de publicações, sendo assim um indicativo de importância dentro da estrutura analisada.

As principais medidas e/ou características obtidas em uma análise de redes sociais são centralidade de autovetor, intermediação, distância, vulnerabilidade, coeficiente de agrupamento e grau do nó (Costa et al., 2007). Para o objetivo deste presente trabalho, as medidas de intermediação e centralidade serão as únicas consideradas.

Para verificarmos o papel de um nó dentro da rede, podemos calcular o quão conectado ele é utilizando a métrica da centralidade de autovetor (Costa et al., 2007). Essa métrica quantifica o número de conexões do nó com outros nós significantes e centrais, indicando qual o nó que exerce um papel estruturante e influente. Portanto, na rede, o número de conexões de um nó é relevante para calcular sua significância.

Por outro lado, a métrica de intermediação calcula a quantidade de vezes em que um nó atua como ponte pelo menor caminho entre diferentes grupos (Costa et al., 2007). Com essa métrica, identificam-se nós com alto grau de influência, pois estes detêm a informação para conectar dois grupos, podendo passá-la adiante, ignorá-la ou filtrá-la (Haythornthwaite, 1996). Isto é, os nós com alto grau de intermediação possuem um papel significativo em ligar grupos que estariam isolados na rede sem essa conexão. O cálculo da intermediação do nó (Freeman, 1977, citado em Costa et al., 2007) é apresentado abaixo:

$$B_u = \sum_{ij} \frac{\sigma(i, u, j)}{\sigma(i, j)}$$

No numerador, tem-se o caminho mais curto entre os nós  $i$  e  $j$  que atravessa o nó  $u$ , enquanto o denominador expressa o número total dos menores caminhos entre  $i$  e  $j$ . A soma envolve todos os pares distintos de nós  $i$  e  $j$  (Costa et al., 2007).

## 4 Metodologia

O método utilizado compreendeu abordagem quantitativa exploratória (Donthu et al., 2021), o uso das ferramentas computacionais VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010) e ferramenta Gephi (Bastian et al., 2009), para apoiar as análises de redes bibliométricas e cálculos estatísticos, e como fonte de informações, 574 registros bibliográficos recuperados na base de dados Web of Science, no período de 2014-2023.

Visando ampliar a consistência dos resultados das análises, minimizando a introdução de variações, optou-se pelo uso exclusivo da base de dados Web of Science, como fonte de informação nesta investigação, devido à sua abrangência, cobertura internacional e multidisciplinar e ao formato dos registros bibliográficos, adequado à moldura analítica utilizada, envolvendo a análise de redes bibliométricas (Hicks et al., 2025). Foi realizada uma busca na base de dados Web of Science (Core Collection), utilizando o campo “Topic” (título, resumo, palavra-chave). A expressão de busca envolveu os termos: “frugal innovation” ou “frugal engineering” ou “innovation and frugality” (D’Angelo & Magnusson, 2021). Sob a perspectiva de obter um panorama recente, envolvendo a produção científica sobre inovação frugal em nível global, a delimitação temporal foi de 10 anos, entre janeiro de 2014 e 1 de janeiro de 2024. Foram excluídos os registros do tipo cartas, revisões de livro, correções e resumo de reuniões, totalizando 574 registros bibliográficos. Para aferir a precisão da estratégia de recuperação, foram analisados os top 100 registros recuperados e ordenados por data, destes 97 registros versam o assunto abordado, assim optou-se por analisar a amostra completa.

Os 574 registros bibliográficos foram exportados em formato TXT (arquivo de texto sem formatação), utilizando a opção “Registro completo e Referências citadas”, ampliando as possibilidades de análises com o apoio do software VOSviewer. Os registros bibliográficos passaram por um controle de autoridade para remover as duplicidades e garantir uma análise mais apurada.

Após a análise realizada na ferramenta VOSviewer, exportou-se a rede de colaborações de autores para o software Gephi, que é utilizado para a geração das métricas de rede, como por exemplo: centralidade de intermediação, diâmetro, coeficiente de agrupamento, caminho mais curto, entre outras (Costa et al., 2007).

A ferramenta DeepL foi utilizada na tradução dos resumos em espanhol e inglês, passando por revisão humana.

