

PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA NA ÁREA DE QUÍMICA: UM ESTUDO ESTATÍSTICO EM DUAS DÉCADAS

Jonas Pertusatti¹, Ivan Rocha Neto²

1. Doutorando em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: jonaspertusatti@gmail.com
2. Doutor em Eletrônica pela University of Kent, Canterbury, Reino Unido e Professor Colaborador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Recebido em: 15/05/2023 – Aprovado em: 15/06/2023 – Publicado em: 30/06/2023
DOI: 10.18677/EnciBio_2023B23

RESUMO

Este estudo analisou comparativamente indicadores cientiométricos de produção e citação da produção científica brasileira na área de Química frente aos países selecionados, de 2001 a 2020. Os dados foram obtidos do portal *Scimago Journal & Country Rank* e das bases *Scopus* e *UNdata* e caracterizados por estatística descritiva, histogramas de frequência e teste de normalidade. As comparações entre os indicadores foram realizadas por gráficos *boxplot*, testes não paramétricos de *Kruskal-Wallis* e de comparações múltipla *Dwass-Steel-Critchlow-Fligner* (DSCF) e matriz de correlação de *Spearman*. Por fim, foram produzidas quatro nuvens de palavras para observar a frequência das palavras-chave e dos periódicos dos artigos mais citados na área. A distribuição dos dados se mostrou não paramétrica e constatarem-se diversas diferenças estatísticas entre os países para a maior parte dos indicadores avaliados. As correlações lineares foram positivas em diferentes magnitudes e moderadas, porém estatisticamente significativas, entre a produção científica e o PIB per capita dos países. As nuvens de palavras mostraram alta frequência de periódicos voltados aos artigos de revisão. Os resultados apontam que a produção científica da área de Química é dominada por China e EUA, que a produção brasileira cresce de modo semelhante à média dos países observados, bem como que as citações por documento evidenciam a superioridade do impacto de publicações dos países desenvolvidos em relação àqueles em desenvolvimento. Em suma, a análise estatística de indicadores cientométricos possibilitou uma visão abrangente da produção científica brasileira na área de Química.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores cientométricos; Produção científica; Química.

BRAZILIAN SCIENTIFIC PRODUCTION IN THE FIELD OF CHEMISTRY: A STATISTICAL STUDY OF TWO DECADES

ABSTRACT

This study comparatively investigated citation and output scientometric indicators of the Brazilian scientific publications in the field of Chemistry for selected countries, from 2001 to 2020. Data were collected from *Scimago Journal & Country Rank* portal, databases *Scopus* and *UNdata*, then they were characterized by descriptive statistics, frequency histograms and normality test. Comparisons between indicators were performed by boxplots, non-parametric *Kruskal-Wallis* tests followed by *Dwass-Steel-Critchlow-Fligner* (DSCF) and *Spearman* correlation matrix. Finally, four word clouds were produced to observe the frequency of keywords and the journals of the most cited articles in the area. The distribution of the data was non-parametric and several statistical differences were observed between the countries for the majority of the indicators evaluated. Linear correlations were positive in different magnitudes and moderate, however statistically significant, between scientific production and GDP per capita of the countries. The word clouds showed high frequency of journals focused on review articles. The results point out that scientific production in the field of Chemistry is dominated by China and USA, that Brazilian production grows in a similar way to the average of the observed countries, as well as that citations per document evidence the superiority of the impact of publications from developed countries in relation to those in development. In short, the statistical analysis of scientometric indicators enabled a comprehensive view of Brazilian scientific production in the field of Chemistry.

Steel-Critchlow-Fligner (DSCF) multiple comparison tests, and Spearman correlation matrix. Finally, four word clouds were produced to observe keywords and journals frequency from the most cited papers in the field. The data presents a non-parametric behavior, and it was detected statistical differences between some indicators for the countries. The linear correlations between the indicators were positive in different magnitudes, and moderate, but statistically significant, between the scientific production and the per capita GDP of the countries. The word clouds showed a high frequency of journals focused on review articles. The results showed the scientific output in the field of Chemistry dominated by China and the USA, the Brazil presents a similar growth to the average of the observed countries, and Citations per Document clearly show the higher impact of the of developed countries in relation to those in developing. In short, the statistical analysis of scientometric indicators provide a comprehensive view of Brazilian scientific production in the field of Chemistry.

KEYWORDS: Scientific output; scientometric indicators; Chemistry.

INTRODUÇÃO

A produção científica é a forma mais efetiva de se difundir para o mundo o conhecimento científico. A publicação dos resultados de pesquisas em jornais e revistas reconhecidos pela comunidade científica leva a um processo de revisão por pares, um ciclo virtuoso que confere confiabilidade ou contesta os resultados, estimula novas investigações, consolida o conhecimento científico e o faz avançar. Assim, compreender os mecanismos propulsores da ciência e os modelos de sua evolução são fundamentais para o desenho de políticas capazes de aprimorar o desenvolvimento da ciência como um todo (FORTUNATO *et al.*, 2018).

A análise do desempenho da produção científica pode ajudar a compreender o desenvolvimento científico de países, de áreas do conhecimento, de instituições e de pesquisadores, permitindo compará-los internacionalmente (MINGERS; LEYDESDORFF, 2015; GHENO *et al.*, 2019; PARRA *et al.*, 2019). A Cientometria, um segmento da Sociologia da Ciência, estuda os aspectos quantitativos da ciência enquanto disciplina ou atividade econômica. Ela pode ser aplicada para definir políticas científicas e para subsidiar decisões. Também contribui para a elaboração de propostas, projetos e ações que norteiam a distribuição de recursos financeiros e, em última análise, o desenvolvimento da ciência e da tecnologia de determinado segmento (MINGERS; LEYDESDORFF, 2015; MENEZES; CAREGNATO, 2018).

A utilização de indicadores quantitativos para avaliar o desempenho de pesquisadores, grupos de pesquisa, instituições e países vem se fortalecendo nas últimas décadas. Os chamados indicadores cientométricos podem contribuir para o entendimento objetivo e abrangente do comportamento da ciência e de seus impactos nas diferentes áreas do conhecimento (MINGERS; LEYDESDORFF, 2015; BARROS *et al.*, 2019; GHENO *et al.*, 2019; MCMANUS *et al.*, 2020; QUEIROZ; CALABRÓ, 2021). Dentre esses indicadores, destacam-se os de produção, relacionados à quantidade de publicações, e os de impacto, como citações, Fator de Impacto, Índice-H e índices de colaboração e recursos financeiros (MINGERS; LEYDESDORFF, 2015; WALTMAN, 2016; SILVA; GRÁCIO, 2021). Os indicadores de impacto são instrumentos de avaliação do desempenho e da qualidade científica pois refletem a importância e a influência de autores, instituições e países (SANTIN *et al.*, 2016). As avaliações que consideram estes indicadores devem compreender seus conceitos, fundamentos e limitações. Embora sujeitos a críticas, têm sua importância reconhecida pela comunidade científica e podem ser utilizados para

avaliar produtividade, impacto e qualidade da produção científica (WALTMAN, 2016; SILVA; GRÁCIO, 2021).

