
ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM ONCOLÓGICOS NA BASE DE DADOS SCOPUS

Analysis of Scientific Production in Oncology in the Scopus Database

Henrique Koch Chaves (1), Julia Maria Brandão da Silva (2)

Luc Quoniam (3), Jorge Lima de Magalhães (4)

(1) Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Brasil, henrique.chaves@fiocruz.br

(2) Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Brasil, brandaojulia093@gmail.com

(3) Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Brasil, mail@quoniam.info

(4) Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Brasil, jorge.magalhaes@fiocruz.br



Resumo

Segundo dados da Organização das Nações Unidas, o câncer é a segunda principal causa de morte no mundo. Devido as suas propriedades nucleares, o tecnécio-99m continua sendo o radioisótopo mais utilizado no diagnóstico de cânceres. Assim, o presente trabalho analisou através da bibliometria as características da produção científica mundial sobre tecnécio-99m, presente nos artigos da base de dados Scopus entre 2001 e 2021. Utilizou-se os termos de busca “(99mtc OR technetium OR technetium-99m) AND (câncer OR tumor)”, com os filtros “Título” e “Resumo” nos campos de busca unidos pelo operador booleano “OR”. Em seguida, os dados foram exportados para que fossem realizadas a construção e visualização das redes bibliométricas utilizando o programa VOSviewer®. A análise dos artigos e periódicos mostrou que, na quantidade de publicações, destacam-se os Estados Unidos, o periódico *Journal of Nuclear Medicine*, o instituto *The Netherlands Cancer Institute* e o autor Mishra, A.K. (Índia). Em relação às análises realizadas com o VOSviewer®, destacaram-se: o autor Shuang Liu (cocitação de autores); e as palavras *article* e *human* (coocorrência de palavras-chave); Fan Wang (acoplamento bibliográfico). Espera-se que este estudo contribua para que os stakeholders, que realizam pesquisas sobre radiofármacos de tecnécio-99m, compreendam o cenário da produção científica.

Palavras-chave: Análise Bibliométrica; Câncer; Tecnécio-99m; Radiofármacos; Acoplamento Bibliográfico; Gestão da Informação.

Abstract

According to data from the United Nations, cancer is the second leading cause of death in the world. Due to its chemical properties, technetium-99m remains the most used radioisotope in the diagnosis of cancers. Thus, the present work analyzed through bibliometrics the characteristics of the world scientific production on technetium-99m, presented in articles from the Scopus database between 2001 and 2021. The search terms “(99mTc OR technetium OR technetium-99m)” were used. AND (cancer OR tumor)”, with the filters “Title” and “Summary” in the search fields united by the Boolean operator “OR”. Then, the data were exported so that the construction and visualization of bibliographic networks could be carried out using the VOSviewer® program. The analysis of articles and journals showed that, in the number of publications, the United States, the Journal of Nuclear Medicine, The Netherlands Cancer Institute and the author Mishra, A.K. (India). Regarding the analyzes analyzed with VOSviewer®, the following stand out: the author Shuang Liu (co-citation of authors); and the words article and human (co-occurrence of keywords); Fan Wang (bibliographic coupling). It is hoped that this study will help stakeholders who have carried out research on technetium-99m radiopharmaceuticals to understand the scenario of scientific production.

Keywords: Bibliometric Analysis; Cancer; Technetium-99m; Radiopharmaceuticals; Bibliographic Coupling; Information Management.

1 Introdução

No ambiente corporativo moderno, o tratamento dos dados originados de seus clientes internos e ou externos, possuem um papel estratégico nas rotinas de tomada de decisão das instituições, aumentando as taxas de sucesso dos seus investimentos (Dou and Hassanaly 1993; Quoniam and Lucien 2009). Da mesma forma, as políticas de gestão da informação apresentam fundamental importância, pois favorecem o acesso e o gerenciamento desses registros, garantindo que eles alcancem seus destinos, sem erros, nas pessoas corretas e no momento correto (Tarapanoff 2006). A organização das informações permite aos gestores e colaboradores das instituições visualizarem e analisarem os dados de maneira rápida e segura, permitindo agir de maneira estratégica frente às diferentes situações (Magalhães et al. 2014).

O século 21 traz a informação como um recurso estratégico e valioso para a percepção e absorção de novas tecnologias. Constantemente, uma quantidade expressiva de dados é gerada e disponibilizadas na Web. Tal fato, se deve ao aumento do uso das tecnologias da informação nos mais diversos locais, como universidades, residências, empresas, no qual os dados são oriundos de fontes mais diversas, como por exemplo, dispositivos móveis, redes sociais, transações bancárias e comerciais, sensores (dados de localização, dados meteorológicos), internet das coisas, satélites,

câmeras e sistemas de monitoramento, registros de softwares, dentre outros (Martino et al. 2014). Nesse contexto, o acesso à informação na web passa a ser em tempo real e para processar essa vasta quantidade de conteúdo, novas formas computacionais devem ser adotadas para capturar, armazenar, manipular e, assim, extrair valor desses dados, sejam eles estruturados (planilhas, tabelas) ou não-estruturados (imagens, blocos de texto, etc.) (Marquesone 2016).

Com a evolução dos sistemas de informações, o uso das bases de dados tornou-se cada vez maior, principalmente no meio científico, possibilitando a indexação de vários tipos de documentos (livros, teses, dissertações, periódicos, anais de eventos, etc.). Dessa maneira, torna-se imprescindível o uso de ferramentas tecnológicas para a gestão e acesso a esses dados, como os softwares de gestão de documentos, ou ainda, o armazenamento em nuvem. Nesse contexto, a bibliometria apresenta-se como uma ferramenta facilitadora na análise das informações armazenadas nesses bancos de dados, possibilitando obter uma visão panorâmica do grau científico e tecnológico de um país ou área do conhecimento (Soares et al. 2016).

Muito utilizada no campo das ciências sociais aplicadas, o uso das técnicas bibliométricas facilita o entendimento de novas temáticas, auxiliando na identificação de tendências para pesquisas futuras (Quevedo-Silva et al. 2016). Visando explorar a produção científica global, as suas métricas e indicadores permitem mensurar aspectos da produção acadêmica, possibilitando calcular os índices da produção e disseminação do conhecimento que contribuem para o desenvolvimento da ciência (Guedes 2005). Esses indicadores podem ser tanto o texto da publicação quanto os elementos que a compõem, como por exemplo, título, fonte, autores, idioma, palavras-chave, classificação e citações (Silva 1987; Zhu et al. 1999).