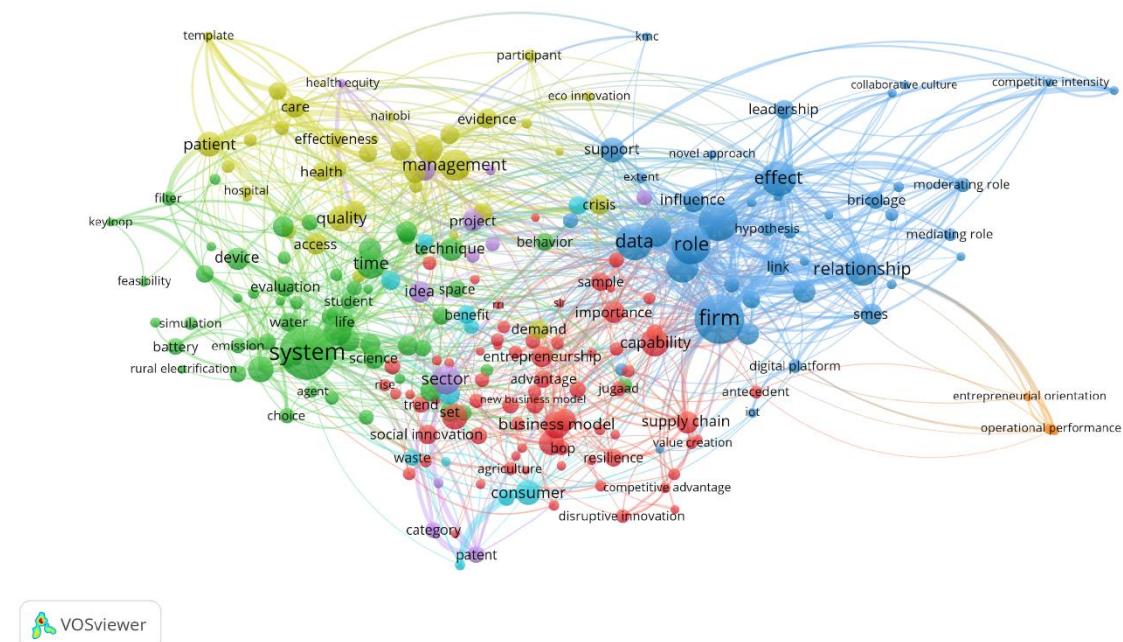
## 5 Resultados e Discussões

Foram recuperados 574 registros bibliográficos, contendo 425 artigos, 80 artigos de conferências, 46 revisões e 23 materiais editoriais. Os dados foram exportados e analisados na ferramenta VOSviewer (v. 1.6.19). Foi feita uma análise de coocorrência de palavras-chave e de coautoria, incluindo a criação de uma rede de termos baseada nos textos (título e resumo) dos registros bibliográficos.

### 5.1 Coocorrência de termos

Os dados obtidos da base de dados Web of Science foram importados na ferramenta VOSviewer para a criação de uma rede de termos oriundos de dados textuais. Os termos foram extraídos dos campos de título e resumo, optando-se pela contagem completa e número mínimo de ocorrência de 10. Assim, dos 13355 termos, 416 atenderam a este critério, porém apenas os mais relevantes fazem parte do mapa, isto é, 239 termos. A Figura 1 ilustra a frequência das palavras nos textos e a relação entre elas.

O indicador de coocorrência de palavras mede a força de relação entre os termos que foram extraídos do título e do resumo dos registros bibliográficos (Donthu et al., 2021). O método de normalização escolhido foi a força da associação, que é uma medida de similaridade (Van Eck & Waltman, 2010). Na visualização, quanto mais próximos dois termos estiverem, maior é a força de associação entre eles; o tamanho do nódulo da rede corresponde ao número de ocorrência (Van Eck & Waltman, 2010). Segundo Donthu et al. (2021), na análise de coocorrência de palavras, os termos que aparecem juntos pertencem ao mesmo tópico.

**Figura 1***Mapa de coocorrência de palavras do título e do resumo*

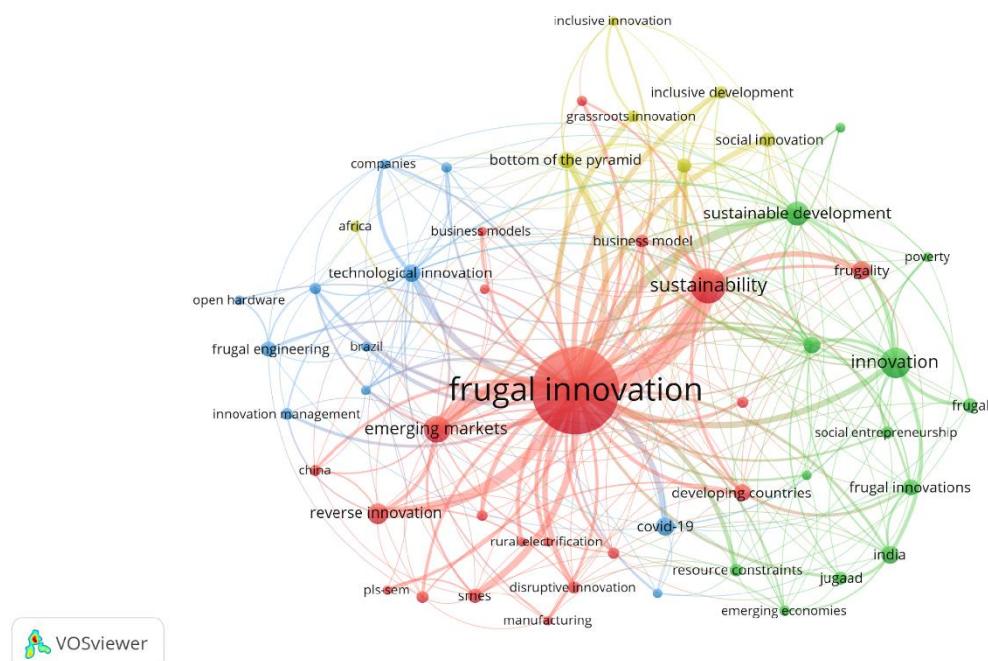
**Nota.** Fonte: Elaborada pelos autores. *[Descrição da imagem]* Imagem gerada pelo VOSviewer com 7 agrupamentos. *[Fim da descrição]*.

Na Figura 1, o mapa de coocorrência apresenta 7 agrupamentos, sendo entendidos como 7 possíveis temáticas. Os grupos 1, 3, 5, 6 e 7, respectivamente em vermelho, azul, violeta, azul celeste e laranja, apresentam termos na temática de gestão de negócios e empreendedorismo. Já no grupo 2, em verde, as palavras sugerem assuntos ligados à engenharia. Em amarelo, o grupo 4 revela uma temática diferente, tendendo para a área da saúde. Fora do domínio dos negócios, o tópico que se destaca é do campo da saúde e da engenharia. Isto permite deduzir que há mais pesquisas nessas áreas para o desenvolvimento de soluções frugais tendo em vista o alto custo de seus produtos.