Duas décadas após o início do século XXI, a produção científica brasileira ultrapassou a marca de cem mil publicações em um ano (100.085 documentos, especificamente). Com isso, o Brasil alcançou em 2021 a 14ª posição no *ranking* de países do *SCImago Journal & Country Rank* (SJR).¹ Neste portal, pode-se obter indicadores de periódicos e países a partir das informações do banco de dados *Scopus*[®] (Elsevier B.V.)². A série histórica do índice, dada a partir de 1996, é liderada pelos Estados Unidos, China, Reino Unido, Alemanha e Japão, respectivamente. Nesta série, observa-se a evolução da produção nacional, que ocupava a 17ª posição em 2001, com 16.603 documentos indexados na base *Scopus*. Não obstante essa posição em nível global, estudos com dados da *Web of Science* (WoS)³ para o período do 1991-2011 já mostravam o Brasil como líder regional na América Latina em número de publicações, embora apresentasse um modesto impacto de citações (LETA *et al.*, 2013). Por outro lado, Grácio e Oliveira (2014) analisaram indicadores cientométricos normalizados de produção e de citação da ciência brasileira, considerando as 27 áreas do conhecimento apresentadas pelo portal SJR e o período de 1996 a 2011, e verificaram que o Brasil está acima da média global em todos os índices normalizados, à exceção de Citações por Documento, para algumas áreas (GRÁCIO; OLIVEIRA, 2014).

Na área de Química, a produção científica brasileira foi da 18ª posição, em 2001, com 1.861 documentos indexados, para a 14ª em 2021, com 7.169 documentos. Na série histórica (liderada por China, EUA, Japão, Alemanha e Índia), a Química brasileira se encontra na 16ª posição do *ranking* de países do SJR. A partir de dados da WoS, Menezes e Caregnato (2018) identificaram um crescimento de 73,19% da produção científica brasileira em Química no período de 2004 a 2013. Esta é uma das áreas com a maior contribuição para a produção científica nacional, pois representa 15,5% deste total (MENEZES; CAREGNATO, 2018). Monteiro *et al.* (2017), por sua vez, indicam que entre os integrantes do Sistema Nacional da Pós-Graduação (SNPG) a produção intelectual da área de química evoluiu tanto quantitativa como qualitativamente, no período entre 1990 e 2012. O número de publicações saltou de 418 para 3.898. A produção publicada em revistas com fator de impacto maior ou igual a 1 foi de 64,1%, no início da década de 2001, enquanto ao final de 2012, 77% da publicação estava em periódicos com fator de impacto igual ou superior a 2 (MONTEIRO *et al.*, 2017).

Isso posto, destaca-se que a Química é uma ciência central que impacta as mais diversas áreas do conhecimento: de combustíveis até qualidade da água, da produção de alimentos até medicamentos e meio ambiente. Este enfoque interdisciplinar ecoa, por consequência, na produção científica (que é uma das que mais cresce no Brasil) e na inovação na área (MONTEIRO *et al.*, 2017). Portanto, compreender os resultados gerados é de suma importância para a superação dos desafios da área, bem como para melhorar a visibilidade e o impacto das publicações no cenário científico internacional.

Outro fator que afeta o nível e a produção científica dos países é o desenvolvimento econômico. Países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) apresentaram, de 1981 a 2010, melhoria contínua de

¹ Disponível em: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>.

² Disponível em: <https://www.scopus.com/search/>.

³ Disponível em: <https://www.webofscience.com/>.

indicadores de desenvolvimento econômico e de indicadores de produção intelectual (AL; TAŞKIN, 2015). À vista disso, e considerando que no Brasil a pesquisa científica é financiada majoritariamente com recursos públicos (SCHWARTZMAN, 2022) cada vez mais escassos, estudos que possam subsidiar o desenvolvimento de políticas públicas apropriadas aos problemas nacionais, gerando maior benefício à sociedade ao menor custo possível, são sempre bem-vindos.

Portanto, este estudo visa avaliar de forma comparativa o desempenho da produção brasileira na área de Química em relação aos principais países dessa área, empregando indicadores cientométricos de produção e impacto e o índice econômico PIB per capita, para o período de 2001 a 2020. Pretende-se, especificamente, elaborar caracterizações estatísticas a partir dos dados, efetuar testes de comparação, avaliar a correlação entre os indicadores, observar tendências temáticas e identificar os periódicos nos quais foram publicados os artigos mais citados na área de química. Por fim, compreender o que é produzido pela ciência brasileira pode contribuir significativamente para que sejam tomadas decisões estratégicas e formulados programas e políticas públicas de qualidade para o desenvolvimento nacional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo com delineamento *ex-post facto*, de natureza empírica e abordagem quantitativa e qualitativa. A pesquisa emprega dados secundários disponíveis no portal *SCImago Journal & Country Rank*, na base de dados *Scopus* e no portal *UNdata*,⁴ disponibilizado pela Divisão de Estatísticas Econômicas da Organização das Nações Unidas (UNSD), coletados no mês de abril de 2022. A população do estudo foi constituída pelos países com produção científica na área de química, delimitada ao período de 2001 a 2020.

Os indicadores cientométricos foram obtidos do portal *SCImago Journal & Country Rank* da seguinte forma: na opção *Country Rankings*, foram filtradas a área temática “Química” e o período de interesse (2001 a 2020). Assim, para cada ano foi obtido um arquivo .xlsx contendo as variáveis: Rank, País, Região, Documentos, Documentos citáveis, Citações, Autocitações, Citações por documento e Índice-H. No portal *UNdata*, foram obtidos os valores do PIB per capita dos países para o período de interesse sintetizados em um arquivo .csv com as variáveis: País, Ano e PIB per capita (em dólares americanos/USD).

Para as análises estatísticas, optou-se por uma amostragem não probabilística por conveniência. Foram objeto de análise por país as variáveis Documentos (representa a produção científica), Citações, Autocitações, Citações por Documento e PIB per capita no período de 2001 a 2020. Primeiramente, foi avaliado o crescimento da produção científica dos países por meio do cálculo das taxas de crescimento, representadas em gráficos. Em seguida, os dados brutos foram caracterizados estatisticamente por medidas descritivas de proporção, de tendência central e de dispersão das variáveis. A adequação dos dados à normalidade foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk (ARAÚJO *et al.*, 2022), com nível de significância de 5%, mas ponderações sobre a distribuição de probabilidade dos dados brutos também foram realizadas por inspeção visual com histogramas de frequência e gráficos *boxplot*.

⁴

Disponível em: <http://data.un.org/>.

Tendo em vista a distribuição das variáveis, para a avaliação de possíveis diferenças estatísticas entre os indicadores dos países foi performedo o teste de *Kruskal-Wallis* (BONAMIN *et al.*, 2022; CARVALHO *et al.*, 2022) seguido do teste de comparações múltiplas *Dwass-Steel-Critchlow-Fligner* (DSCF). Este foi utilizado em todas as comparações pareadas dos países para os indicadores em estudo (BONAMIN *et al.*, 2022). Também foi avaliada a correlação entre indicadores cientométricos e o PIB per capita por meio do teste de correlação de Spearman (XIE *et al.*, 2019; ARAÚJO *et al.*, 2022). O processamento e a análise dos dados foram realizados por meio do software Microsoft Excel 365, com o suplemento Microsoft *Power Query* para Excel (versão: 2.59.5135.201) e do software estatístico Jamovi (Versão 2.3).