Os índices bibliométricos demonstram ser fortes indicadores da avaliação científica, bem como um dos principais meios de aferir de maneira objetiva o impacto científico de um pesquisador, instituição ou periódico (Barreto 2013). Esses indicadores gerados pelas análises permitem apontar resultados imediatos para subsidiar os campos da ciência e tecnologia, auxiliando assim, na criação de políticas públicas em um país (Avena and Barbosa 2017; Giménez-Espert and Prado-Gascó 2019).

Segundo dados do Ministério da Saúde (MS) e do Instituto Nacional do Câncer (INCA), o número de mortes causadas por neoplasias está entre as três principais causas de óbitos no Brasil (INCA 2019). Além dessas estimativas, a maior parte dos medicamentos para tratamento dos diversos tipos de neoplasias possuem, alto custo de desenvolvimento, alto valor agregado e fruto de intensos esforços tecnológicos por parte das empresas farmacêuticas, em sua maioria laboratórios multinacionais. Dessa maneira, torna-se premente, no que tange a saúde pública nacional, incentivar processos de P,D&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) nos laboratórios nacionais, visto o enorme mercado potencial em que se encontram (INCA 2009).

A Medicina Nuclear é uma especialidade da medicina que obtém as imagens através da administração de radiofármacos no paciente para medir externamente a radiação emitida que atravessa o organismo. Os radiofármacos são compostos que não possuem ação farmacológica e possuem na sua composição um radionuclídeo, no qual são utilizados na Medicina Nuclear para diagnóstico e terapia de várias doenças (Dilworth et al. 1998; European Pharmacopeia 2005). Uma vez que diferentes cânceres possuem estrutura, localização, microambiente e expressão de diferentes receptores, proteínas ou enzimas, torna-se necessário o desenvolvimento de diversos radiofármacos seletivos para diferentes situações (Ferro-Flores, de Murphy and Melendez-Alafort 2006; Saha 2018). Nesse contexto, os radiofármacos, moléculas ou íons, que possuem em sua estrutura um isótopo radioativo apresentam papel importante, pois o princípio do método é mostrar alteração fisiológicas associadas ao câncer, antes mesmo que possam ser observadas alterações morfológicas (Cutler et al. 2013; Saha 2018).

A escolha do radionuclídeo é de fundamental importância para o desenvolvimento de novos radiofármacos, pois são as suas características nucleares que determinarão a sua aplicação para terapia ou diagnóstico (Saha 2018). Como parâmetros, pode-se citar a sua energia, o período de semi-desintegração ($t_{1/2}$), a natureza da radiação e/ou partículas emitidas, a pureza radionuclídica com que podem ser obtidos e o seu custo/disponibilidade (Kowalsky and Weatherman 2004; Saha 2018). Atualmente, cerca de 95% dos radiofármacos são utilizados no diagnóstico de doenças e os radionuclídeos mais utilizados no diagnóstico de cânceres são o ^{111}In (índio-111), ^{68}Ga (gálio-68), ^{11}C (carbono-11), ^{18}F (fluór-18) e o $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (tecnécio-99m) (Marques, Okamoto and Buchpiguel 2001).

O tecnécio-99m é produto do decaimento radioativo do molibdênio-99, no qual o molibdênio-99 é chamado de elemento “pai” e o tecnécio-99m de elemento “filho”. O tecnécio-99m é o radioisótopo mais utilizado em radiodiagnósticos de cânceres, correspondendo a cerca de 80% da rotina clínica de um serviço de medicina nuclear. Tal fato se deve às suas interessantes características nucleares: disponibilidade através de um sistema gerador $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ (molibdênio-99/tecnécio-99m), possibilidade de ligação a diversos grupos quelantes, tempo de meia-vida de 6 horas e emissão de radiação gama com 140 keV de energia (Saha 2018; Marques, Okamoto and Buchpiguel 2001).

Diante do exposto, convém destacar o papel dos repositórios da ciência, que disponibiliza o acesso a teses, dissertações e artigos de periódicos, tais como o Google Acadêmico, Scielo, Scopus (Elsevier), Pubmed (Medline) e Web of Science (*Institute for Scientific Information - ISI*), abrangendo as mais diversas temáticas. Nesse contexto, torna-se relevante estudar a produção científica existente sobre radiofármacos, dentro do universo do conhecimento científico disponibilizado em um repositório específico.

Dessa maneira, pretende-se demonstrar como a bibliometria pode auxiliar na gestão do conhecimento das tecnologias para a área de Saúde Pública, especificamente no Big Data em oncologia. Assim, a questão norteadora da pesquisa foi analisar a produção científica mundial indexada na base Scopus entre os anos 2001 e 2021 sobre radiofármacos de tecnécio-99m, uma vez que esse radioisótopo é o mais utilizado no diagnóstico dos vários tipos de cânceres.

2 Metodologia

O presente trabalho trata-se de um estudo bibliométrico, de natureza descritiva, com abordagem quali-quantitativa, no qual foi analisada a produção científica internacional, visando identificar os artigos e autores de maior relevância, as revistas científicas com maior cobertura para o assunto e os artigos mais alinhados com o tema proposto.

Foram utilizados dados de produção científica baseados em artigos e artigos de revisão publicados em periódicos indexados na base de dados Scopus entre os anos 2001 e 2021. As buscas foram realizadas em 02 de junho de 2022. Para tal, foram utilizados os termos de busca “(99mTc OR technetium OR technetium-99m) AND (câncer OR tumor)”, com os filtros “Título” e “Resumo” nos campos de busca e o operador booleano “OR”, ligando esses campos. Escolheu-se essa base de dados devido ao fato da mesma, no período das buscas, ter uma maior quantidade de artigos científicos indexados com a expressão booleana utilizada. Os dados foram exportados da base de dados Scopus para que, em seguida, fosse realizado o tratamento utilizando o programa VOSviewer[®], que permite criar, visualizar e explorar mapas bibliométricos baseados em dados de redes (van Eck e Waltman 2022). Com o uso do software em questão, foram realizadas análises de cocitação das palavras-chave, dos autores e das referências dos artigos analisados.

3 Resultados e Discussão

A partir da busca realizada, foram recuperados um total de 5.306 artigos, no qual 374 (7%) eram de revisão. A Figura 1 exibe a distribuição temporal das publicações dos artigos em periódicos no período de 2001 a 2021. Observa-se na linha temporal uma flutuação na quantidade publicações, com aumentos e retrações ao longo dos anos, atingindo um máximo de publicações no ano de 2020 (301) e um mínimo no ano de 2009 (213). Tal fato pode estar associado à crise mundial no fornecimento de geradores de ^{99m}Tc no ano de 2009, provocada pela parada do reator *National Research Universal* (NRU) no Canadá. Este acontecimento, levou à época, a percepção de que outros reatores, com idade próxima aos 50 anos, deveriam ser desligados (NEA 2017, 2018).