A inovação frugal não implica necessariamente em perda de qualidade. Segundo Hossain (2018), sua aplicação depende da origem e pode resultar tanto em produtos básicos quanto em tecnologias avançadas. Ao definirem a inovação frugal, Weyrauch e Herstatt (2016) relatam que os critérios de redução de custo, funcionalidades essenciais e nível de desempenho otimizado podem ser aplicados tanto para países desenvolvidos, quanto para aqueles em desenvolvimento. Portanto, é economicamente vantajoso para indústrias das áreas da saúde e da engenharia aplicarem essa estratégia, sem comprometer a qualidade de seus produtos.

O indicador de coocorrência de palavras-chave do autor é similar ao de termos do título e do resumo. O critério para esta rede foi ocorrência mínima de 5, apresentando 52 termos válidos de um total de 1864 palavras-chave de autor. Foi aplicada uma normalização usando o método *LinLog/modularity* (Newman, 2004). A análise de coocorrência de palavras-chave apresentou diferenças com a feita no título e resumo. Na Figura 2, é notável a força de relação entre os termos: quanto mais forte a força de relação, mais grossas são as linhas.

Os termos “inovação frugal” e “sustentabilidade” possuem uma forte relação. Sustentabilidade é a segunda palavra-chave com maior frequência nos registros bibliográficos analisados, demonstrando o direcionamento da pesquisa dos autores. Ao lado desses termos aparecem temas como “desenvolvimento sustentável”, “inovação” e “frugalidade”. As diferenças entre as duas análises de coocorrência estão na quantidade de termos e na força total de relação entre estes. As palavras mais frequentes também não são as mesmas, depreendendo-se que as palavras-chave escolhidas pelos autores para facilitar a recuperação dos artigos não correspondem aos termos mais utilizados no texto.

**Figura 2***Mapa de palavras-chave do autor*

**Nota.** Fonte: Elaborada pelos autores. [Descrição da imagem] Figura com palavras-chave, tendo como ponto central a palavra "frugal innovation". [Fim da descrição].

Ao compararmos esses resultados com a análise por área de pesquisa oferecida pela base de dados Web of Science, notamos que a categoria Ciências Ambientais consta entre as três áreas com mais publicações, mas não consta nenhuma área diretamente relacionada à saúde. No seu trabalho, o pesquisador Hossain (2018) enfatiza o papel da inovação frugal para o desenvolvimento sustentável, pois um dos efeitos dessa inovação é um melhor aproveitamento dos recursos. Segundo Zeschky et al. (2011), uma empresa precisa atender três fatores para satisfazer consumidores de baixo poder aquisitivo, que são: produção de baixo custo, materiais e design de baixo custo e funcionalidade básica. Ao optar por uma inovação frugal, as empresas podem reaproveitar recursos como forma de reduzir os custos da produção e, consequentemente, acabam seguindo princípios de desenvolvimento sustentável de forma não intencional.

## 5.2 Coautoria de países

Considerando o âmbito econômico, a colaboração com países em desenvolvimento é essencial para o sucesso de inovação frugal de tecnologia avançada (Hossain, 2018). O indicador de coautoria de países permite identificar a cooperação entre as diversas nações e seu impacto no campo estudado (Donthu et al., 2021). Como mostra a Figura 3, foram gerados 6 grupos principais, sobre os quais aplicamos o método de força de associação. Os países liderando cada cluster são: Estados Unidos, Finlândia, Paquistão, Alemanha, Índia e Brasil.

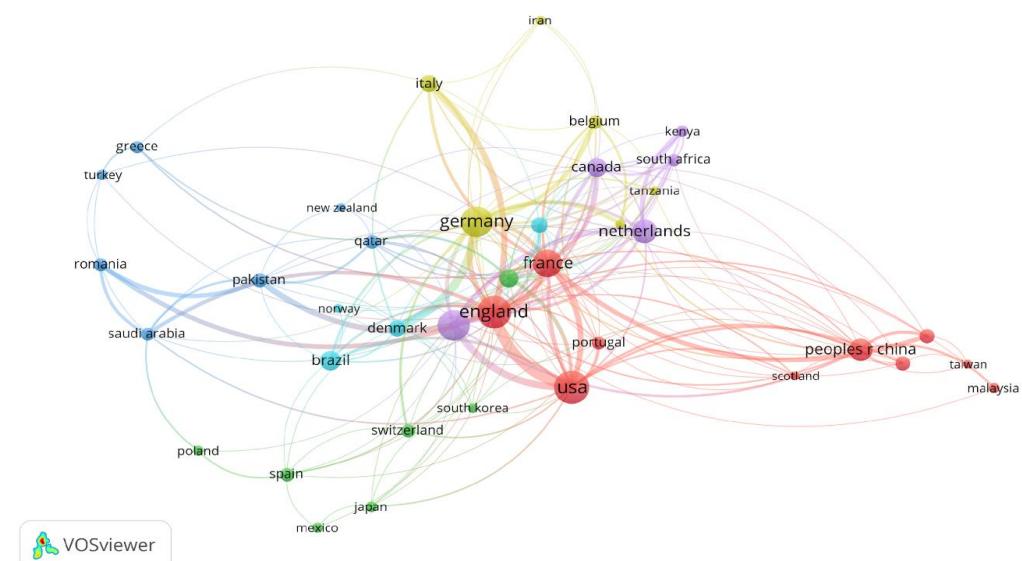
Aqui, apesar da forte ligação com países emergentes, visto que o estudo de inovação frugal se concentrou inicialmente neles, segundo Weyrauch e Herstatt (2016), as pesquisas sobre a temática são realizadas por países desenvolvidos, em especial europeus, conforme pode ser constatado nas Figuras 3 e 4. Estados Unidos, Inglaterra e França são os países mais bem posicionados na rede, desempenhando um papel estruturante. Os esforços do Sebrae têm surtido efeito com o Brasil entre os top 10, ocupando a oitava posição (Figura 4).

