

UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE REFORMA A VAPOR, GLICEROL E CATALISADOR BASEADA NA BASE SCOPUS

Carla Freitas de Andrade¹, Mona Lisa Moura de Oliveira²,
Francisco Olímpio Carneiro³, André Valente Bueno⁴, Fernanda Leite Lobo⁵,
Paulo Alexandre Costa Rocha⁶

Resumo: O processo de reforma a vapor de glicerol é investigado por meio de trabalhos científicos na área em questão, onde se fez uma busca na base Scopus considerando algumas palavras chave e posteriormente fez-se uma análise bibliométrica com relação ao banco de dados encontrados para analisar como está o andamento das pesquisas nesta área. Esse assunto é importante porque está relacionado com a descarbonização e transição energética. Assim, neste trabalho, é apresentada uma revisão dos recentes avanços e perspectivas nessa área.

Palavra-chave: Análise bibliométrica, bibliometria, reforma a vapor, glicerol, catalisador.

INTRODUÇÃO

A produção do hidrogênio através da decomposição da água é uma das formas mais limpas de produção do hidrogênio verde, uma vez que, a eletricidade necessária advém de uma fonte renovável de energia.

A análise bibliométrica realizada nesse estudo permite identificar tendências, padrões e lacunas na produção científica relacionada com reforma a vapor, glicerol e catalisador que podem ser estudados juntos com

1 Universidade Federal do Ceará. carla@ufc.br

2 Universidade Estadual do Ceará.

3 UNILAB.

4 Universidade Federal do Ceará.

5 Universidade Federal do Ceará.

6 Universidade Federal do Ceará.

a questão do hidrogênio. Nessa pesquisa, será possível fornecer informações relevantes nessa área. Alguns artigos, tais como (DONTHU et al., 2021a) e (ARIA; CUCCURULLO, 2017), foram utilizados para embasar a metodologia bibliométrica, observando as diferentes técnicas e orientações para realizar uma análise bibliométrica confiável. Por meio da análise dos dados, é possível compreender melhor a evolução da produção científica sobre o tema abordado, identificando as principais instituições e grupos envolvidos, entre outras informações relevantes. A partir desses resultados, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre o tema e para o desenvolvimento de tecnologias voltadas para o presente estudo e contribuir também em pesquisas nessa área.

METODOLOGIA

A extração de dados científicos para esse estudo foi realizada usando o banco de dados Scopus em junho de 2023, utilizando a metodologia sugerida por Donthu et al. (2021). O estudo visa mapear as tendências na área da reforma a vapor, glicerol e catalisador. A literatura foi pesquisada considerando todos os anos possíveis, usando as opções de pesquisa avançada “título, resumo e palavras-chave”. Para compilar os dados e fazer uma análise das informações, foi utilizada a ferramenta do Bibliometrix (<https://www.bibliometrix.org/>), um software livre escrito em linguagem R (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

O tipo de busca aplicado foi “pesquisa avançada”, e quando se procurou pelos termos, aplicando a lógica (“*syngas*” OR “*steam reforming*”) AND “*catalytic*” AND “*glycerol*” AND “*hydrogen*”, obteve-se 266 documentos, e aplicando os filtros para “artigo e revisão”, Língua Inglesa, estágio de publicação final, tipo de fonte Journal, ficou-se com apenas 197 documentos, que foram lidos pela ferramenta *Biblioshiny*, onde foram gerados gráficos e figuras que puderam ser analisados, sendo possível verificar os documentos com mais citações, as redes de cooperação, os centros que estão mais pesquisando sobre o assunto, dentre outros pontos.

O conjunto de documentos contém um total de 197 documentos, sendo 176 artigos e 21 trabalhos de revisão, distribuídos em 73 fontes e tendo a participação de 620 autores, tendo sido publicado entre 2006 e 2023. Assim, uma análise detalhada para avaliar a contribuição sobre os últimos desenvolvimentos, perspectivas futuras de pesquisa foi realizada usando esse conjunto de dados.

Considerando o contexto nacional, encontrou-se apenas 9 documentos, distribuídos em 6 fontes, tendo sido publicados entre 2009 e 2022, mostrando como o Brasil ainda precisa investir em publicações nessa área, e como somente depois de muito tempo que começou a pesquisar sobre o assunto.

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

As análises bibliométricas são especialidades científicas e um aspecto significativo da avaliação da pesquisa, especialmente nos setores científico e aplicado (LAENGLÉ et al., 2017). Este estudo bibliométrico utilizando a base de dados da Scopus foi realizado na segunda semana de junho de 2023, onde, após a utilização de filtros, chegou-se a 197 documentos, publicados desde 2006. Todos os artigos foram baseados em artigos de periódicos e 100% foram publicados em inglês.