Por fim, foi observada a frequência de palavras ou termos presentes nas principais publicações na área de Química, no período de 2001 a 2020, a partir da elaboração de nuvens de palavras (ROSS; CRUZ, 2021). Na base de dados *Scopus*, foram obtidos dados bibliográficos de 200 artigos, que foram separados em dois grupos: (a) os 100 artigos mais citados no total e (b) os 100 artigos mais citados com autores cujo país de afiliação é o Brasil. Na opção *Advanced Search*, foram considerados os seguintes argumentos para consulta:

- a) PUBYEAR>2001 AND PUYEAR<2021 AND SUBJAREA(chem) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar"))
- b) PUBYEAR>2001 AND PUYEAR<2021 AND SUBJAREA(chem) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar")) AND AFFILCOUNTRY, "Brazil"))

A consulta foi ordenada por citações e obteve-se arquivos .csv com as seguintes informações selecionadas: Autor(es), Título do Documento, Ano, Título da Fonte, Afiliações, Palavras-chave do Autor e Palavras-chave do Index. O corpus textual foi preparado inicialmente pela substituição de espaços pelo sinal *underline* “_” em expressões compostas por mais de uma palavra, seguida pela conversão do texto para letras minúsculas e pela remoção de numerais, sinais de pontuação, espaços em branco extra e palavras irrelevantes na língua inglesa – “*common stopwords*”, como preposições, artigos, pronomes, entre outros. Então, foram produzidas nuvens de palavras a partir das “Palavras-chave do Index” e do título dos periódicos (Título da Fonte) para cada grupo de 100 artigos, utilizando o *RStudio* (versão 2021.09.2+382).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 2001 a 2020, foi observado um universo de 217 países com produção científica na área de química. Destes, apenas 20 concentraram 82,36% do total de publicações do período. Além disso, somente 128 apresentaram produção em todos 20 anos observados. Sendo o Brasil o país com a maior produção na América Latina, foram escolhidos para comparação e análise os nove países com o maior percentual de Documentos em cada uma das nove regiões geográficas apresentadas pelo portal *SCImago* (Tabela 1).

As taxas de crescimento anual que melhor representaram o avanço da produção científica dos países foram obtidas admitindo-se um crescimento geométrico no período (Tabela 1), conforme a equação $D_n = (1+r)^t D_0$, onde: D_n é o número de documentos no instante n ; D_0 é a produção inicial; r é a taxa de crescimento; e t é o tempo em anos. A série temporal correspondente à produção científica dos nove países é mostrada na Figura 1.

Fica evidente o rápido avanço e o atual predomínio da China em relação ao volume de documentos publicados. Com a taxa anual de 11,8%, a China superou

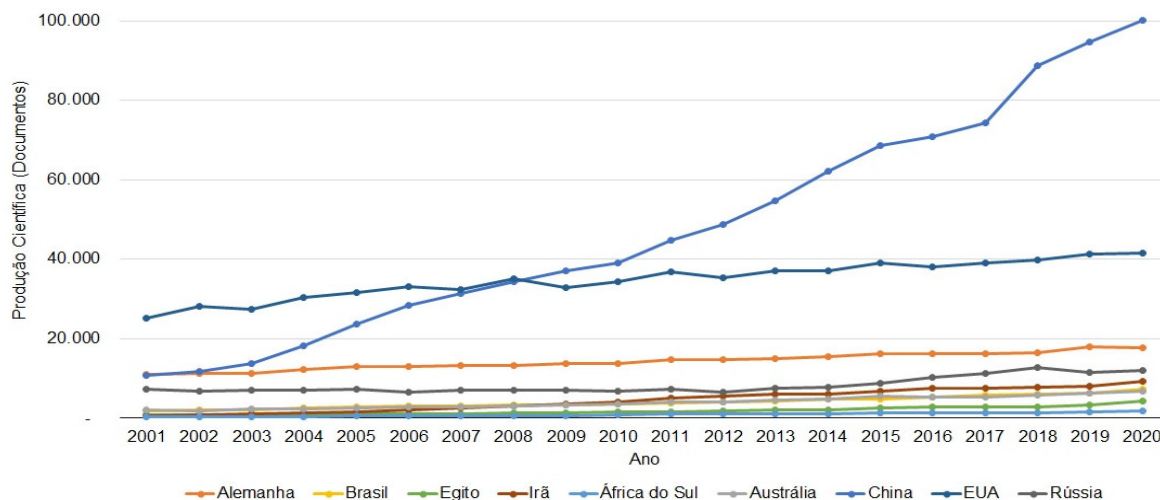
em 2020 os 100 mil documentos publicados durante um ano na área de Química. Embora os Estados Unidos apresentem o segundo volume mais expressivo de publicações na área, demonstraram um crescimento menos acentuado, a uma taxa de 2,5%, que aparentemente tende à estabilidade, com produção anual de aproximadamente 40 mil documentos nos últimos cinco anos (Figura 1). Para os demais países, também se observaram curvas com inclinação menos pronunciada, que indicam números que se aglutinam abaixo dos 20 mil documentos anuais.

A produção brasileira superou os sete mil documentos anuais na área e apresentou taxa de crescimento de 7,1%, que é semelhante à taxa média de crescimento do conjunto dos nove países em estudo, de 7,0%. Chama a atenção que a curva nacional se sobrepõe visualmente com a curva da Austrália em praticamente toda a série averiguada (Figura 1). A taxa brasileira observada está próxima ao crescimento médio geométrico anual de 6,29% relatado por Menezes e Caregnato (2018) para a produção científica em Química no período de 2004-2013, conforme dados do WoS. Entretanto, a taxa de crescimento de 5,0% para a produção mundial na área foi 2 pontos aquém da taxa representativa para o conjunto de países deste estudo.

TABELA 1. Percentual de Documentos, taxa de crescimento anual e Índice-H dos países escolhidos para análise.

Região	País	Documentos (%)	Taxa de crescimento anual (2001-2020)	Índice-H na área de Química
Ásia	China	19,10%	11,8%	652
América do Norte	EUA	13,88%	2,5%	1.076
Europa Ocidental	Alemanha	5,72%	2,4%	657
Europa Oriental	Rússia	3,30%	2,5%	256
Oriente Médio	Irã	1,81%	14,2%	213
América latina	Brasil	1,61%	7,1%	249
Oceania	Austrália	1,57%	6,3%	408
África/Oriente Médio	Egito	0,75%	9,0%	176
África	África do Sul	0,39%	8,7%	171
Demais países		48,14%	-	-

FIGURA 1. Evolução da Produção científica (Documentos) na área de Química dos nove países analisados, por ano de publicação.