Na Figura 4, vemos o gráfico de barras do número de documentos por país. Dentre os 10 países com mais publicações, Índia, China e Brasil são os únicos países emergentes, todos membros do BRICS. Este resultado difere do que foi encontrado pelos pesquisadores D'Angelo e Magnusson (2021) que observaram apenas a presença da China e da Índia neste recorte. A diferença nos resultados pode estar relacionada à expressão de busca utilizada pelos pesquisadores, que compreendeu somente o termo "frugal innovation". Quanto à posição no

ranking dos países com mais publicações, a posição dos Estados Unidos e da Inglaterra corrobora com os resultados de D'Angelo e Magnusson (2021).

**Figura 3**

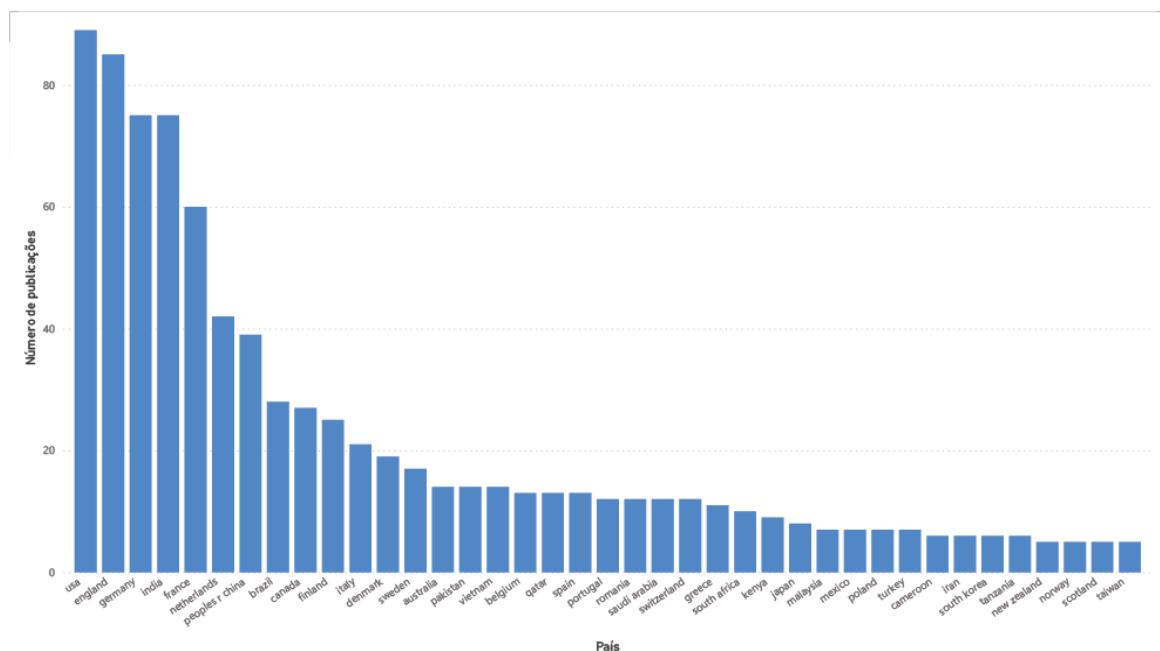
## *Rede de coautoria: cooperação entre países*



**Nota.** Fonte: Elaborada pelos autores. [Descrição da imagem] Rede de cooperação entre países, tendo a França, Inglaterra, Estados Unidos e Alemanha como pontos centrais. [Fim da descrição].

**Figura 4**

## *Ranking de países que investigam inovação frugal*



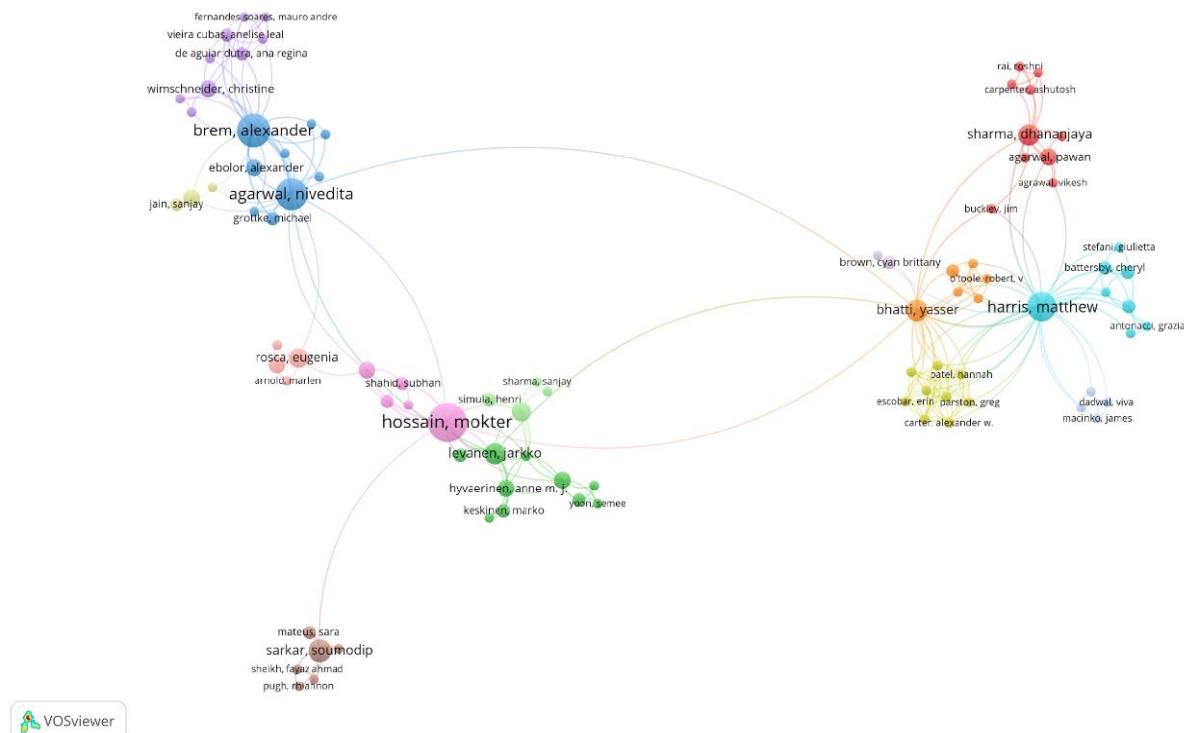
**Nota.** Fonte: Elaborada pelos autores. [Descrição da imagem] Figura com o ranking dos países que investigam a inovação frugal, tendo os Estados Unidos em primeiro lugar, seguido por Inglaterra e Alemanha. [Fim da descrição]