Nessa perspectiva, muito se discutiu sobre a fim da era do tecnécio-99m na medicina nuclear, devido a entrada de novos radiofármacos marcados com outros radioisótopos, como gálio-68 (⁶⁸Ga), cobre-64 (⁶⁴Cu), zircônio-89 (⁸⁹Zr), carbono-11 (¹¹C), flúor-18 (¹⁸F), dentre outros. Nos anos seguintes, medidas foram tomadas afastando essa possibilidade, no qual número o constante de publicações evidencia que este mercado continua em crescimento em relação ao desenvolvimento de novas tecnologias de ^{99m}Tc com foco em oncológicos.

Figura 1 - Evolução da quantidade de publicações de artigos contendo o radioisótopo ^{99m}Tc com aplicação em oncológicos na base de dados Scopus entre os anos 2001 e 2021.



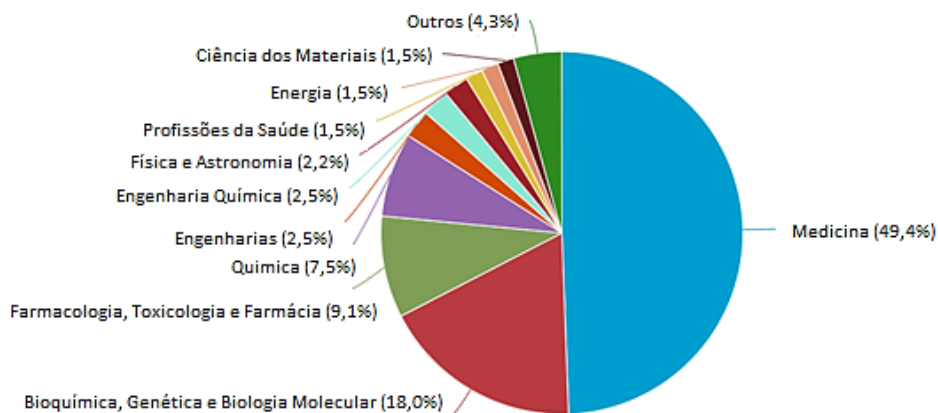
Fonte: Scopus (2022).

Dos 5.306 artigos publicados, destaca-se o periódico *Journal of Nuclear Medicine* com um total de 244 (4,6%). Na sequência, sobressaem os periódicos *European Journal Of Nuclear Medicine And Molecular Imaging* com 188 (3,5%), *Nuclear Medicine And Biology* com 161 (3,3%), *Nuclear Medicine Communications* com 145 (2,7%), *Clinical Nuclear Medicine* com 131 (2,5%), *Journal Of Radioanalytical And Nuclear Chemistry* com 97 (1,8%), *Annals Of Nuclear Medicine* e *Bioconjugate Chemistry* com 87 (1,6%) e *Annals Of Surgical Oncology* e *Cancer Biotherapy And Radiopharmaceuticals* com 79 (1,5%). Embora não seja aprofundada a discussão sobre a distribuição temporal de artigos por periódico, mas somente como reflexão para trabalhos futuros, observa-se em todos os casos um fluxo constante nas publicações com aumentos e retrações ao longo dos anos.

A Figura 2 evidencia as dez principais áreas de pesquisa em que se encontram os artigos encontrados na base de dados Scopus. Como pode ser observado no gráfico, a maioria dos artigos encontrados concentram-se na área de pesquisa *Medicina* (4.209), correspondendo a proporção de 49,4% do total. Na sequência, tem-se as áreas de pesquisa *Bioquímica, Genética e Biologia Molecular* com 1.535 (18%), *Farmacologia, Toxicologia e Farmácia* com 772 (9,1%), *Química* com 637 (7,5%), *Engenharia* com 215 (2,5%), *Engenharia Química* com 209 (2,5%), *Física e*

Astronomia com 189 (2,2%), *Profissões da Saúde* com 132 (1,5%), *Energia* com 130 (1,5%) e *Ciência dos Materiais* com 124 (1,5%). A quantidade de artigos de outras áreas representa um total de 4,3%.

Figura 2 - Porcentagem dos artigos contendo o radioisótopo ^{99m}Tc com aplicação em oncológicos nas dez áreas de pesquisa com maior quantidade de artigos publicados na base de dados Scopus entre os anos 2001 e 2021.



Fonte: Scopus (2022).

Em relação aos países que mais publicaram os artigos analisados nesse estudo, os Estados Unidos aparecem em primeiro lugar com um total de 1027 artigos (19,36%), seguido da China com 673 (12,68%), Japão com 436 (8,22%), Itália com 355 (6,69%), Alemanha com 313 (5,90%), Índia com 266 (5,01%), Holanda com 247 (4,66%), França com 223 (4,20%), Reino Unido com 211 (3,98%) e Turquia com 172 (3,24%). O Brasil aparece em 11º lugar no ranking com 161 (3,03%) artigos publicados.

Dentre os principais patrocinadores que financiaram as pesquisas dos 5.306 artigos, merece destaque o *National Cancer Institute* (USA), que financiou um total de 297 publicações (5,60%). Na sequência, aparecem o *National Natural Science Foundation of China* (China) com 228 (4,30%), *National Institutes of Health* (USA) com 176 (3,32%), *U.S. Department of Health and Human Services* (USA) com 76 (1,43%), *Japan Society of the Promotion of Science* (Japão) com 52 (0,98%), *Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology* (Japão) e *National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering* (USA) com 50 (0,94%), *European Commission* (Europa) com 39 (0,73%), *National Institute of General Medical Sciences* (USA) com

36 (0,67%) e *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (Brasil) com 35 (0,65%).

Em relação aos pesquisadores que mais publicaram artigos no período analisado, merece destaque o autor Ashok Kumar Mishra (Mishra, A.K.), com um total de 63 artigos (1,2%). Esse autor atua como professor de Química no *Indian Institute of Technology Madras* (Índia) desde 2004. Em seguida, tem-se os autores Valdés Olmos, R.A (*The Netherlands Cancer Institute* - Holanda) com 43 (0,9%); Liu, S. (*Purdue University* – Estados Unidos da América) e Wang, F. (*Peking University* – China) com 39 (0,73%); Hnatowich, D.J. (*University of Massachusetts Medical School* – Estados Unidos da América) e Rubelo, D. (*Padova University* - Itália) com 38 (0,72%); Jia, B. (*Peking University* - China), Sarma, H.D. (*Bhabha Atomic Research Centre* – Índia) e Tolmachev, V. (*Uppsala University* – Suécia) com 37 (0,69%) e Ruschkowki, M (*University of Massachusetts Medical School* – Estados Unidos da América) com 35 (0,66%).