Fonte: os autores (2023)

Para a caracterização dos dados, foram calculadas as estatísticas descritivas, produzidos histogramas de frequência e testados os pressupostos de normalidade dos indicadores para o conjunto de países por meio do teste *Shapiro-Wilk*. Foi observado o comportamento não paramétrico para todos os indicadores, tanto por meio dos histogramas de frequência (que não apresentaram o formato característico de sino) quanto pelos testes de *Shapiro-Wilk* (p-valores < 0,05), conforme a Tabela 2. Assim sendo, para o conjunto de valores assimétricos observados, a mediana e os quartis despontam como as medidas que melhor representam a tendência central e a dispersão dos dados, respectivamente, visto que a média aritmética e a variância são influenciadas pelos valores extremos (KRZYWINSKI; ALTMAN, 2014).

TABELA 2. Estatísticas descritivas dos indicadores.

	Mediana	Min	Max	Quartis		Shapiro-Wilk	
				Q1	Q3	W	p
Documentos	6.243,00	364	100.289	2.222,80	14.801,80	0,686	< 0,001
Citações	83.989,50	2.601	1.698.166	34.824,30	448.649,80	0,663	< 0,001
Autocitações	26.668,00	714	1.047.918	10.098,50	116.782,00	0,61	< 0,001
Citações por Documento	23,2	0,7	55,7	13	30,2	0,975	0,003
PIB per capita (USD)	8638,5	1.017	69.451	4070,5	40.156,30	0,784	< 0,001

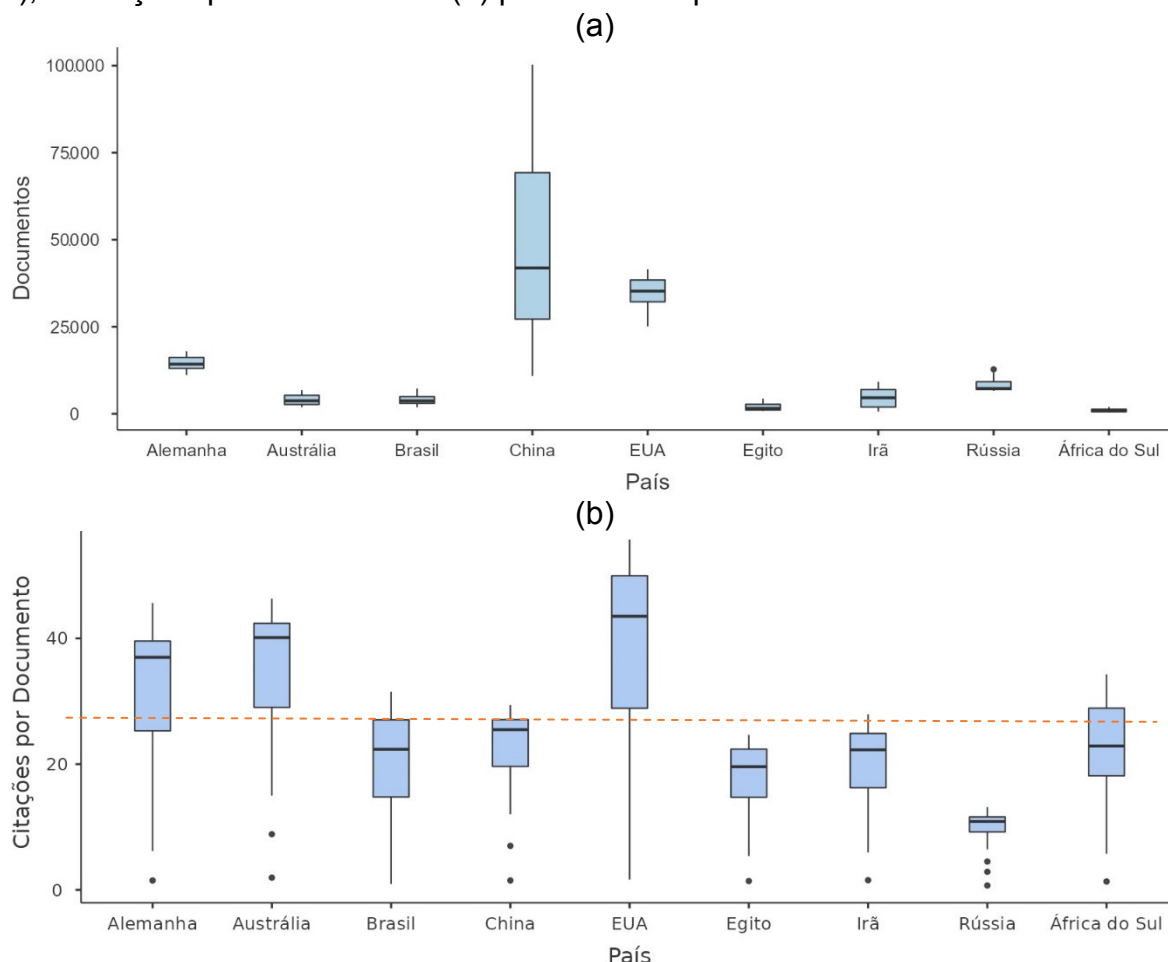
Nota: Min = Valores mínimos, Max = Valores máximos, 1ºQ = primeiro quartil e 5ºQ = quinto quartil

Tendo em vista a distribuição não paramétrica dos dados, os gráficos *boxplot* (ou diagrama de caixas) se mostraram elucidativos para comparar o comportamento dos indicadores entre os países. O intervalo interquartilico (tamanho da caixa) pode ser considerado uma estatística mais robusta para medir variabilidade, uma vez que não sofre influência de *outliers* (KRZYWINSKI; ALTMAN, 2014). Para o indicador Documentos (Figura 2a), destaca-se a alta dispersão dos dados da China frente aos demais países, representada pelo intervalo interquartilico, o que demonstra mais uma vez o crescimento atípico da produção chinesa. Nota-se também assimetria positiva nas caixas da maioria dos países. Ou seja, durante a metade do período, nos últimos 10 anos, o número de Documentos publicados anualmente já supera a

mediana da série histórica analisada. Para EUA e Irã, entretanto, observa-se maior simetria na distribuição dos dados dentro do intervalo interquartilico, enquanto para a Rússia foi detectada a presença de um ponto *outlier*.

Para o indicador Citações por Documento (Figura 2b), constata-se a diferença na distribuição dos dados entre os países desenvolvidos (Alemanha, Austrália e EUA) e os em desenvolvimento (África do Sul, Brasil, China, Egito, Irã e Rússia). Os *boxplot* revelam que praticamente a totalidade dos dados destes países concentram-se abaixo da linha do primeiro quartil dos primeiros (linha tracejada). Ou seja, as Citações por Documento de Alemanha, Austrália e EUA superam as dos demais em 75% das vezes. Entendendo o impacto da produção científica como a utilização das informações divulgadas em novas produções, o que é evidenciado principalmente pelas citações (SANTIN *et al.*, 2016), pode-se inferir o grande prestígio, a influência e a alta qualidade da maioria dos trabalhos publicados pelos países desenvolvidos sobre a Química mundial.

FIGURA 2. Gráfico *boxplot* da produção científica na área de Química, Documentos, (a), e Citações por Documentos (b) para os nove países analisados.