### 5.3 Coautoria: colaboração entre autores

Para identificar os principais autores dentro da rede de colaboração da inovação frugal, utilizamos o indicador de coautoria de autores. Este indicador avalia a cooperação entre os autores ao mesmo tempo em que apresenta os maiores publicadores da área. No VOSviewer, é possível escolher o número mínimo de publicações por autor e o número mínimo de citações de um autor, filtrando os dados para os mais citados e com mais publicações. Os dados analisados apresentaram 1570 autores, sendo aplicado um filtro de 1 documento mínimo por autor e 0 citações. Dos 1570 autores, 89 formaram a maior rede de colaboração como apresentada na Figura 5.

**Figura 5**

*Rede de colaboração entre autores*



**Nota.** Fonte: Elaborada pelos autores. [Descrição da imagem] Rede de colaboração entre autores, com o autor Mokter Hossain como um dos mais proeminentes. [Fim da descrição].

Na análise do VOSviewer, os parâmetros foram deixados nos valores padrões. Assim, foram obtidos 14 grupos de colaboração de autores. Cada nó representa um autor e o seu tamanho está relacionado ao número de publicações deste autor, enquanto que as linhas indicam com quais outros autores eles já publicaram. As cores delimitam os diferentes grupos que publicam entre si. Pela Figura 5, identificamos os cinco autores que mais publicam sobre inovação frugal na rede: Mokter Hossain, Alexander Brem, Nivedita Agarwal, Matthew Harris e Soumodip Sarkar. Notamos que dois deles, Alexander Brem e Nivedita Agarwal, aparecem no mesmo grupo, em cor azul, e que a linha conectando-os é relativamente mais grossa que as demais conexões, indicando portanto uma forte colaboração entre os dois autores.

Dentre os nomes citados acima, visualmente, notamos alguns com muitas conexões: Mokter Hossain, Nivedita Agarwal, Alexandre Brem, Matthew Harris, Yasser Bhatti e Dhananjaya Sharma. Esses autores desempenham um papel importante na rede de informações, conectando grupos e controlando a informação intra e intergrupo. Se tirarmos um deles do seu grupo, nota-se que os demais autores perdem a conexão com os outros grupos. Isso acentua a sua importância dentro da rede de colaboração, pois é através deles que é possível um diálogo com colaboradores de outras instituições ou outros países.

Esta colaboração com outros países é de suma importância para a inovação frugal, pois possibilita o fluxo de informações tecnológicas de um local a outro. Analisando os autores com mais publicações, vemos que são de:

Qatar, Alemanha, Inglaterra e Portugal. Consequentemente, não é surpresa que dois destes países estejam entre os 10 que mais publicam artigos sobre inovação frugal. Nota-se também que a maioria deles localizam-se no continente europeu, como apresentado na Figura 4. Mas ao selecionarmos individualmente os autores citados dentro da nossa pesquisa, na plataforma Web of Science, verificamos sua colaboração com países como a Índia, o Brasil e o Paquistão. Portanto, com uma rede de colaboração, podemos visualizar que essa concentração de publicações na Europa conta com a participação de outros países fora do continente europeu, sendo uma forma de transferência de conhecimentos tecnológicos.

Para compreender o papel desempenhado por alguns autores na rede, exportamos o mapa de colaboração de autores em formato Pajek do VOSviewer para a ferramenta Gephi. Com isto, foi possível realizarmos mais análises na rede. Apresentamos as métricas obtidas na Tabela 1.

**Tabela 1**

*Métricas da rede de colaboração de autores: ordenadas pela métrica Eigenvector Centrality*

Author	Eigenvector Centrality	Eccentricity	Closeness Centrality	Harmonic Closeness Centrality	Betweenness Centrality
harris, matthew	1	4	0.409302	0.565341	1070.5
bhatti, yasser	0.903136	3	0.494382	0.575758	1995.167
agarwal, nivedita	0.28153	3	0.460733	0.532197	1616
sharma, dhananjaya	0.270074	4	0.372881	0.449811	526.8333
hossain, mokter	0.250598	3	0.453608	0.518939	1151
levanen, jarkko	0.21484	3	0.431373	0.481061	435.6667
brem, alexander	0.212495	4	0.350598	0.45928	495.5
numminen, sini	0.107319	4	0.329588	0.388258	255
rosca, eugenia	0.053425	4	0.327138	0.372159	255.5
sarkar, soumodip	0.044458	4	0.324723	0.373106	422