Os resultados do estudo bibliométrico sobre reforma a vapor, glicerol, catalisador com ênfase no hidrogênio foram apresentados nas seções a seguir, indicando as áreas de pesquisa mais proeminentes, palavras-chave, afiliações, periódicos e países. Cada parte dos resultados foi discutida para revelar o progresso da pesquisa, tendências, atualizações e pontos críticos relacionados ao tema.

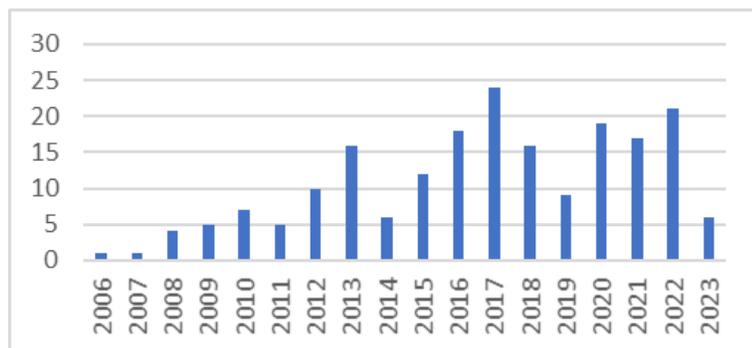
O número de citações em um campo é importante para categorizar e compreender as tendências atuais de pesquisa, além de indicar claramente o impacto de um periódico ou de uma publicação específica. Com isso, é possível fornecer dados transparentes sobre o campo mais significativo de trabalhos de pesquisa, bem como as tendências atuais de pesquisa em hidrogênio verde.

Contexto mundial

Tendência de publicação

A Figura 1 mostra a tendência da pesquisa e a evolução das publicações entre 2006 e 2023. No geral, o número de artigos produzidos a cada ano devido à triagem principal da base de dados escolhida aumentou, como pode ser visto na Figura 1, e claro, que à medida que o número de artigos aumenta, também aumenta o número de pesquisadores com interesses de pesquisa.

Figura 1 – Quantidade de artigos ao longo dos anos



O primeiro artigo publicado em 2006 foi dos autores (SWAMI; ABRAHAM, 2006), já teve 79 citações, e eles avaliaram vapor catalítico e reforma autotérmica de glicose, glicerol e efluentes industriais como base para o desenvolvimento de um processo para a produção de hidrogênio a partir de matérias-primas renováveis. Posteriormente, houve o trabalho de (ZHANG et al., 2007) com 381 citações na revista *“International Journal of Hydrogen Energy”* onde a produção de hidrogênio a partir das reações de reforma a vapor de etanol e glicerol foi estudada sobre catalisadores.

Dentre os trabalhos mais recentes, pode-se citar o trabalho de (WANG et al., 2023b), com 4 citações, que empregou um um modelo de catalisador para estudar o comportamento da estrutura e o mecanismo de reação para a produção de hidrogênio a partir da reforma a vapor do glicerol (GSR). O trabalho de (KHADEMI; ALIPOUR-DEHKORDI; NALCHIFARD, 2023) foi publicado na revista *“Renewable and Sustainable Energy Reviews”* e fala que embora o biodiesel possa servir como fonte alternativa ao óleo diesel fóssil, sua produção é cara, mas isso pode ser anulado pela conversão do glicerol, principal subproduto durante a síntese do biodiesel, em produtos valiosos como o hidrogênio, e a reforma catalítica a vapor do bioglicerol vem como uma tecnologias para atender a esse requisito. Já no artigo de (WANG et al., 2023a), a produção catalítica fototérmica de hidrogênio é considerada uma conversão efetiva de energia solar.

Documentos mais citados

A Tabela 1 mostra os 15 artigos mais citados, informando o nome do primeiro autor, a citação do trabalho, título do artigo, total de citações, a revista em que foi publicado, o ano de publicação e o país do primeiro autor.

Os 15 artigos mais citados, somam juntos, 2.973 citações, onde a revista que mais aparece nessa relação dos 15 artigos mais citados é a *“International Journal of Hydrogen Energy”*, tendo 4 publicações, seguida das revistas *“Renewable and Sustainable Energy Reviews”* e *“Bioresource Technology”* onde cada uma aparece com 2 publicações dos 15 artigos selecionados.

Tabela 1 – Os top 15 de artigos em número de citações considerando o período desde 2021.