Fonte: os autores (2023)

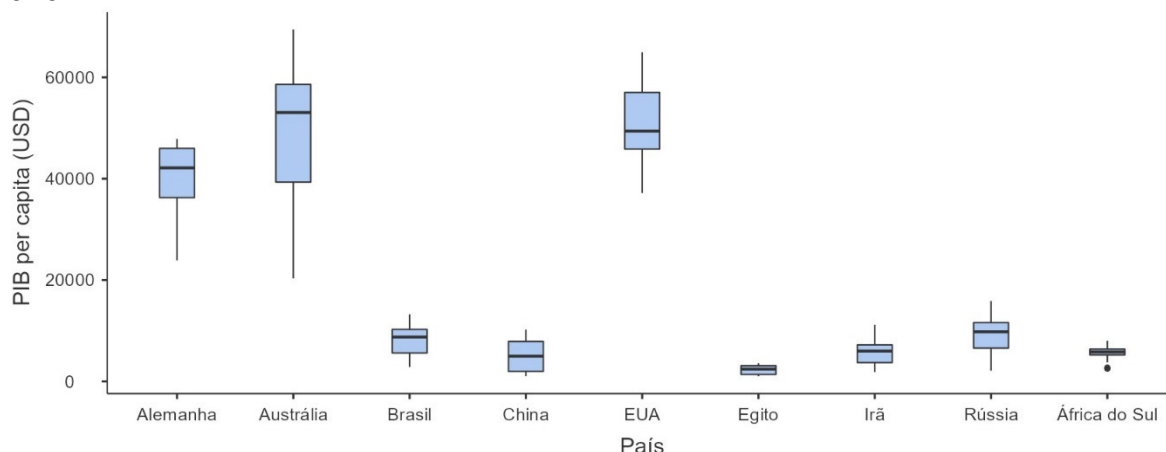
Podem-se agregar à essas observações o Índice-H dos países na área de química (Tabela 1). Proposto por Jorge Hirsch em 2005, o Índice-H é dependente tanto do número de publicações científicas como do impacto destas sobre pares via citações. Assim, um determinado ator (pesquisador, instituição, área, país, etc.) tem um índice-H se H de seus artigos (N_p) tiverem pelo menos H citações cada um e os

outros artigos ($N_p - H$) tiverem menos que H citações cada (SILVA; GRÁCIO, 2021). A vantagem deste índice é a simplicidade e objetividade, resumindo em um único número a produtividade e a relevância do trabalho científico – embora não se deva basear uma avaliação em um único e isolado indicador. Neste ponto, os EUA se destacam com índice- H de maior valor (1.076 pontos), portanto, pelo menos 1.076 Documentos apresentam um mínimo de 1.076 citações cada. Isto demonstra, de forma semelhante às Citações por Documento, o alto impacto da produção deste país na comunidade científica da área. Por outro lado, nota-se que, apesar da semelhança entre os índices- H da Alemanha (657 pontos) e da China (652 pontos), o país germânico apresenta 75% dos valores do indicador Citações por Documento acima da mediana do valor chinês (Figura 2b). De forma análoga, Brasil, Irã e Rússia apresentaram índices- H semelhantes de, respectivamente, 249, 213 e 256 pontos, mas há uma expressiva diferença nas medianas de Citações por Documento: 22,4 para o Brasil, 22,3 para o Irã e 10,9 para a Rússia. A África do Sul e o Egito, por sua vez, apresentaram semelhanças tanto no índice- H (171 e 176 pontos, respectivamente) como nas medianas de Citações por Documento, de 22,9 para a África do Sul e 19,6 para o Egito. Além disso, apesar da semelhança entre o Brasil e a Austrália quanto ao número de documentos publicados, fica evidente a preponderância australiana em relação ao impacto (Citações por Documento) e ao índice- H de 408 pontos, ou seja, 1,6 vezes maior que o brasileiro.

A distribuição do PIB per capita dos nove países é mostrada na Figura 3. Percebe-se uma diferença, desta vez muito mais evidente, entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Com valores de PIB per capita que superam US\$ 35.000 anuais, ficando nítida a superioridade econômica da Alemanha, Austrália e EUA frente aos demais países, para os quais os valores de PIB per capita ainda permanecem, em maioria, inferiores a US\$ 15.000 anuais. Então, confrontando as Citações por Documento (Figura 2b) com o PIB per capita (Figura 3), depreende-se a tendência dos países com o PIB per capita mais alto apresentarem também maior impacto nos seus trabalhos frente à comunidade científica internacional. Isto corrobora o clássico “Efeito Matheus”⁵ na ciência (MERTON, 1968; MINGERS; LEYDESDORFF, 2015) e concorda com a literatura, que já demonstrou que a maioria dos “países ricos” geram contribuições importantes para a produção científica mundial, tanto em termos de publicações como em registros de patentes (AL; TAŞKIN, 2015).

⁵ Do evangelho de Mateus (25:29): “Porque a todo o que tem, dar-se-lhe-á, e terá em abundância; mas ao que não tem, até aquilo que considera ter ser-lhe-á tirado.”.

FIGURA 3. Gráfico de boxplot para o PIB per capita dos países no período 2001-2020.



Fonte: Os autores (2023)

Outro ponto de destaque é a relação entre os indicadores Citações e Autocitações. De forma geral, as Autocitações correspondem a 40% das Citações. A Austrália, com 17%, é o país com a menor proporção, seguida por Alemanha, Brasil, Egito e EUA com cerca de 30%, Irã e Rússia, em torno de 40%, e pela China com a proporção mais elevada, de 60%.

Para identificar a variabilidade estatística entre os indicadores dos nove países, empregou-se o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*. Este teste compara k amostras (pareadas ou não) partindo da hipótese nula de que não existem diferenças significativas entre as medianas dos grupos (CABRAL JÚNIOR *et al.*, 2020). No presente estudo, a comparação ocorreu entre as medianas dos indicadores cientométricos Documento, Autocitações, Citações por Documento e PIB per capita dos países. O teste de *Kruskal-Wallis* apontou que, em pelo menos um par de países, houveram diferenças estatisticamente significativas para todos os indicadores avaliados (p -valor $< 0,001$), ou seja, a hipótese nula foi rejeitada. Então, a partir do teste de comparações múltiplas *Dwass-Steel-Critchlow-Fligner* (DSCF), foi possível identificar as semelhanças e diferenças entre cada par de países para cada indicador (Tabela 3). Detendo-se às semelhanças estatísticas do Brasil frente aos demais países, observou-se que para o indicador Documentos houve semelhança com dados da Austrália, corroborando as observações iniciais, e também com os dados Iranianos. As Citações por Documento brasileiras não se diferenciaram estatisticamente das da Alemanha, China e África do Sul, diferentemente das Autocitações, cuja semelhança entre Brasil e Austrália foi identificada. Por fim, o teste corroborou as observações dos *boxplot* em relação ao PIB per capita. Desse modo, existem diferenças significativas entre países desenvolvidos e em desenvolvimento (ainda que entre Alemanha e EUA não tenha sido detectada semelhança).

TABELA 3. Comparações múltiplas DSCF país a país para alguns dos indicadores em estudo. Os valores destacados demonstram a semelhança estatística.