**Nota.** Fonte: Elaborada pelos autores. Eigenvector Centrality é a métrica de centralidade de autovetor. [Descrição da tabela] Tabela 1 intitulada “Métricas da rede de colaboração de autores: ordenadas pela métrica Eigenvector Centrality”, com seis colunas: Author, Eigenvector Centrality, Eccentricity, Closeness Centrality, Harmonic Closeness Centrality e Betweenness Centrality. Os dados indicam, na ordem decrescente de Eigenvector Centrality: harris, matthew (1; 4; 0,409302; 0,565341; 1070,5); bhatti, yasser (0,903136; 3; 0,494382; 0,575758; 1995,167); agarwal, nivedita (0,28153; 3; 0,460733; 0,532197; 1616); sharma, dhananjaya (0,270074; 4; 0,372881; 0,449811; 526,8333); hossain, pookter (0,250598; 3; 0,453608; 0,518939; 1151); levanen, jarkko (0,21484; 3; 0,431373; 0,481061; 435,6667); brem, alexander (0,212495; 4; 0,350598; 0,45928; 495,5); numminen, sini (0,107319; 4; 0,329588; 0,388258; 255); rosca, eugenia (0,053425; 4; 0,327138; 0,372159; 255,5); e sarkar, soumodip (0,044458; 4; 0,324723; 0,373106; 422). [Fim da descrição].

A métrica de centralidade de autovetor (Eigenvector Centrality) revela os autores que possuem um papel estruturante dentro da rede de colaboração. Pela Tabela 1, vemos que Matthew Harris e Yasser Bhatti são os autores mais bem conectados da rede, com um valor da métrica de 1 e 0,9, respectivamente. Esses valores corroboram com a visualização obtida no VOSviewer na Figura 5, na qual vemos várias linhas de relações saindo desses dois autores. Segundo Haythornthwaite (1996), esses nós são a estrela da rede, pois a posição em que se encontram lhes permite obter informação de outros nós na rede. Então, podemos considerar esses dois autores como aqueles que sustentam a rede, estando numa posição estratégica e central, conectando-se com vários autores.

**Tabela 2****Métricas da rede de colaboração de autores: ordenadas pela métrica Betweenness Centrality**

Author	Betweenness Centrality	Eigenvector Centrality	Eccentricity	Closeness Centrality	Harmonic Closeness Centrality
bhatti, yasser	1995.167	0.903136	3	0.494382	0.575758
agarwal, nivedita	1616	0.28153	3	0.460733	0.532197
hossain, mokter	1151	0.250598	3	0.453608	0.518939
harris, matthew	1070.5	1	4	0.409302	0.565341
sharma, dhananjaya	526.8333	0.270074	4	0.372881	0.449811
brem, alexander	495.5	0.212495	4	0.350598	0.45928
levanen, jarkko	435.6667	0.21484	3	0.431373	0.481061
sarkar, soumodip	422	0.044458	4	0.324723	0.373106
rosca, eugenia	255.5	0.053425	4	0.327138	0.372159
numminen, sini	255	0.107319	4	0.329588	0.388258

**Nota.** Fonte: Elaborada pelos autores. Betweenness Centrality é a métrica de intermediação. [Descrição da tabela]

Tabela 2 intitulada “Métricas da rede de colaboração de autores: ordenadas pela métrica Betweenness Centrality”, com seis colunas: Author, Betweenness Centrality, Eigenvector Centrality, Eccentricity, Closeness Centrality e Harmonic Closeness Centrality. Os autores estão listados em ordem decrescente de Betweenness Centrality: bhatti, yasser (1995,167; 0,903136; 3; 0,494382; 0,575758); agarwal, nivedita (1616; 0,28153; 3; 0,460733; 0,532197); hossain, pookter (1151; 0,250598; 3; 0,453608; 0,518939); harris, matthew (1070,5; 1; 4; 0,409302; 0,565341); sharma, dhananjaya (526,8333; 0,270074; 4; 0,372881; 0,449811); brem, alexander (495,5; 0,212495; 4; 0,350598; 0,45928); levanen, jarkko (435,6667; 0,21484; 3; 0,431373; 0,481061); sarkar, soumodip (422; 0,044458; 4; 0,324723; 0,373106); rosca, eugenia (255,5; 0,053425; 4; 0,327138; 0,372159); e numminen, sini (255; 0,107319; 4; 0,329588; 0,388258). [Fim da descrição].

Na Tabela 2, temos as métricas retiradas do Gephi, ordenadas pelo grau de intermediação. Analisando a tabela, reconhecemos alguns nomes que vêm se repetindo: Yasser Bhatti, Nivedita Agarwal, Mokter Hossain e Matthew Harris, com um valor da métrica de 1995, 1616, 1151 e 1070, respectivamente. Assim, esses autores destacam-se por estabelecer mais conexões com outros grupos. O papel de um nó nessa posição é ser um intermediário, que “carrega a informação de um grupo a outro enquanto mantém a posição como intermediário e, dessa forma, mantendo controle da informação” (Haythornthwaite, 1996, p. 335, tradução nossa). Destacamos principalmente o autor Yasser Bhatti, pois este se sobressai como o nó de maior poder de informação na rede. Ele controla o fluxo de informação, estando conectado a 6 outros grupos, dos 14 delimitados no VOSviewer. Em outras palavras, incluindo seu próprio grupo (representado em laranja), Bhatti conecta-se à metade da rede de colaboração.

## 6 Conclusões

O objetivo de investigar a rede de colaboração científica entre países sobre inovação frugal foi alcançado. Foi possível observar que as investigações se concentram na temática sustentabilidade e são realizadas de forma significativa por pesquisadores de países desenvolvidos, em especial os Estados Unidos e a Inglaterra, que também desempenham um papel estruturante na rede de colaboração.