Rank	Autor / Citação	título	TC	revista	ano	país
1	Baocai Zhang (ZHANG et al., 2007)	Hydrogen production from steam reforming of ethanol and glycerol over ceria-supported metal catalysts	381	International Journal of Hydrogen Energy	2007	China
2	Thiam Leng Chew (CHEW; BHATIA, 2008)	Catalytic processes towards the production of biofuels in a palm oil and oil palm biomass-based biorefinery	278	Bioresource Technology	2008	Malaysia

Rank	Autor / Citação	título	TC	revista	ano	país
3	Jin Xuan (XUAN et al., 2009)	A review of biomass-derived fuel processors for fuel cell systems	238	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2009	China
4	A. Iriondo (IRIONDO et al., 2008)	Hydrogen Production from Glycerol Over Nickel Catalysts Supported on Al ₂ O ₃ Modified by Mg, Zr, Ce or La	231	Top Catal	2008	Espanha
5	Yu-Chuan Lin (LIN, 2013)	Catalytic valorization of glycerol to hydrogen and syngas	212	International Journal of Hydrogen Energy	2013	Taiwan
6	Binlin Dou (DOU et al., 2014)	Hydrogen production from catalytic steam reforming of biodiesel byproduct glycerol: Issues and challenges	189	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2014	China
7	A. Iriondo (IRIONDO et al., 2010)	Glycerol steam reforming over Ni catalysts supported on ceria and ceria-promoted alumina	187	International Journal of Hydrogen Energy	2010	Espanha
8	Luciene P.R. Profeti (PROFETI; TICIANELLI; ASSAF, 2009)	Production of hydrogen via steam reforming of biofuels on Ni/CeO ₂ -Al ₂ O ₃ catalysts promoted by noble metals	178	International Journal of Hydrogen Energy	2009	Brazil
9	Valentina Nichele (NICHELE et al., 2012)	Glycerol steam reforming for hydrogen production: Design of Ni supported catalysts	167	Applied Catalysis B: Environmental	2012	Italy
10	Chun Hui Zhou (ZHOU et al., 2013)	Recent Advances in Catalytic Conversion of Glycerol	166	Catalysis Reviews	2013	China
11	Binlin Dou (DOU et al., 2009)	Hydrogen production by sorption-enhanced steam reforming of glycerol	163	Bioresource Technology	2009	UK
12	Kiriakos N. Papageridis (PAPAGERIDIS et al., 2016)	Comparative study of Ni, Co, Cu supported on γ -alumina catalysts for hydrogen production via the glycerol steam reforming reaction	162	Fuel Processing Technology	2016	Greece
13	Gaowei Wu (WU et al., 2013)	Hydrogen Production via Glycerol Steam Reforming over Ni/Al ₂ O ₃ : Influence of Nickel Precursors	160	ACS Sustainable Chem. Eng.	2013	China
14	A. Iriondo (IRIONDO et al., 2009)	Influence of La ₂ O ₃ modified support and Ni and Pt active phases on glycerol steam reforming to produce hydrogen	131	Catalysis Communications	2009	Espanha
15	Y. Fernández (FERNÁNDEZ et al., 2009)	Pyrolysis of glycerol over activated carbons for syngas production	130	Journal of Analytical and Applied Pyrolysis	2009	Espanha

Fonte: Base *Scopus*, ferramenta Bibliometrix, Junho 2023

Note: O nome e país listado nessa tabela corresponde ao primeiro autor de cada artigo

Inúmeros fatores contribuem para o rápido crescimento que vem ocorrendo em relação a quantidade de publicações na área. Em primeiro lugar, à medida que a energia verde avança, as pessoas percebem que o hidrogênio é um potencial portador de energia para descarbonizar indústrias, incluindo produção, manufatura e transporte de eletricidade e com isso vem a necessidade

de pesquisar e estudar tudo que possa contribuir para essa mudança, como a reforma a vapor, glicerol e catalisador que podem fazer parte do processo.

Dentre os trabalhos com mais citação, tem-se o trabalho de (ZHANG et al., 2007) com 371 citações que estudou a produção de hidrogênio a partir das reações de reforma a vapor de etanol e glicerol sobre catalisadores. Já (CHEW; BHATIA, 2008) enfocam em diferentes tipos de catalisadores e seu papel nos processos catalíticos para a produção de biocombustíveis em uma típica biorrefinaria baseada em óleo de palma e biomassa de óleo de palma. Os autores (XUAN et al., 2009) fornecem uma revisão das tecnologias de processamento de combustível derivado de biomassa de várias perspectivas, incluindo a matéria-prima, mecanismos de reforma, catalisadores e configurações do processador. No trabalho de (IRIONDO et al., 2008) foi estudado a produção de hidrogênio a partir da reforma do glicerol nas fases líquida (reforma em fase aquosa, APR) e vapor (reforma a vapor SR).