Dentre as instituições mais relevantes na publicação dos artigos em periódicos, destaca-se *The Netherlands Cancer Institute* com um total de 93 (1,75%), seguido do *Institute of Nuclear Medicine and Allied Sciences India* com 77 (1,45%), *University of Texas MD Anderson Cancer Center* com 76 (1,43%), *Ministry of Education China* com 74 (1,39%), *Peking University* com 72 (1,36%), *Inserm* com 69 (1,30%), *Antoni van Leeuwenhoek Ziekenhuis* com 66 (1,24%), *Bhabha Atomic Research Centre* com 65 (1,23%), *Beijing Normal University* com 64 (1,21%) e *Demokritos National Centre for Scientific Research* com 61 (1,15 %). Convém salientar que quatro dos pesquisadores mais produtivos citados anteriormente estão afiliados à três das instituições mencionadas, *The Netherlands Cancer Institute* (Valdés Olmos, R.A), *Peking University* (Wang, F. e Jia, B.) e *Bhabha Atomic Research Centre* (Sarma, H. D.).

No que tange às análises de cocitação para as referências, autores, fontes e coocorrências das palavras-chave presentes nos artigos, utilizou-se o programa *VOSViewer*[®], que permite analisar qualquer conjunto de dados de redes exportados de várias bases de dados, tais como Scopus, Web of Science ou Pubmed. Esse programa utiliza o método conhecido como VOS (*Visualization of Similarities*) para definir os nós e ligações de sua rede (Moreira, Guimarães and Tsunoda, 2020). Dessa maneira, são evidenciadas as relações das redes bibliométricas,

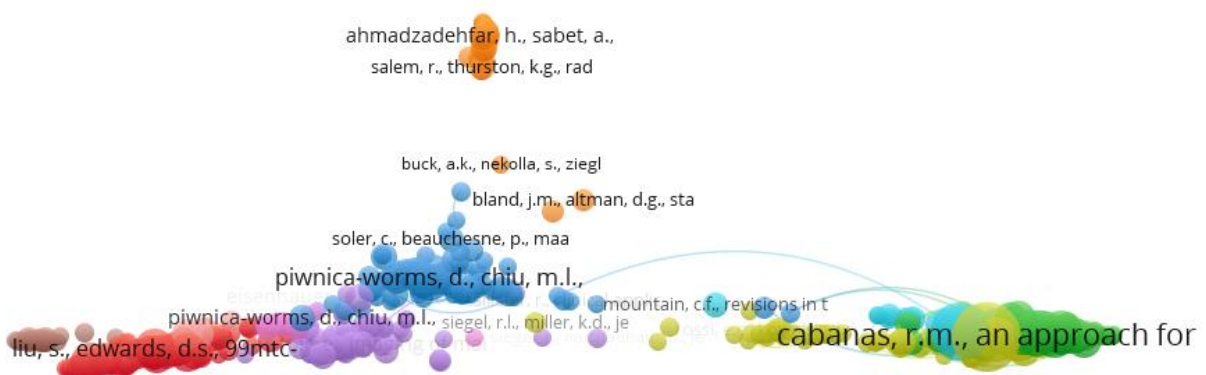
possibilitando a gestão e mapeamento do conhecimento científico através das publicações disponíveis nessas bases.

A cocitação é produzida quando dois documentos recebem uma citação do mesmo terceiro documento, podendo ser implementada para documentos, periódicos e autores. Esse tipo de análise mensura a relação entre dois artigos com base na quantidade de publicações em que estes aparecem citados simultaneamente. Quanto maior o número de cocitações, maior a relação entre os autores citados. Dessa maneira, o mapa de cocitação obtido irá evidenciar como o conhecimento de uma determinada área é percebida pelos pesquisadores presentes nos periódicos analisados (Grácio and Oliveira 2013; Grácio 2016).

A Figura 3 apresenta a rede de cocitação de referências extraídas dos 5.306 documentos da base de dados Scopus. Esse gráfico evidencia quais são as referências compartilhadas pelos autores dos documentos. Na rede formada, os nós e nome das referências maiores mostram a sua maior ocorrência. Já as diferentes cores presentes na rede apontam os agrupamentos em *clusters* e as linhas apresentam o inter-relacionamento dessas referências. Os *clusters* são os grupos que se formam por afinidade ou proximidade, identificando as relações mais fortes dentro do grupo como um todo. Das 149.848 referências citadas, 1.353 possuem no mínimo 4 citações. Foram formados 10 *clusters* e no segundo maior deles (cor amarela, 124 itens) foi identificada a referência com o maior número de cocitações (70)¹.

¹ Cabanas, R. M. An approach for the treatment of penile carcinoma. *Cancer*, v. 39, n. 2, p. 456–466, 1977.

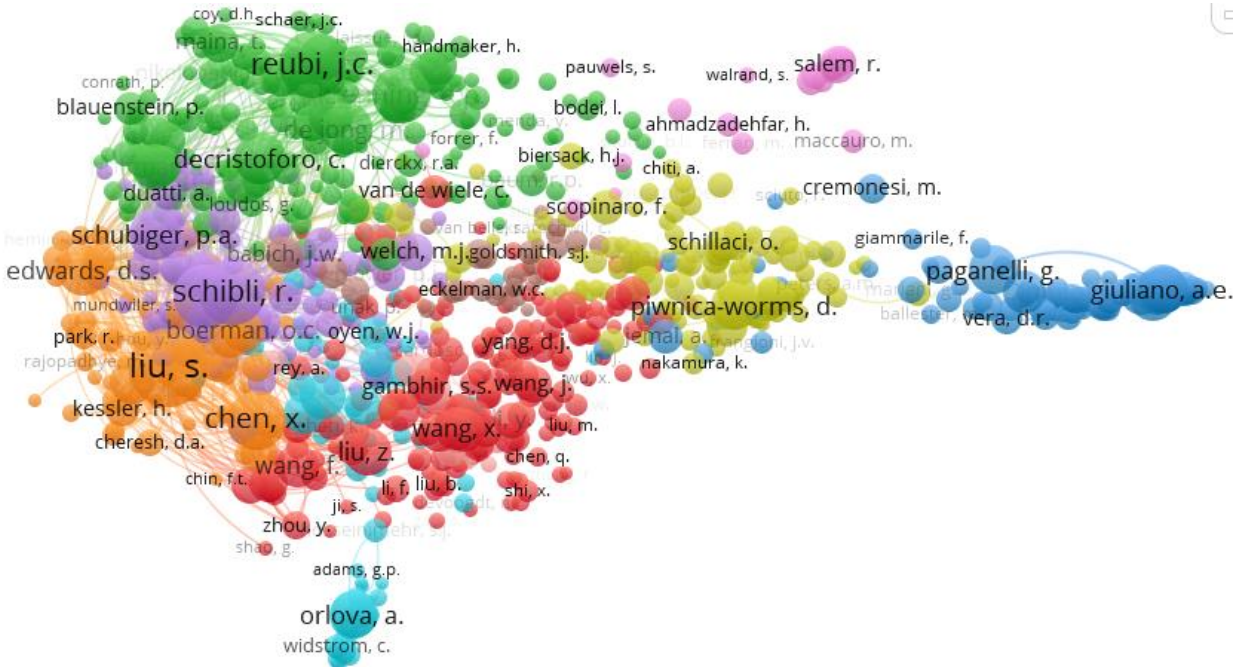
Figura 3 - Rede de cocitação das 1.353 referências com no mínimo 4 citações.