Através da análise de coautoria, foi possível identificar os autores mais influentes dentro da rede: Mokter Hossain - o maior publicador de artigos, Matthew Harris - o mais conectado e influente, e Yasser Bhatti - o intermediário, controlador do fluxo de informação. Notamos que estes autores colaboraram com autores de outros países, como a Índia e o Brasil, demonstrando o fluxo de informação envolvendo não somente o grupo de países europeus e/ou desenvolvidos, mas também os países em desenvolvimento.

O método utilizado nesta investigação comprehende algumas limitações, que poderão gerar insights para pesquisas futuras, como por exemplo: 1] a não utilização de múltiplas fontes de informação; 2] a utilização somente da base Web of Science como fonte de informações; 3] o foco na elaboração de indicadores sobre redes bibliométricas. Futuras investigações poderiam: 1] abordar de forma qualitativa o interesse dos pesquisadores pela temática inovação frugal relacionada à sustentabilidade e seus impactos na ciência e na sociedade; 2] focar a investigação

na literatura nacional, visando identificar e analisar as potencialidades das iniciativas brasileiras; 3] replicar a investigação, utilizando outras bases de dados, considerando o movimento de ciência aberta, como por exemplo, a OpenAlex ou Dimensions, entre outras; e 4] ampliar a análise da investigação, incorporando outras tipologias de indicadores bibliométricos, utilizando toda a potencialidade dos registros bibliográficos.

Conclui-se que a rede de colaboração dos países que versam sobre inovação frugal apresenta a predominância de países desenvolvidos e o foco na sustentabilidade.

---

## Referências

- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009) Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*, 3(1), 361-362.  
<https://ojs.aaai.org/index.php/ICWSM/article/view/13937>
- Costa, L. da F., Rodrigues, F. A., Travieso, G., & Villas Boas, P. R. (2007). Characterization of complex networks: A survey of measurements. *Advances in Physics*, 56(1), 167–242.  
<https://doi.org/10.1080/00018730601170527>
- D'Angelo, V., & Magnusson, M. (2021) A Bibliometric Map of Intellectual Communities in Frugal Innovation Literature. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(3), 653–666.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9102408>
- DeepL. (2025). DeepL Translator (Versão atual). <https://www.deepl.com/translator>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021) How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Haythornthwaite, C. (1996) Social network analysis: An approach and technique for the study of information exchange. *Library & Information Science Research*, 18(4), 323–342.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740818896900031>
- Hicks, D., Wouters, P., Waltman, L., Rijcke, S., & Rafols, I. (2015) Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. *Nature*, 520(7548), 429-431. <http://dx.doi.org/10.1038/520429a>
- Hossain, M. (2018) Frugal innovation: A review and research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 182, 926-936. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.091>
- Hou, L., Pan, Y., & Zhu, J. J. H. (2021) Impact of scientific, economic, geopolitical, and cultural factors on international research collaboration. *Journal of Informetrics*, 15(3), 101194.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751157721000651>
- Koerich, G. V., & Cancellier, É. L. P. D. L. (2019) Inovação Frugal: origens, evolução e perspectivas futuras. *Cadernos EBAPE.BR*, 17, 1079–1093. <https://doi.org/10.1590/1679-395174424>
- Larionova, M., & Sheleporov, A. (2022) BRICS, G20 and global economic governance reform. *International Political Science Review*, 43(4), 512–530. <https://doi.org/10.1177/01925121211035122>
- Laumann, E. O., Marsden, P. V., & Prensky, D. (1992) The Boundary Specification Problem in Network Analysis. In: FREEMAN, L. C. et al. (ed.). *Research Methods in Social Network Analysis*. Transaction Publishers.
- Newman, M.E.J. (2004) Fast algorithm for detecting community structure in networks. *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys*, 69 (6 Pt 2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.69.066133>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *Trust in global co-operation: The vision for the OECD for the next decade*. <https://www.oecd.org/en/about/legal/trust-in-global-cooperation-the-vision-for-the-oecd-for-the-next-decade.html>

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. (2023). *Inovação frugal: Mudar com poucos recursos*. <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/inovacao-frugal-mudar-com-poucos-recursos.0a8df40f276c6810VgnVCM1000001b00320aRCRD>

Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2010) Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84, 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

Weyrauch, T., & Herstatt, C. (2016) What is frugal innovation? Three defining criteria. *Journal of Frugal Innovation*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40669-016-0005-y>

Yu, S., & Kirton, D. (2024) Embraer sees Chinese role in strengthening supply chain, executive says. *Reuters*. <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/embraer-sees-chinese-role-strengthening-supply-chain-executive-says-2024-11-13/>

Zeschky, M., Widenmayer, B., & Gassmann, O. (2011) Frugal Innovation in Emerging Markets. *Research-Techology Management*, 54(4), 38–45. <https://doi.org/10.5437/08956308X5404007>

---

## Dados de publicação

### Omotayo Itunnu Yussuf

Mestre

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, São Carlos, SP, Brasil

[omotayo@estudante.ufscar.br](mailto:omotayo@estudante.ufscar.br)

<https://orcid.org/0009-0003-0513-2600>

Mestra em Ciência da Informação pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), (2025), na linha de Conhecimento e Informação para Inovação. Cursou a especialização em Processos Didático-Pedagógicos para Cursos na Modalidade a Distância na Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP), (2025). Fez intercâmbio na Université de Montréal (2012), com enfoque em disciplinas de tradução. Graduada em Letras, é bacharela e licenciada em Português e Francês, pela Universidade de São Paulo (USP), (2013).