Conforme (LIN, 2013), o glicerol, um subproduto derivado da produção de biodiesel, está atualmente em uma crise de excesso de oferta em todo o mundo e uma alternativa é transformar o glicerol em produtos químicos valiosos, como hidrogênio e gás de síntese, para isso, pirólise, reforma a vapor, oxidação parcial, reforma autotérmica e reforma em fase aquosa são rotas promissoras para a conversão catalítica do glicerol. Em (DOU et al., 2014) é realizada uma revisão para analisar tecnologias potenciais e seu desempenho básico de produção de hidrogênio a partir da reforma catalítica a vapor do glicerol, subproduto do biodiesel. (IRIONDO et al., 2010) estudaram a reforma a vapor do glicerol sobre catalisadores para produzir H₂. E (PROFETI; TICIANELLI; ASSAF, 2009) investigaram a atividade catalítica de catalisadores modificados para a reforma a vapor de etanol e glicerol. No trabalho de (NICHELE et al., 2012) foi estudada a atividade de catalisadores de Ni na produção de hidrogênio pela reforma a vapor do glicerol.

Desempenho da revista

Um total de 73 fontes tem publicações sobre o assunto abordado nesse trabalho que é reforma a vapor, glicerol, catalisador e hidrogênio, obtendo uma média de 6,25 documentos por ano.

A Tabela 2 mostra uma lista dos quinze melhores periódicos para publicar um tópico sobre esse assunto, isto é, as revistas científicas com mais destaque, de acordo com o número de publicações na área pesquisada.

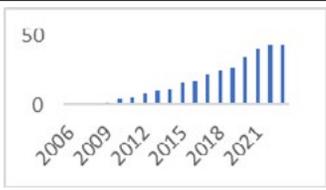
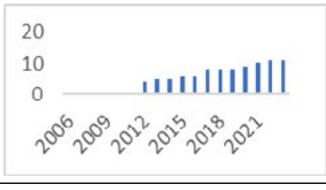
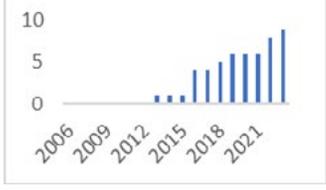
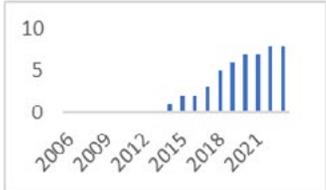
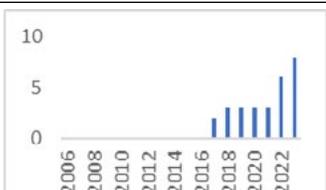
Fazendo uma análise quantitativa das publicações desses 15 periódicos, observa-se que eles concentram um total de 127 documentos, mais de 64% do total de publicações identificadas.

Um total de 44 documentos, que corresponde a 22,7% do total de artigos publicados considerando esse conjunto de dados, foi publicado na Revista *"International Journal of Hydrogen Energy"*. Apesar do destaque no total de

publicações, isto é, tendo a maior frequência de publicação, o periódico não possui atualmente o maior fator de impacto na lista dos 15 principais periódicos, 7,139, onde o fator de impacto de um determinado ano depende, por exemplo, do número de citações nos últimos anos. Posteriormente, aparece em segundo lugar na frequência de publicação a revista “*Applied Catalysis B: Environmental*”, com 11 documentos (5,6%), sendo a revista que tem maior fator de impacto, de 24,319.

Quanto a citação, o periódico que recebeu mais citação foi novamente a Revista “*International Journal Of Hydrogen Energy*”, liderando com 2306 citações.

Tabela 2 – As revistas que mais têm publicação nesse conjunto de dados analisados.