		Documentos		Autocitações		Citações por Documento		PIB per capita (USD)	
		W	p	W	p	W	p	W	p
Alemanha	Austrália	-7,65	<,001	-6,5	<,001	1,951	0,906	35,577	0,224
	Brasil	-7,65	<,001	-6,94	<,001	-4,36	0,053	-76,51	<,001
	China	5,815	0,001	4,705	<,001	-3,96	0,115	-76,51	<,001
	EUA	7,651	<,001	6,274	<,001	2,907	0,504	50,496	0,011
	Egito	-7,65	<,001	-7,23	<,001	-4,82	0,019	-76,51	<,001
	Irã	-7,65	<,001	-6,92	<,001	-4,48	0,041	-76,51	<,001
	Rússia	-7,19	<,001	-6,92	<,001	-6,16	<,001	-76,51	<,001
	África do Sul	-7,65	<,001	-7,65	<,001	-3,98	0,112	-76,51	<,001
Austrália	Brasil	0,23	1	-5,74	1	-4,94	0,014	-76,51	<,001
	China	7,651	<,001	7,46	<,001	-4,78	0,021	-76,51	<,001
	EUA	7,651	<,001	6,962	<,001	2,104	0,862	-0,077	1
	Egito	-5,7	0,002	-6,92	<,001	-5,36	0,005	-76,51	<,001
	Irã	0,918	0,999	-4,59	0,581	-5,13	0,009	-76,51	<,001
	Rússia	7,536	<,001	-5,66	0,008	-6,35	<,001	-76,51	<,001
	África do Sul	-7,61	<,001	-7,08	<,001	-4,78	0,021	-76,51	<,001
Brasil	China	7,651	<,001	7,651	<,001	0,976	0,999	-35,96	0,212
	EUA	7,651	<,001	7,154	<,001	4,858	0,017	76,509	<,001
	Egito	-6,04	<,001	-6,5	<,001	-1,99	0,896	-70,39	<,001
	Irã	0,65	1	0,65	0,71	-0,98	0,999	-35,58	0,224
	Rússia	7,268	<,001	1,071	0,004	-5,16	0,008	14,154	0,986
	África do Sul	-7,61	<,001	-6,92	<,001	0,803	1	-36,72	0,188
China	EUA	-1,8	0,94	3,481	0,964	4,667	0,027	76,509	<,001
	Egito	-7,65	<,001	-7,65	<,001	-4,17	0,078	-37,49	0,166
	Irã	-7,65	<,001	-7,65	<,001	-2,41	0,744	0,8799	0,999
	Rússia	-7,42	<,001	-7,65	<,001	-6,24	<,001	44,758	0,041
	África do Sul	-7,65	<,001	-7,65	<,001	-0,65	1	0,6886	1
EUA	Egito	-7,65	<,001	-7,65	<,001	-5,28	0,006	-76,51	<,001
	Irã	-7,65	<,001	-7,23	<,001	-5,01	0,012	-76,51	<,001
	Rússia	-7,65	<,001	-7	<,001	-6,31	<,001	-76,51	<,001
	África do Sul	-7,65	<,001	-7,65	<,001	-4,82	0,019	-76,51	<,001
Egito	Irã	4,131	0,084	5,164	<,001	2,028	0,885	59,295	<,001
	Rússia	7,651	<,001	6,656	<,001	-5,16	0,008	66,18	<,001
	África do Sul	-4,4	0,049	-5,09	<,001	2,544	0,683	69,623	<,001
Irã	Rússia	4,935	0,014	0	1	-5,62	0,002	41,315	0,084
	África do Sul	-6,12	<,001	-6,5	<,001	1,262	0,993	-0,306	1
Rússia	África do Sul	-7,65	<,001	-6,92	<,001	5,7	0,002	-41,32	0,084

Nota. * p < ,05, ** p < ,01, *** p < ,001

A fim de compreender a *associação linear entre os indicadores, foi construída a matriz de correlação de Spearman*, recomendada para distribuições não paramétricas, conforme a Tabela 4.

TABELA 4. Matriz de correlações entre os principais indicadores (para correlações não significativas p-valor > 0,05).

		Documentos	Citações	Citações por Documento	Autocitações	PIB per capita (USD)
Documentos	Rho de Spearman	—				
	p-value	—				
Citações	Rho de Spearman	0,809***	—			
	p-value	< ,001	—			
Citações por Documento	Rho de Spearman	0,031	0,507***	—		
	p-value	0,681	< ,001	—		
Autocitações	Rho de Spearman	0,881***	0,948***	0,328***	—	
	p-value	< ,001	< ,001	< ,001	—	
PIB per capita (USD)	Rho de Spearman	0,487***	0,519***	0,247***	0,406***	—
	p-value	< ,001	< ,001	< ,001	< ,001	—

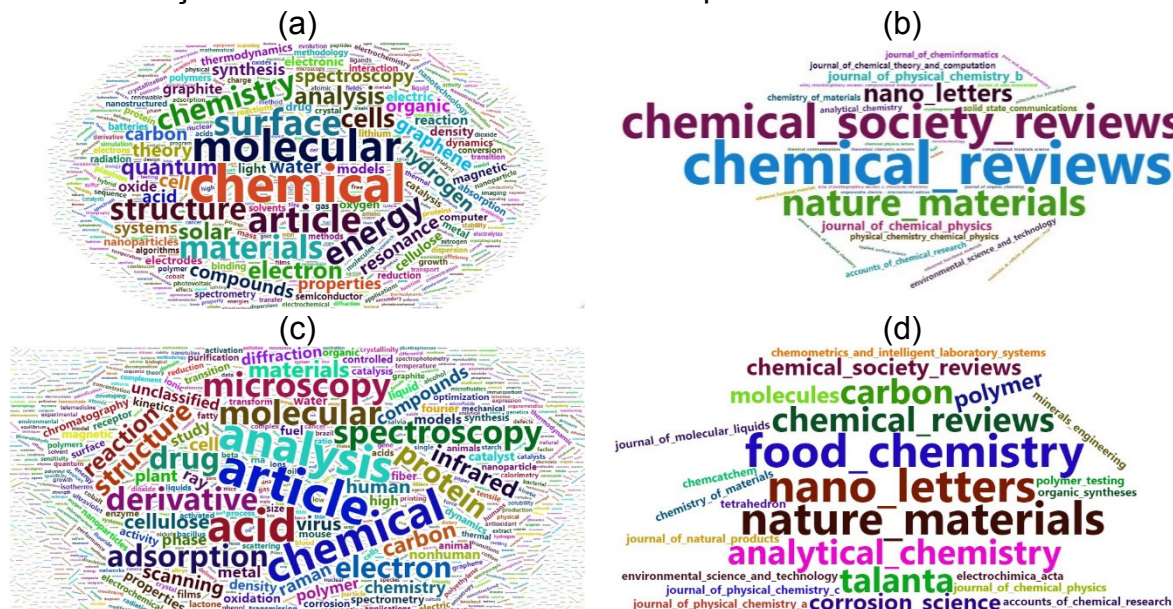
Nota. * p < ,05, ** p < ,01, *** p < ,001