Fonte: Elaborado pelos autores com VOSViewer (2022).

A Figura 4 mostra a rede de cocitação de autores, no qual os mais citados na área de estudo são exibidos na rede (apenas o primeiro autor). Dos 172.948 autores presentes nos 5.306 artigos da base de dados Scopus, 1.526 possuem no mínimo 50 ocorrências. Na rede, as cores indicam os agrupamentos em *clusters*, os maiores nós e nome dos autores refletem sua maior ocorrência e as linhas apresentam o inter-relacionamento dos autores. Foram formados 10 *clusters*, no qual o autor com a maior quantidade de cocitações (1.575) foi Shuang Liu (Liu, S.), apresentando ligações mais fortes na rede, centralizando as relações no sétimo maior *cluster*, identificado no gráfico na cor laranja. Ele atua como professor da *Purdue University's School of Health Sciences* (West Lafayette, Indiana, USA). O segundo autor mais cocitado é Jean Claude Reubi (Reubi, J. C.) com um total de 1.151 cocitações, que está localizado no segundo maior *cluster*, identificado no gráfico na cor verde. Atualmente, ele é professor emérito de patologia da *University of Bern* (Bern, Suíça) desde 2012.

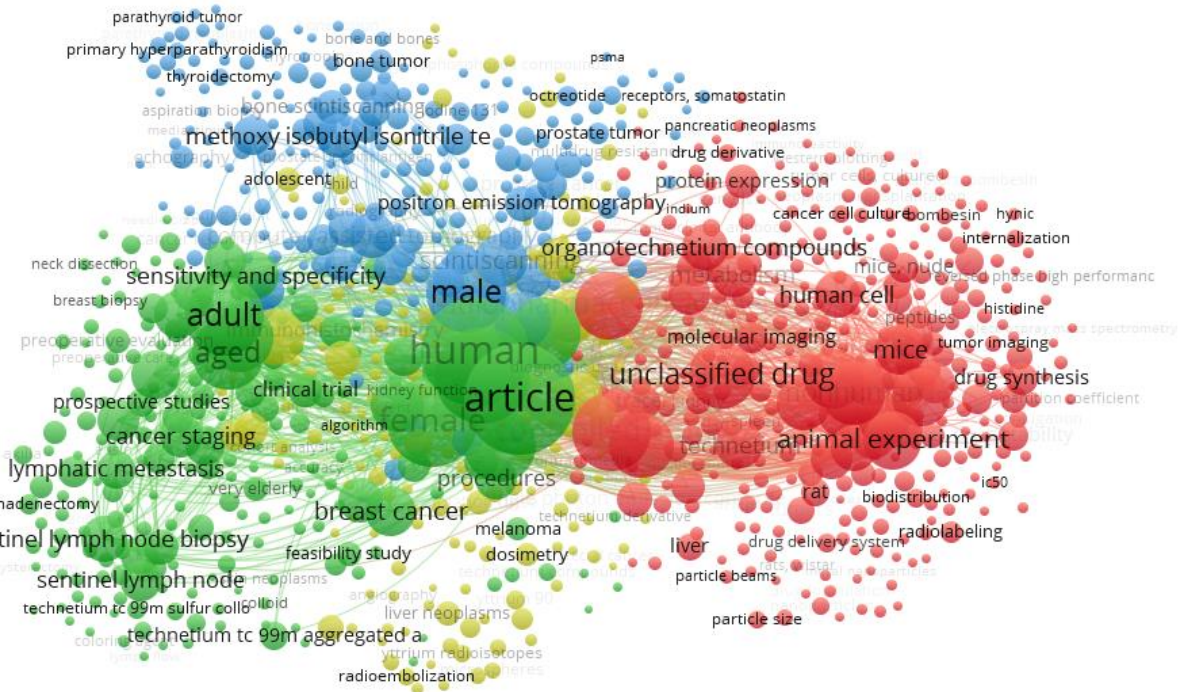
Figura 4 - Rede de cocitação dos 1.526 autores com no mínimo 50 citações.



Fonte: Elaborado pelos autores com VOSViewer (2022).

Na Figura 5 é apresentada a rede de coocorrências das 938 palavras-chave (All keywords). Inicialmente, foram encontradas um total de 20.000 palavras-chave com os termos de busca utilizados na metodologia. Para facilitar a visualização, a formação da rede foi restrita a palavras-chave com no mínimo 30 ocorrências, extraídas do título, do resumo e da lista de palavras-chave. Na figura, os nós e as palavras maiores refletem sua maior ocorrência, as cores indicam como os *clusters* estão agrupados e as linhas representam o inter-relacionamento das palavras-chave. Foram formados quatro *clusters*, no qual as palavras-chave com maior ocorrência foram *article* (4.293) e *human* (4.145), ambas estão localizadas no segundo maior *cluster* da rede representada na cor verde, com um total de 197 palavras-chave. Como pode ser observado na Figura 5, nota-se a predominância de estudos com moléculas contendo o radioisótopo tecnécio-99m, tipos de cânceres e técnicas de radiodiagnóstico nessa área do conhecimento.

Figura 5 - Rede de coocorrência das 938 palavras-chave (All Keywords) com no mínimo 30 ocorrências.