Rank	Sources	TP	h_index	TC	PY_start	Fator de impacto (IF)	EVOLUÇÃO
1	INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY	44	24	2306	2007	7,139	
2	APPLIED CATALYSIS B: ENVIRONMENTAL	11	11	594	2012	24,319	
3	FUEL PROCESSING TECHNOLOGY	9	6	398	2013	8,129	
4	CATALYSIS TODAY	8	7	274	2014	6,562	
5	FUEL	8	6	118	2017	8,035	

Rank	Sources	TP	h_index	TC	PY_start	Fator de impacto (IF)	EVOLUÇÃO
6	APPLIED CATALYSIS A: GENERAL	7	7	347	2010	5,723	
7	CATALYSTS	7	6	135	2017	4,501	
8	RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	6	5	624	2009	16,799	
9	CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	5	5	252	2013	16,744	
10	RENEWABLE ENERGY	5	5	120	2014	8,634	
11	ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT	4	4	149	2017	11,533	
12	TOPICS IN CATALYSIS	4	4	437	2008	2,781	

Rank	Sources	TP	h_index	TC	PY_start	Fator de impacto (IF)	EVOLUÇÃO
13	BIORESOURCE TECHNOLOGY	3	3	478	2008	11,889	
14	CATALYSIS LETTERS	3	3	47	2014	2,936	
15	ENERGY AND FUELS	3	3	104	2006	4,654	

Fonte: Base *Scopus*, ferramenta Bibliometrix, Junho 2023

Nota: TPs = Total de Publicações; Pr(%) = Proporção; TC = Total de Citações; IF = Fator de Impacto em 2023; AC = Média Citação = TC/TPs;

Analisando a Tabela 2, percebe-se que a revista que primeiro publicou considerando esse conjunto de documentos pesquisados, foi a revista *“Energy and Fuels”*, em 2006. E a maioria das revistas listadas tem publicação relacionadas ao tema em 2023, mostrando como o tema despertou interesse da comunidade científica.

Dentre os artigos da revista *“International Journal of Hydrogen Energy”* que é a que tem maior quantidade de publicações e maior quantidade de citações, pode-se citar, além dos trabalhos já referenciados anteriormente como os de maior citação, o trabalho de (SÁNCHEZ; D’ANGELO; COMELLI, 2010) que aborda sobre a crescente demanda de hidrogênio que precisa de fontes renováveis de matérias-primas para produzi-lo, e o glicerol, subproduto da síntese do biodiesel, pode ser um substrato biorrenovável para obtenção desse hidrogênio. Em (WANG et al., 2013), os autores avaliaram experimentalmente a produção de H₂ a partir da reforma a vapor do glicerol por catalisadores em um reator de leito fixo de fluxo contínuo sob pressão atmosférica dentro de uma faixa de temperatura de 450 a 650 °C. Já em (CHARISIOU et al., 2017) foi feito um estudo comparativo de catalisadores para a reação de reforma a vapor de glicerol (GSR).

Dentre as publicações de 2023, pode-se citar (KHANI et al., 2023) que avaliaram a produção de hidrogênio por reforma a vapor do glicerol (GSR) e reforma a seco (GDR) sob diferentes catalisadores sintetizados.

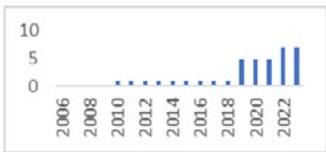
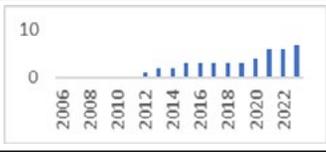
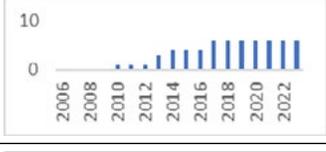
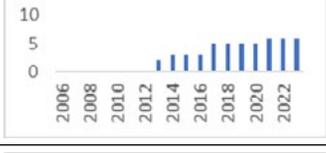
Dentre as publicações da “*Applied Catalysis B: Environmental*” que tem maior fator, pode-se citar os trabalhos de (ALI ZADEH SAHRAEI et al., 2017) que teve 70 citações e investiga o potencial catalítico de um resíduo metalúrgico. No trabalho de (GALLO et al., 2012), que teve 64 citações, os autores testaram catalisadores com baixo teor de metal ativo (0,6% em peso), obtidos a partir de sais inorgânicos simples, na reforma a vapor (SR) de glicerol a misturas ricas em hidrogênio. E no artigo de (ARAQUE et al., 2012), com 53 citações, é estudada a produção de hidrogênio pela reforma a vapor do glicerol usando um tipo decatalisador.

Desempenho das instituições

Com relação ao desempenho das instituições, as 10 instituições mais produtivas, ou seja, que mais desenvolveram artigos na área considerada, estão listadas na Tabela 3, juntamente com a quantidade de artigos ligados a elas, o país ou região onde estão localizadas, a evolução das publicações para cada instituição considerada, e o ano da primeira publicação.

Tabela 3 – As 10 instituições que mais tem trabalhos na área e onde se localizam.