### Roniberto Morato do Amaral

Doutor

UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, São Carlos, SP, Brasil

[roniberto@ufscar.br](mailto:roniberto@ufscar.br)

<https://orcid.org/0000-0002-9816-231X>

Professor Associado da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), vinculado ao Departamento de Ciência da Informação. Pesquisador no Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais da UFSCar (NIT/Materiais) e no Centro de Estudos Sociedade, Universidade e Ciência (SoU\_Ciência). Doutor (2010) e Mestre (2006) em Engenharia de Produção e Bibliotecário (2003) pela UFSCar. Atuo na investigação da atividade de Inteligência Competitiva com base na abordagem das competências e sua aplicação à gestão tecnológica e inovação, por intermédio da elaboração e análise de indicadores de produção científica e tecnológica.

**Luc Quoniam**

Doutor

UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, São Carlos, SP, Brasil

[mail@quoniam.info](mailto:mail@quoniam.info)

<https://orcid.org/0000-0002-6333-6594>

Livre Docente na Université Aix Marseille III (1996). Doutorado em Ciências da Informação e da Comunicação - Université Aix Marseille III (1988). Mestrado em Oceanologia - Université Aix Marseille II (1985). Graduação em Océanologie - Université Aix Marseille III (1984). Graduação em Química Analítica e Proteção do Meio Ambiente - Université Aix Marseille III (1981). Professor visitante da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Pesquisador da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade - PPGCTS. Líder do Grupo de Pesquisa Lab4u pela UFSCAR. Pesquisador do laboratório IRSIC (EA4262) - Aix Marseille Université. Professeur des Universités - Université du Sud Toulon-Var. Tem experiência na área de Ciência da Informação, com ênfase em Ciência da Informação e Comunicação, atuando principalmente nos seguintes temas: inteligência competitiva, bibliometria, intelligence compétitive, Propriedade Intelectual, Patentes, Cientometria, Infometria, web 2.0, Prospecção Tecnológica.

**Endereço para correspondência do autor principal**

Rodovia Washington Luis s/n, km 235 - Caixa Postal 676. CEP: 13565-905 - São Carlos – SP, Brasil

**Originalidade**

Declaro que o texto é original e não está sendo revisado por nenhuma outra publicação. Caso eu decida cancelar o processo de publicação, concordo em informar imediatamente a equipe editorial da Revista BiblioS para que o envio possa ser arquivado.

**Preprint**

O manuscrito não foi submetido a nenhuma plataforma de preprint.

**Informações sobre o trabalho**

O trabalho faz parte de um projeto de pesquisa.

Grupo de pesquisa: Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais - NIT / Materiais - UFSCAR

Coordenador do grupo de pesquisa: Leandro Innocentini Lopes de Faria

Título do projeto: Formação em Inteligência Tecnológica no âmbito da universidade empreendedora.

Este projeto é apoiado pelo CNPq/MCTI N 10/2023 - Faixa A - Grupos Emergentes N do Processo: 420499/2023-7.

Coordenador do Projeto: Roniberto Morato do Amaral

**Agradecimentos**

Os autores agradecem os editores e revisores anônimos por suas críticas construtivas que resultaram no desenvolvimento deste artigo.

**Contribuição dos autores**

Concepção e preparação do manuscrito: OI Yussuf, RM Amaral, L Quoniam

Coleta de dados: OI Yussuf

Discussão dos resultados: OI Yussuf, RM Amaral

Revisão e aprovação: OI Yussuf, RM Amaral, L Quoniam

**Uso de inteligência artificial**

DeepL/en/translator foi utilizado para a tradução dos resumos.

**Financiamento**

CNPq/MCTI N 10/2023 - Faixa A - Grupos Emergentes N do Processo: 420499/2023-7.

**Permissão para usar imagens**

Não aplicável.

**Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa**

Não aplicável.

**Conflito de interesses**

Não aplicável.

**Declaração de disponibilidade de dados**

Os autores não geraram novos conjuntos de dados durante a pesquisa. Todos os dados analisados são provenientes de fontes de terceiros, disponíveis na base Web of Science (<https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/9e5b0eb9-929f-4180-811f-303c6c637d72-0175d303d1/relevance/1>). O acesso requer credenciais institucionais ou assinatura ativa da plataforma, conforme as políticas da Clarivate.

Tipo de acesso: restrito (dados licenciados de terceiros)

Origem dos dados: Web of Science (Clarivate Analytics)

Conjunto de dados próprio: não aplicável

Responsável pelos dados: Clarivate Analytics

**Licença de uso**

Os autores concedem à BiblioS direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY) 4.0 Internacional. Esta licença permite que terceiros remixem, adaptem e desenvolvam o trabalho publicado, dando os devidos créditos pela autoria e publicação inicial neste periódico. Os autores estão autorizados a firmar acordos adicionais separados para distribuição não exclusiva da versão publicada do trabalho no periódico (por exemplo, publicação em um repositório institucional, em um site pessoal, publicação de uma tradução ou como um capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

**Editor**

Publicado pelo Sistema de Bibliotecas Universitárias da Universidade de Pittsburgh. Responsabilidade compartilhada com universidades parceiras. As ideias expressas neste artigo são dos autores e não representam necessariamente as opiniões dos editores ou da universidade.

**Editores**

João de Melo Maricato, Janicy Aparecida Pereira Rocha e Lúcia da Silveira

**Histórico**

Recebido: 15-09-2024 - Aprovado: 29-08-2025 - Publicado em: 31-10-2025



Os artigos neste periódico estão licenciados sob uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Estados Unidos.



This journal is published by [Pitt Open Library Publishing](#).