A magnitude das correlações foi interpretada da seguinte forma: abaixo de 0,30 são fracas; entre 0,30 e 0,60 correspondem as moderadas; e acima de 0,60 são fortes (XIE *et al.*, 2019; ARAÚJO *et al.*, 2022;). As correlações se mostraram positivas, em diferentes magnitudes, para todos os pares de indicadores. A produção científica (Documentos) apresentou associação linear forte e estatisticamente significativa com Citações (Rho = 0,809, p<0,05) e Autocitações (Rho = 0,881, p<0,05). Contudo, foi detectada uma correlação fraca e sem significância estatística com Citações por Documento (Rho = 0,031, p>0,05). Também é forte e estatisticamente significativa a correlação entre Citações e Autocitações (Rho = 0,948, p<0,05), sinalizando que o total de Citações está fortemente associado e é dependente das Autocitações (ainda que correlação não implique causalidade). Quando avaliados produção científica e PIB per capita, observou-se que se correlacionam moderadamente, com significância estatística (Rho = 0,487, p<0,05). Com isso, pode-se inferir que a intensidade desta associação linear pode ter sofrido distorção em virtude dos dados da China. Embora apresente o maior volume de Documentos (aproximadamente 40% do total entre os nove países) e seja a segunda maior economia do planeta, o PIB per capita permanece em patamares emergentes em função da expressiva população do país. Essas observações estão de acordo com a literatura, que já mostrou correlações positivas e estatisticamente significativas entre índices cientométricos normalizados em diversas intensidades (GRÁCIO; OLIVEIRA, 2014), bem como entre indicadores de desenvolvimento econômico e produção intelectual (AL; TAŞKIN, 2015).

Por fim, foram produzidas nuvens de palavras (NP) para obter uma representação visual da frequência de palavras e termos mais utilizados nas principais publicações da área de química do período de 2001 a 2020. Foram considerados os dados bibliográficos de 200 artigos para a geração de 4 NP: para os 100 artigos mais citados no mundo, foi gerada uma NP com as Palavras-chave do Index (Figura 4a) e outra com os Títulos dos periódicos (Figura 4b); em seguida, para os 100 artigos mais citados de autores com afiliação brasileira, foi elaborada

uma NP com as Palavras-chave do Index (Figura 4c) e outra com os Títulos dos periódicos (Figura 4d).

FIGURA 4. Palavras-chave do Index (a) e Título dos periódicos (b) para os 100 artigos mais citados na área de Química; e Palavras-chave do Index (c) e Título dos periódicos (d) para os 100 artigos mais citados com autores tendo o Brasil como país de afiliação. Todos da área de Química e do período entre 2001 e 2020.



Fonte: Os autores (2023)

Na NP de palavras-chave dos 100 artigos mais citados (Figura 4a), notam-se termos conceituais típicos da química, como: molecular, superfície, estrutura, energia, materiais, entre outros. Por outro lado, para os 100 artigos mais citados com autores com afiliação brasileira (Figura 4c), percebeu-se a frequência de termos relacionados a técnicas instrumentais amplamente utilizadas da área, como: espectroscopia, microscopia, cromatografia, infravermelho, difração, entre outros. Nas NPs elaboradas com os títulos dos periódicos, constatou-se em ambos os grupos alta frequência de periódicos voltados aos artigos de revisão. O fato não surpreende, visto que artigos de revisão são fundamentais para a consolidação e síntese do conhecimento científico.

Em suma, diante da atual profusão de informações, utilizar uma abordagem qualitativa e visual, pode auxiliar a interpretação de diversos contextos. Assim, as NP podem fornecer aos profissionais, gestores e formuladores de políticas de educação, ciência e tecnologia entendimentos essenciais para fundamentar o desenho e a avaliação de políticas científicas integradas ao *mainstream* da ciência.

CONCLUSÕES

Avaliar o impacto e a qualidade da produção científica é um desafio constante para pesquisadores, instituições, agências de fomento e órgãos governamentais responsáveis por definir planos e ações para o desenvolvimento do País. Diante disso, visando ampliar o entendimento que a área de Química brasileira apresenta em nível internacional, este estudo se propôs a analisar, de forma comparativa, indicadores cientométricos de produção e de citação e o PIB per capita de países selecionados, para o período de 2001 a 2020.

Destaca-se que a produção científica brasileira na área de Química cresceu a uma taxa anual de 7,1% no período de 2001 a 2020 – taxa muito próxima à média de crescimento de 7,0% do conjunto de países observados. A China apresenta o maior número de documentos publicados e com um crescimento de 11,8%. Os EUA apresentam o segundo maior volume de publicações anuais, mas tendem à estabilidade, com uma taxa de crescimento de 2,5%. Os demais países apresentaram crescimentos moderados, embora nos últimos 10 anos a produção anual tenha superado a mediana da série histórica analisada. As Citações por Documento dos países desenvolvidos superaram a dos em desenvolvimento em 75% das vezes. Isto evidencia a tendência dos países com elevado PIB per capita apresentarem trabalhos com maior impacto na comunidade científica internacional, fato também corroborado pelo índice-H destes países.

Os testes estatísticos identificaram diferenças significativas entre todos os indicadores avaliados, bem como semelhanças dos indicadores do Brasil com Austrália e Irã, quanto ao número de publicações, e com Alemanha, China e África do Sul, para as Citações por Documento. As correlações de *Spearman* se mostraram positivas em diferentes magnitudes para todos os pares de indicadores. Além disso, evidenciaram forte dependência entre Citações e Autocitações e uma correlação moderada entre produção científica e PIB per capita.

As nuvens de palavras evidenciaram que os artigos analisados trazem termos conceituais e técnicas instrumentais típicas da área de Química. Também se observou a alta frequência de periódicos de revisão para os artigos mais citados no período. Os resultados podem auxiliar o desenho e a avaliação de políticas científicas.

Outros estudos podem avançar na avaliação de políticas e programas específicos, avaliando sua influência em relação à produtividade, ao impacto científico e à efetividade dos resultados. Além disso, trabalhos futuros podem identificar os fatores que influenciam a produção científica em qualidade, visibilidade e impacto.

Portanto, este estudo contribuiu para observar indicadores cientométricos abrangentes que possibilitam a comparação da produção científica entre países. Assim, compreende-se quanto é produzido pelas diversas áreas do conhecimento e seus impactos, o que oferece subsídio com evidências para tomada de decisões que podem definir os rumos do desenvolvimento científico brasileiro.