RANK	INSTITUIÇÕES	ARTIGOS	PAIS / REGIÃO	ANO DA 1ª PUBLICAÇÃO	EVOLUÇÃO ACUMULADA
1	UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG	17	Malaysia	2013	
2	KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	15	China	2021	
3	KHALIFA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	12	Abu Dhabi	2018	
4	CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY	8	Coreia do Sul	2013	

RANK	INSTITUIÇÕES	ARTIGOS	PAIS / REGIÃO	ANO DA 1ª PUBLICAÇÃO	EVOLUÇÃO ACUMULADA
5	UNIVERSITY OF PORTO	7	Portugal	2010	
6	UNIVERSITY OF SEOUL	7	Coreia do Sul	2012	
7	DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	6	China	2010	
8	INSTITUTE OF ENGINEERING THERMOPHYSICS	6	China	2013	
9	SICHUAN UNIVERSITY	6	China	2018	
10	UNIVERSITY OF PATRAS	6	Grécia	2016	

Pela Tabela 3, percebe, que entre as 10 instituições com mais publicações, tem-se 4 localizadas na China, que ocupam a 2ª, 7ª, 8ª e 9ª colocação e 2 na Coreia do Sul, ocupando a 4ª e 6ª colocação.

A “Universiti Malaysia Pahang”, na Malásia lidera com 17 artigos e teve sua primeira publicação em 2013, já a “Kunming University of Science and Technology”, da China, está em segundo lugar com 15 publicações e só teve sua primeira publicação em 2021.

Considerando um total de 197 documentos analisados, as instituições chinesas que estão entre as 10 com mais publicação, somam, ao todo, um total de 27 documentos que corresponde a uma percentagem de aproximadamente 14%.

Dentre artigos dessas instituições, pode-se, considerando a instituição “Universiti Malaysia Pahang”, citar o trabalho (ROSLAN et al., 2020), com 76

citações, publicado na revista *“International Journal of Hydrogen Energy”*. O trabalho de (SIEW et al., 2014), com 60 citações, publicado também na revista *“International Journal of Hydrogen Energy”*. Já (ROSLAN et al., 2022), que teve seu trabalho publicado na revista *“Fuel”*, teve 14 citações. E mais recentemente, (ABDULLAH; AINIRAZALI; SETIABUDI, 2022) publicaram na revista *“Chemical Engineering Research and Design”*.

Já dentre os artigos relacionados com a *“Kunming University of Science and Technology”*, tem-se os trabalhos (WANG et al., 2022a), com 9 citações, publicado no *“Journal ChemCatChem”*, o (WANG et al., 2022b) com 7 citações, publicado na revista *“Fuel”*, o artigo (WANG et al., 2023b), com 4 citações e também publicado na revista *“Fuel”*, e o documento mais recente, (WANG et al., 2023c), publicado na revista *“Fuel Processing Technology”*.

Quantidade de artigos por países

O mapeamento da rede de países e territórios, juntamente com suas publicações e análises de citações, são exibidos na Tabela 4. A Tabela 4 mostra a quantidade de documentos por países levando em conta não somente os autores correspondentes, mas qualquer autor que esteja na publicação. A porcentagem foi calculada através da relação entre a quantidade de documentos de cada país e a quantidade total de 197 documentos.

Tabela 4 – Quantidade de artigos por países e a quantidade de citações dos países.

	Região	Quantidade de documentos	Porcentagem (%)	Total de Citações	Average Article Citations
1	CHINA	88	44,67	1978	48,24
2	SPAIN	41	20,81	1217	67,61
3	MALAYSIA	38	19,29	594	45,69
4	ITALY	31	15,74	639	91,29
5	SOUTH KOREA	28	14,21	141	14,10
6	GREECE	25	12,69	668	55,67
7	IRAN	23	11,68	132	12,00
8	INDIA	20	10,15	334	27,83
9	CANADA	16	8,12	350	29,17
10	UK	16	8,12	331	55,17
11	ARGENTINA	12	6,09	257	51,40
12	BRAZIL	12	6,09	313	44,71
13	USA	9	4,57	146	36,50
14	PORTUGAL	8	4,06	71	17,75
15	FRANCE	7	3,55	125	41,67

Para o presente estudo, os dados concluíram o número máximo de pesquisas em artigos de autores da China (88 artigos) tendo participado de quase 45% dos artigos publicados na área, seguido da Espanha (41 artigos), Malásia (38 artigos) e Itália (31 artigos). A china supera os outros países tanto na participação em artigos quanto na quantidade de citações, sendo seguido da Espanha. A Grécia aparece em 3º lugar na quantidade de citações.