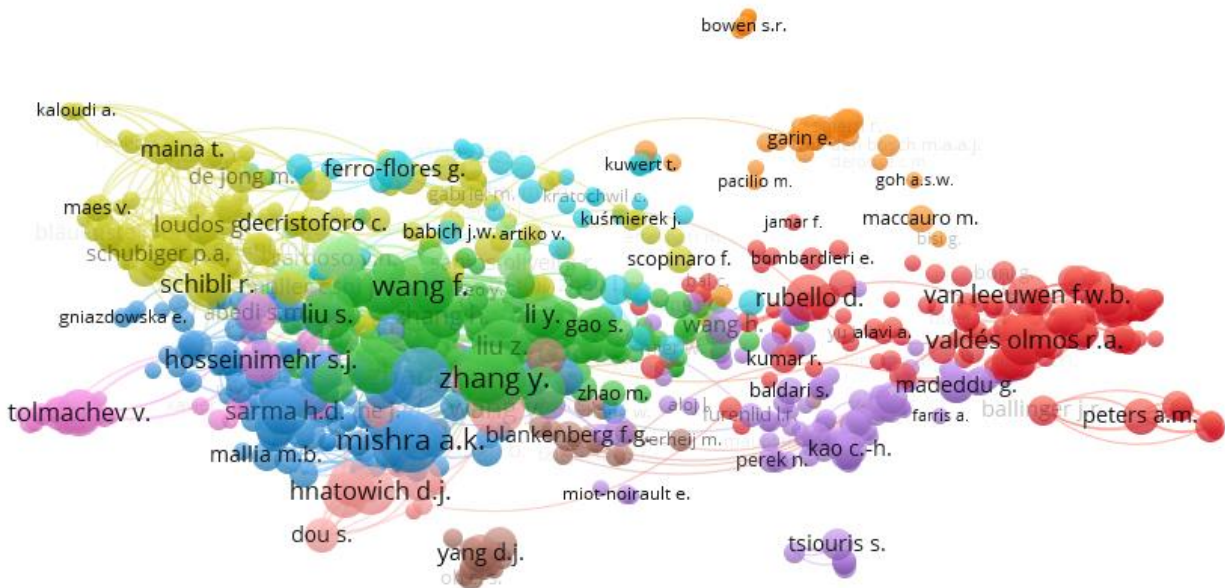


Fonte: Elaborado pelos autores com VOSViewer (2022).

A rede de acoplamento bibliográfico entre os autores no período amostral é apresentada na Figura 6. De maneira similar às discussões feitas para as redes de cocitação, o tamanho dos nós no gráfico indica a quantidade de documentos de cada autor na base de dados analisada. O algoritmo de agrupamento do software leva em consideração a quantidade de autores a que cada par de pesquisadores faz referência, ou seja, quanto mais próximos dois nós estiverem um do outro, maior é o número de autores citados por ambos e, portanto, maior o acoplamento entre eles. Dessa maneira, se dois artigos fazem referência a uma mesma fonte, maior será a similaridade entre eles, que poderá ser de caráter teórico, metodológico, temático ou alguma outra particularidade compartilhada (Egghe and Rousseau 2002; Kessler 1965; Lucas, Garcia-Zorita and Sanz-Casado 2013). Além disso, o VOSViewer® permite calcular o *link strength* (força do link: fl) e o *total link strength* (força total do link: ftl). Cada link entre os nós tem uma força, possuindo um valor numérico positivo. Dessa maneira, quanto maior esse valor, mais forte será o link. Dependendo do tipo de análise, a força de um link propiciará informações distintas, como por exemplo, indicar o número de referências citadas que duas publicações têm em comum (no caso de links de

acoplamentos bibliográficos), o número de publicações que dois pesquisadores têm em coautoria (no caso de links de coautoria) ou o número de publicações em que dois termos ocorrem juntos (no caso de links de coocorrência) (van Eck and Waltman, 2022). Enquanto o *link strength* exhibe o cálculo para cada nó, o *total link strength* mostra numericamente a força total de ligação de um nó com os demais (Mira et al., 2022).

Figura 6 - Rede de acoplamentos bibliográficos dos 1.088 autores com no mínimo 5 documentos e 20 citações na base de dados Scopus.



Fonte: Elaborado pelos autores com VOSViewer (2022).

Para essa última análise, devido à grande quantidade de autores encontrados (20.323) nos 5.306 documentos pelo programa VOSViewer®, limitou-se a analisar a rede para os autores que tivessem no mínimo cinco documentos na base de dados e vinte citações, resultando em uma rede constituída por 1.088 autores, dispostos em onze clusters. Cada pesquisador presente em um cluster tende a citar os mesmos autores que os demais pesquisadores deste mesmo cluster, pelo que se considera que têm forte relação de acoplamento bibliográfico. Os autores Fan Wang (Wang, F.) e Yuanqing Zhan (Zhang, Y.) aparecem em destaque no segundo maior *cluster* (172 autores), identificado no gráfico na cor verde. O autor Wang, F. apresenta um total 1.300 citações e ftl: 84.339, Zhang, Y. apresenta 837 citações e ftl: 42.345 Merece destaque também na rede formada

o autor Ashok Kumar Mishr (Mishra, A. K.) pertencente ao terceiro maior *cluster* identificado no gráfico na cor azul, com 156 autores. Esse autor possui um total de 1.618 citações e uma ftl de 20.298.

Conclusões

Em atenção ao objetivo deste estudo sobre radiofármacos de tecnécio-99m com foco em oncológicos, obteve-se as tendências temáticas linhas de pesquisa em desenvolvimento sobre o tema. Observou-se ao longo dos 20 anos aumentos e retrações na quantidade de artigos publicados com a temática, apresentando uma maior intensidade de 301 artigos no ano de 2020 e um mínimo de 213 artigos no ano de 2009.

A análise dos artigos e periódicos mostrou que os Estados Unidos lideram na quantidade publicações, correspondendo a 19,36% do total, enquanto o Brasil ocupou a 11^a posição no ranking. O *Journal of Nuclear Medicine* foi o periódico que mais publicou no período analisado, correspondendo a 4,6% do total, enquanto a área de pesquisa “Medicine” foi a que concentrou quase metade do total de artigos encontrados na base de dados Scopus (49,4%). Em relação aos institutos de pesquisa, o *The Netherlands Cancer Institute* destaca-se na quantidade artigos publicados, correspondendo a 1,75% do total.

Dentre os principais patrocinadores que financiaram as pesquisas na área de estudo, sobressaiu-se o *National Cancer Institute* (USA), financiando um total 5,60% dos artigos publicados. Já o autor Ashok Kumar Mishr (Mishra, A.K.), do *Indian Institute of Technology Madras* (Índia), foi o que mais publicou no espaço temporal analisado, representando 1,20% do total.

Através da utilização do *software* VOSViewer®, foi possível realizar a mineração dos dados, com subsequente recomposição das informações de modo a estratificar autores, fontes, palavras-chave e referências vinculadas às publicações. Através do estudo bibliométrico e da análise de redes (cocitação), obteve-se um melhor entendimento do modo de comunicação e de troca de informações na área de estudo.