REFERÊNCIAS

AL, U.; TAŞKIN, Z. Relationship between Economic Development and Intellectual Production. **Collnet Journal of Scientometrics and Information Management**, v. 9, n. 1, p. 25–35, 2015. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09737766.2015.1027102>> DOI: <https://doi.org/10.1080/09737766.2015.1027102>

ARAÚJO, R. E. de; SILVA, H. A. da; SALVIO, G. M. M. Statistical Correlation Between Socioeconomic Indicators And Protected Natural Areas Around The World. **Revista Árvore**, v. 46, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rarv/a/4FZKp8zww3QnB6BJ4dsFGtP/abstract/?lang=en>>. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-908820220000001>

BARROS, E. F.; CALABRÓ, L.; GHENO, E. M.; SOUZA, D. O. Planetary Health : A Scientometric Analysis of Scientific Publications. **Education**, v. 9, n. 2, p. 35–40,

2019. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/349004070_Planetary_Health_A_Scientometric_Analysis_of_Scientific_Publications>. DOI:
<http://dx.doi.org/10.5923/j.edu.20190902.03>

BONAMIN, S.; ZANATTA, C. T. I.; DA SILVA, S. V.; CAMILOTTI, V.; MENDONÇA, M. J. *et al.* Avaliação comparativa da resistência de união ao microcisalhamento de um cimento resinoso autoadesivo na dentina e no esmalte: Estudo in vitro. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e50811726569, 2022. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26569>>. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.26569>

CABRAL JÚNIOR, J. B.; LUCENA, R. L. Analysis Of Precipitations By Non-Parametric Tests Of Mann-Kendall And Kruskal-Wallis. **Mercator**, v. 19, n. 1, p. 1–14, 2020. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/2736/273661636001/273661636001.pdf>>. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19001>

CARVALHO, A. M. X. D.; MENDES, F. Q.; BORGES, P. H. D. C.; KRAMER, M. A brief review of the classic methods of experimental statistics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 45, n. 1, p. e56882, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asagr/a/v9xbXfYZWD6b53CwPyfxJKG/>>. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.56882>

FORTUNATO, S.; BERGSTROM, C. T.; BÖRNER, K.; EVANS, J. A.; HELBING, D. *et al.* Science of science. **Science**, v. 359, n. 6379, 2018. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aao0185?casa_token=hDdlJNXT RZ0AAAAA:-yTXLKU2JTYpl6Aj9yCyF2ZZAytWe9a2THEtMKMQyfet4vYL0mr-c6mFxziXcYztLcfyAAWARzsP>. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aao0185>

GHENO, E. M.; GUARAGNA, R. M.; DA MATA, L. F. S., DUARTE, L. F., SOUZA, D. O. *et al.* Sistema de avaliação da CAPES: indicadores e procedimentos de monitoramento e avaliação de desempenho. **Em Questão**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 184–213, 2019. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/4656/465660194009/465660194009.pdf>>. DOI: <https://doi.org/10.19132/1808-5245253.184-213>

GRÁCIO, M. C. C.; OLIVEIRA, E. F. T. Indicadores cientométricos normalizados: um estudo na produção científica brasileira internacional (1996-2011). **Perspectivas em Ciencia da Informação**, v. 19, n. 3, p. 118–133, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pci/a/wdcRpCW6FvF8QMPBGxWBXXg/abstract/?lang=pt>>. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-5344/1898>

KRZYWINSKI, M.; ALTMAN, N. Visualizing samples with box plots. **Nature Methods**, v. 11, n. 2, p. 119–120, 2014. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nmeth.2813>>. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmeth.2813>

LETA, J.; THIJS, B.; GLÄNZEL, W. A macro-level study of science in Brazil: seven years later. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.20 n.44; p. 313 2023

informação, v. 18, n. 36, 2013. Disponível em:
<<https://www.redalyc.org/pdf/147/14726166004.pdf>>. DOI:
<http://dx.doi.org/10.5007/1518-2924.2013v18n36p51>

MCMANUS, C.; BAETA NEVES, A. A.; MARANHÃO, A. Q.; SOUZA FILHO, A. G.; SANTANA, J. M. International collaboration in Brazilian science: financing and impact. **Scientometrics**, v. 125, n. 3, p. 2745–2772, 2020. Disponível em:
<<https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-020-03728-7>>. DOI:
<https://doi.org/10.1007/s11192-020-03728-7>.

MENEZES, S. D.; CAREGNATO, S. E. Produção científica brasileira em Química entre 2004 e 2013: análise dos artigos indexados na Web of Science. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 23, n. 53, p. 25–38, 2018. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/181947>>. DOI:
<https://doi.org/10.5007/1518-2924.2018v23n53p25>

MERTON, R. K. The matthew effect in science. **Science**, [s. l.], v. 159, n. 3810, p. 56–62, 1968. Disponível em:
<<http://www.garfield.library.upenn.edu/merton/matthew1.pdf>>. DOI:
<https://doi.org/10.1126/science.159.3810.56>

MINGERS, J.; LEYDESDORFF, L. A review of theory and practice in scientometrics. **European journal of operational research**, v. 246, n. 1, p. 1-19, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037722171500274X>>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.002>.

MONTEIRO, A. L.; FURLAN, M.; SUAREZ, P. A. Z. Sistema Nacional de Pós-Graduação e a área de Química na CAPES. **Química Nova**, v. 40, n. 6, p. 618–625, 2017. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/qn/a/dKTsgfpBNkgTPBysFrwM7ZS/?lang=pt>>. DOI:
<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170079>

PARRA, M. R.; COUTINHO, R. X.; PESSANO, E. F. C. Um Breve Olhar Sobre A Cienciometria: Origem, Evolução, Tendências E Sua Contribuição Para O Ensino De Ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 107, p. 126–141, 2019. Disponível em:
<<http://revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/7267>>. DOI:
<https://doi.org/10.21527/2179-1309.2019.107.126-141>

QUEIROZ, K.; CALABRÓ, L. A formação de mestres e doutores e sua produção científica no âmbito da Chamada Pública voltada à prevenção e ao combate ao vírus Zika. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 2, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/5290>>. DOI:
<https://doi.org/10.35819/tear.v10.n2.a5290>

ROSS, S. D.; CRUZ, B. de P. A. Análise Quantitativa de Textos: Apresentação e Operacionalização da Técnica via Twitter. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 22, n. 1, 2021. Disponível em:
<<https://raep.emnuvens.com.br/raep/article/view/1859>>. DOI:
<https://doi.org/10.13058/raep.2021.v22n1.1859>

SANTIN, D. M.; VANZ, S. A. de S.; STUMPF, I. R. C. Internacionalização da produção científica brasileira: políticas, estratégias e medidas de avaliação. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 30, p. 81–100, 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/151494>>. DOI: <https://doi.org/10.21713/2358-2332.2016.v13.923>

SCHWARTZMAN, S. Pesquisa e Pós-Graduação no Brasil: duas faces da mesma moeda?. **Estudos Avançados**, v. 36, n. 104, p. 227–254, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/mM4ZbvgxfKYSjWv6bwL7fMg/>>. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2022.36104.011>

SILVA, D. D.; GRÁCIO, M. C. C. Dispersion measures for h-index: a study of the Brazilian researchers in the field of mathematics. **Scientometrics**, v. 126, n. 3, p. 1983–2011, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-020-03848-0>>. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03848-0>

WALTMAN, L. A review of the literature on citation impact indicators. **Journal of informetrics**, v. 10, n. 2, p. 365–391, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751157715300900?casa_token=Ih5UJLhsNXgAAAAA:1FRrXf0BpFU1nRI4vB6PHr3kycJFSda1Olv75upwvkMnm6-EQkqOCV2SaKXmLXjGCKoo3del>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.02.007>

XIE, J.; GONG, K.; CHENG, Y.; KE, Q. The correlation between paper length and citations: a meta-analysis. **Scientometrics**, v. 118, n. 3, p. 763–786, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-019-03015-0>>. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03015-0>