Contexto Nacional

Para se considerar apenas o cenário local, fez-se novamente a busca na Scopus, filtrando também para país/território e considerando apenas o Brasil, e foram encontrados apenas 9 documentos, cujas informações principais estão na Tabela 5.

Tabela 5 – Relações dos 9 artigos com autor ligado a instituição brasileira

TÍTULO DO ARTIGO / CITAÇÃO	ANO	TOTAL CITAÇÕES	AUTOR PRINCIPAL	INSTITUIÇÃO DO 1º AUTOR	REVISTA PUBLICADA
Production of hydrogen via steam reforming of biofuels on Ni/CeO ₂ -Al ₂ O ₃ catalysts promoted by noble metals (PROFETI; TICIANELLI; ASSAF, 2009)	2009	178	Profeti, Luciene P.R.	Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos	International Journal of Hydrogen Energy
Efficient hydrogen production from ethanol and glycerol by vapour-phase reforming processes with new cobalt-based catalysts (PEREIRA; RAMÍREZ DE LA PISCINA; HOMS, 2011)	2011	37	Pereira, Evandro Brum	Instituto de Química, Dpto. Físico-Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)	Bioresource Technology
Hydrogen production from glycerol steam reforming over nickel catalysts supported on alumina and niobia: Deactivation process, effect of reaction conditions and kinetic modeling (MENEZES; MANFRO; SOUZA, 2018)	2018	35	Menezes, João Paulo da S.Q.	Escola de Química- Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	International Journal of Hydrogen Energy
Influence of MgO content as an additive on the performance of Ni/MgO-SiO ₂ catalysts for the steam reforming of glycerol (THYSSEN; GEORGETTI; ASSAF, 2017)	2017	31	Thyssen, Vivian Vazquez	Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo	International Journal of Hydrogen Energy
Hydrogen production utilizing glycerol from renewable feedstocks - The case of Brazil (DE SOUZA; SILVEIRA, 2011)	2011	26	De Souza, Antonio Carlos Caetano	Federal University of Grande Dourados, College of Engineering, Dourados, Mato Grosso do Sul	Renewable and Sustainable Energy Reviews

TÍTULO DO ARTIGO / CITAÇÃO	ANO	TOTAL CITAÇÕES	AUTOR PRINCIPAL	INSTITUIÇÃO DO 1º AUTOR	REVISTA PUBLICADA
Production of renewable hydrogen by glycerol steam reforming using Ni-Cu-Mg-Al mixed oxides obtained from hydrotalcite-like compounds (MANFRO; SOUZA, 2014)	2014	21	Manfro, Robinson L.	Escola de Química, Universidade Federal Do Rio de Janeiro - UFRJ	Catalysis Letters
Effect of CaO Addition on Nickel Catalysts Supported on Alumina for Glycerol Steam Reforming (MENEZES et al., 2019)	2019	12	Menezes, João Paulo da S. Q.	Centro de Tecnologia, Escola de Química- Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	Catalysis Letters
VOx-Pt/Al ₂ O ₃ catalysts for hydrogen production (KOKUMAI et al., 2017)	2017	10	Kokumai, Tathiana M.	Institute of Chemistry, University of Campinas (UNICAMP)	Catalysis Today
Screening of Nickel and Platinum Catalysts for Glycerol Conversion to Gas Products in Hydrothermal Media (ALVES; ONWUDILI, 2022)	2022	0	Alves, Carine T.	Energy Engineering Department, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia	Energies

Analisando a Tabela 5, observa-se que a revista que mais recebeu artigos com pesquisadores vinculados a instituições brasileiras foi a revista “*International Journal of Hydrogen Energy*”, que teve 3 trabalhos publicados, seguida da revista “*Catalysis Letters*” com 2 publicações. Importante salientar que para o contexto nacional obteve-se somente 9 documentos que estão todos relacionados na Tabela 5.

Já a instituição que mais teve trabalho na área, considerando somente a instituição vinculada ao primeiro autor, foi a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) com 3 trabalhos, seguida da Universidade de São Paulo com 2 trabalhos.

Essa pequena quantidade de trabalhos vinculados a instituições brasileiras mostra como o Brasil ainda precisa pesquisar esse campo, principalmente agora onde está se falando tanto de hidrogênio verde e esse assunto está diretamente ligado a essa questão, pois o Brasil concentra apenas 4,57% das publicações desse conjunto de documentos analisados, mostrando que ainda precisa avançar muito nesse campo, principalmente por ser um país com um grande potencial renovável para a produção do hidrogênio.