A visualização dos dados tratados proporcionaram representações gráficas importantes, pois possibilitam tanto aos acadêmicos quanto aos profissionais de várias áreas da ciência - como Medicina Nuclear, Química, Farmácia, Gestão do Conhecimento, dentre outras - avaliarem o seu grau de desenvolvimento, principais tendências, bem como apontarem as possíveis lacunas ainda presentes no campo em questão.

Das 149.848 referências citadas nos artigos, 1.353 possuem no mínimo 4 citações, formando 10 *clusters*. Destes, sobressaiu o *cluster* representado na Figura 3 na cor amarela, no qual está presente o artigo do autor Cabanas, R. M., de 1977, com o maior número de cocitações (70). Dos 172.948 autores presentes nos 5.306 artigos encontrados, 1.526 possuem no mínimo 50 ocorrências, formando também 10 *clusters*. Destaca-se o autor Shuang Liu (Liu, S.), da *Purdue University's School of Health Sciences (USA)*, com um total de 1.575 cocitações, encontrado no sétimo maior *cluster* do gráfico, identificado na cor laranja.

Em relação à coocorrências das palavras-chaves, foram encontradas um total de 20.000 palavras-chaves com os termos de busca utilizados na metodologia. Em relação às palavras-chave com no mínimo 30 ocorrências, extraídas do título, do resumo e da lista de palavras-chave, observou-se a formação de uma rede com um total de 938 palavras-chave (*All Keywords*). Assim, foram formados quatro *clusters*, no qual as palavras-chave com maior ocorrência foram *article* (4.293) e *human* (4.145), ambas encontradas no segundo maior *cluster* do gráfico representado na cor verde.

Em relação ao acoplamento bibliográfico, dos 20.323 autores cocitados nos documentos, 1.088 apresentavam no mínimo cinco documentos publicados na base de dados e vinte citações, formando onze clusters. Novamente, Fan Wang (Wang, F.), Yuanqing Zhan (Zhang, Y.) e Ashok Kumar Mishr (Mishra, A. K.) aparecem como os mais prolíficos de todos os autores, Os dois primeiros autores aparecem localizados no segundo maior cluster (verde, 172 autores) e o terceiro autor no terceiro maior cluster (azul, 156 autores).

Estudos realizados anteriormente, apontam diferenças nas contagens de citações entre as bases de dados, devido ao fato das mesmas utilizarem fontes distintas para compilação dos dados (Gouvêa et al. 2022). Dentre as várias bases de dados disponíveis, a Scopus é considerada a base

que tem a maior cobertura de textos completos, resumos e citações da literatura científica internacional e brasileira, além do seu conteúdo ser indexado, utilizando os vocabulários controlados para a definição das palavras-chave e/ou descritores (Mesquita et al. 2006; Oliveira and Gracio 2011). Uma vez que o presente estudo se restringiu à base de dados Scopus, esta limitação pode servir como sugestão para trabalhos futuros. Estudos semelhantes poderão ser realizados considerando outras bases, tal como Web of Science, Scielo, Science Direct, expandindo, dessa maneira, o conhecimento sobre o que existe acerca de radiofármacos de tecnécio-99m na academia, bem como refazer as análises com outros radioisótopos, possibilitando assim, observar como andam os avanços nessa área do conhecimento. Dessa maneira, espera-se que o presente estudo possibilite tanto ao meio científico, quanto aos especialistas da área e tomadores de decisão, uma melhor compreensão do panorama da produção científica em tecnécio-99m com foco em oncológicos.

Referências

- Avena, Magdalena José, and Barbosa, Dulce Aparecida. “Bibliometric Indicators of the Nursing Journals According to the Index Databases”. *Revista Da Escola de Enfermagem Da USP*, vol. 51, dez. 2017, p. 1-9. SciELO, <https://doi.org/10.1590/S1980-220X2017014603262>.
- Barreto, Mauricio L. “O desafio de avaliar o impacto das ciências para além da bibliometria”. *Revista de Saúde Pública*, vol. 47, ago.2013, p. 834–837. SciELO, <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047005073>.
- Cutler, Cathy S., et al. “Radiometals for Combined Imaging and Therapy”. *Chemical Reviews*, vol. 113, no 2, fev. 2013, p. 858–883. ACS Publications, <https://doi.org/10.1021/cr3003104>.
- Dilworth, Jonathan R., e Suzanne J. Parrott. “The Biomedical Chemistry of Technetium and Rhenium”. *Chemical Society Reviews*, vol. 27, no 1, janeiro de 1998, p. 43–55. pubs.rsc.org, <https://doi.org/10.1039/A827043Z>.
- Dou, Henri, and Hassanaly, P. *Technology Watch and Competitive Intelligence: A New Challenge in Education for Information*. Jan. 1993. www.academia.edu, https://www.academia.edu/44308667/Technology_watch_and_competitive_intelligence_a_new_challenge_in_Education_for_Information.

- Egghe, Leo, and Rousseau, Ronald. “Co-Citation, Bibliographic Coupling and a Characterization of Lattice Citation Networks”. *Scientometrics*, vol. 55, no 3, nov. 2002, p. 349–361. Springer Link, <https://doi.org/10.1023/A:1020458612014>.
- European Pharmacopoeia*. 5th ed, Council of Europe, 2005, p. 578.
- Ferro-Flores, Guillermina, and de Murphy, Consuelo Arteaga, and Melendez-Alafort, Laura. “Third Generation Radiopharmaceuticals for Imaging and Targeted Therapy”. *Current Pharmaceutical Analysis*, vol. 2, no 4, out. 2006, p. 339–352.
- Giménez-Espert, María Del Carmen, and Prado-Gascó, Vicente Javier. “Bibliometric Analysis of Six Nursing Journals from the Web of Science, 2012-2017”. *Journal of Advanced Nursing*, vol. 75, no 3, mar. 2019, p. 543–354. PubMed, <https://doi.org/10.1111/jan.13868>.
- Gouvêa, Alessandra Lacerda, et al. “Índice H dos pesquisadores brasileiros: um olhar comparativo entre as bases de dados WoS, Scopus e Google Scholar”. *Research, Society and Development*, vol. 11, no 5, março de 2022, p. e13711527832. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27832>.
- Grácio, Maria Claudia Cabrini. “A coplamente bibliográfico e análise de cocitação: revisão teórico-conceitual”. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, vol. 21, no 47, 2016, p. 82–99.
- Grácio, Maria Cláudia Cabrini, e Ely Francina Tannuri de Oliveira. “Análise de cocitação de autores: um estudo teórico-metodológico dos indicadores de proximidade, aplicados ao GT7 da ANCIB | Authors’ co-citation analysis: a theoretical- methodological study of proximity indicators applied to GT7 of ANCIB”. *Liinc em Revista*, vol. 9, no 1, 1, maio de 2013. revista.ibict.br, <https://doi.org/10.18617/liinc.v9i1.527>.
- Guedes, Vânia L. S. “Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica”. *Encontro Nacional de Ciência da Informação (CINFORM)* –, Salvador, Bahia. 2012
- INCA. Instituto Nacional de Câncer. Estimativa 2020 - Apresentação | INCA -. 2019, <https://www.inca.gov.br/estimativa>.
- INCA. “Rede Câncer no 9”. *INCA - Instituto Nacional de Câncer*, 2009, <https://www.inca.gov.br/publicacoes/revistas/rede-cancer-no-9>.
- Kessler, M. M. “Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing”. *American Documentation*, vol. 16, no. 3, 1965, p. 223–33. Wiley Online Library, <https://doi.org/10.1002/asi.5090160309>.

- Kowalsky, Richard J., and Weatherman, Kara D. Radiopharmaceuticals in Nuclear Pharmacy and Nuclear Medicine. *American Pharmacists Association*, 2004.
- Lucas, Elaine de Oliveira; Garcia-Zorita, Jose Carlos, and Sanz-Casado, Elias. “Evolução histórica de investigação em informetria: ponto de vista espanhol.”. *Liinc em Revista*, vol. 9, no. 1, maio 2013. revista.ibict.br, <https://doi.org/10.18617/liinc.v9i1.509>.
- Magalhães, Jorge Lima de, et al. “Competitive Intelligence in Health: An Analysis of the Big Data for Rescuing the Neglect of the Neglected Diseases on Last Century”. *World Journal of Nutrition and Health*, vol. 2, no. 3, out. 2014, p. 39–47. www.sci epub.com, <https://doi.org/10.12691/jnh-2-3-3>.
- Marques, Fabio Luiz Navarro; Okamoto, Miriam Roseli Yoshie, and Buchpiguel, Carlos Alberto. “Alguns aspectos sobre geradores e radiofármacos de tecnécio-99m e seus controles de qualidade”. *Radiologia Brasileira*, vol. 34, ago. 2001, p. 233–239. SciELO, <https://doi.org/10.1590/S0100-39842001000400011>.
- Marquesone, Rosangela. Big Data: Técnicas e Tecnologias Para Extração de Valor Dos Dados. Editora Casa do Código, 2016.
- Martino, Beniamino Di, et al. “Big Data (Lost) in the Cloud”. *International Journal of Big Data Intelligence*, vol. 1, no. 1/2, 2014, p. 3. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1504/IJBDI.2014.063840>.
- Mesquita, Rosa, et al. “Elaboração e aplicação de instrumentos para avaliação da base de dados Scopus”. *Perspectivas em Ciência da Informação*, vol. 11, agosto de 2006, p. 187–205. SciELO, <https://doi.org/10.1590/S1413-99362006000200004>.
- Mira, Bianca Savegnago de, et al. “Percurso editorial e a visibilidade das publicações científicas : um estudo de caso exploratório sobre o periódico Tchê Química”. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, vol. 20, abril de 2022, p. e022011–e022011. Brasil; Contemporary, periodicos.sbu.unicamp.br, <https://doi.org/10.20396/rdbci.v20i00.8668225>.
- Moreira, Paulo Sergio da Conceição; Guimarães, André José Ribeiro, and Tsunoda, Denise Fukumi. “Qual ferramenta bibliométrica escolher? um estudo comparativo entre softwares”. *P2P E INOVAÇÃO*, vol. 6, mar. 2020, p. 140–158. revista.ibict.br, <https://doi.org/10.21721/p2p.2020v6n2.p140-158>.
- NEA. The Supply of Medical Radioisotopes: 2018 Medical Isotope Demand and Capacity Projection for the 2018-2023 Period. 2018, https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_19862/the-supply-of-medical-radioisotopes-2018-medical-isotope-demand-and-capacity-projection-for-the-2018-2023-period?details=true.

- NEA. The Supply of Medical Radioisotopes: Results from the Third Self-Assessment of the Global Mo-99/Tc-99m Supply Chain. 2017, https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_19826/the-supply-of-medical-radioisotopes-results-from-the-third-self-assessment-of-the-global-mo-99/tc-99m-supply-chain?details=true.
- Oliveira, Ely Francina Tannuri de, e Maria Cláudia Cabrini Gracio. “Indicadores bibliométricos em ciência da informação: análise dos pesquisadores mais produtivos no tema estudos métricos na base Scopus”. *Perspectivas em Ciência da Informação*, vol. 16, dezembro de 2011, p. 16–28. SciELO, <https://doi.org/10.1590/S1413-99362011000400003>.
- Quevedo-Silva, Filipe, et al. “Estudo Bibliométrico: Orientações sobre sua Aplicação”. *ReMark - Revista Brasileira de Marketing*, vol. 15, no. 2, jun. 2016, p. 246–262. periodicos.uninove.br, <https://doi.org/10.5585/remark.v15i2.3274>.
- Quoniam, Luc, and Lucien, Arnaud. “L’intelligence économique 2.0 ?” *Les Cahiers du numérique*, vol. 5, no. 4, 2009, p. 11–37.
- Saha, Gopal. *Fundamentals of Nuclear Pharmacy*. 7o ed. Springer International Publishing, 2018. www.springer.com, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57580-3>.
- Silva, Gilda Olinto do Valle. “Métodos quantitativos em biblioteconomia e ciência da informação”. *Ciência da Informação*, vol. 16, no. 1, 1987. revista.ibict.br, <https://doi.org/10.18225/ci.inf..v16i1.281>.
- Soares, Patrícia Bourguignon, et al. “Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science”. *Ambiente Construído*, vol. 16, mar. 2016, p. 175–85.
- Tarapanoff, Kira. *Inteligência Organizacional e Competitiva*. UNB, 2006.
- van Eck, Nees Jan, and Ludo, Waltman. *VOSviewer Manual*. 2022.
- Zhu, Donghua, et al. “A Process for Mining Science & Technology Documents Databases, Illustrated for the Case of ‘Knowledge Discovery and Data Mining’”. *Ciência da Informação*, vol. 28, jan. 1999, p. 07–14.

Copyright: © 2024 CHAVES, Henrique Koch; SILVA, Julia Maria Brandão da; QUONIAM, Luc; MAGALHÃES, Jorge Lima de. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons CC Attribution-ShareAlike (CC BY-SA), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, under the identical terms, and provided the original author and source are credited.

Received: 01/07/2022

Accepted: 10/04/2024