Considerações Finais

O presente trabalho mostrou a evolução no tema considerando o contexto mundial e nacional, mostrando quais as instituições que mais estão pesquisando o assunto, em que país tem mais publicações relacionadas, as

revistas que mais publicam na área e, conseqüentemente, as lacunas existentes relacionadas ao tema em questão.

Com relação aos artigos mais citados, os 15 mais citados somam juntos, 2.973 citações, onde a revista que mais aparece nessa relação dos 15 artigos mais citados, conforme a Tabela 1, é a “*International Journal of Hydrogen Energy*”, tendo 4 publicações, seguida das revistas “*Renewable and Sustainable Energy Reviews*” e “*Bioresource Technology*” onde cada uma aparece com 2 publicações dos 15 artigos selecionados.

Já o periódico que mais recebeu citação, foi a Revista “*International Journal Of Hydrogen Energy*”, liderando com 2306 citações. E a revista que primeiro publicou considerando esse conjunto de documentos pesquisados, foi a revista “*Energy and Fuels*”, em 2006.

A “*Universiti Malaysia Pahang*”, na Malásia liderou a pesquisa com 17 artigos e teve sua primeira publicação em 2013, já a “*Kunming University of Science and Technology*”, da China, ficou em segundo lugar com 15 publicações e só teve sua primeira publicação em 2021.

Para o presente estudo, os dados concluíram o número máximo de pesquisas em artigos de autores da China (88 artigos) tendo participado de 50% dos artigos publicados na área, seguido da Espanha (41 artigos), Malásia (38 artigos) e Itália (31 artigos). A China supera os outros países tanto na participação em artigos quanto na quantidade de citações, sendo seguido da Espanha. A Grécia aparece em 3º lugar na quantidade de citações.

Mostrou, também, como o Brasil ainda precisa investir em pesquisa nessa área pois a quantidade de trabalhos encontrados é muito pequena.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, N.; AINIRAZALI, N.; SETIABUDI, H. D. Recent development in catalyst and reactor design for CO₂ reforming of alcohols to syngas: A review. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 178, p. 438–453, 2022.

ALI ZADEH SAHRAEI, O. et al. Hydrogen production by glycerol steam reforming catalyzed by Ni-promoted Fe/Mg-bearing metallurgical wastes. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 219, p. 183–193, 2017.

ALVES, C. T.; ONWUDILI, J. A. Screening of Nickel and Platinum Catalysts for Glycerol Conversion to Gas Products in Hydrothermal Media. **Energies**, v. 15, n. 20, 2022.

ARAQUE, M. et al. Effect of the active metals on the selective H₂ production in glycerol steam reforming. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 125, p. 556–566, 2012.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, nov. 2017.

CHARISIOU, N. D. et al. Hydrogen production via the glycerol steam reforming reaction over nickel supported on alumina and lanthana-alumina catalysts. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 18, p. 13039–13060, 2017.

CHEW, T. L.; BHATIA, S. Catalytic processes towards the production of biofuels in a palm oil and oil palm biomass-based biorefinery. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 17, p. 7911–7922, 2008.

DE SOUZA, A. C. C.; SILVEIRA, J. L. Hydrogen production utilizing glycerol from renewable feedstocks - The case of Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 4, p. 1835–1850, 2011.

DONTHU, N. et al. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285–296, set. 2021a.

DONTHU, N. et al. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285–296, set. 2021b.

DOU, B. et al. Hydrogen production by sorption-enhanced steam reforming of glycerol. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 14, p. 3540–3547, 2009.

DOU, B. et al. Hydrogen production from catalytic steam reforming of biodiesel byproduct glycerol: Issues and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 950–960, 2014.

FERNÁNDEZ, Y. et al. Pyrolysis of glycerol over activated carbons for syngas production. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 84, n. 2, p. 145–150, 2009.

GALLO, A. et al. Influence of reaction parameters on the activity of ruthenium based catalysts for glycerol steam reforming. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 121–122, p. 40–49, 2012.

IRIONDO, A. et al. Hydrogen production from glycerol over nickel catalysts supported on Al₂O₃ modified by Mg, Zr, Ce or La. **Topics in Catalysis**, v. 49, n. 1–2, p. 46–58, 2008.

IRIONDO, A. et al. Influence of La₂O₃ modified support and Ni and Pt active phases on glycerol steam reforming to produce hydrogen. **Catalysis Communications**, v. 10, n. 8, p. 1275–1278, 2009.

IRIONDO, A. et al. Glycerol steam reforming over Ni catalysts supported on ceria and ceria-promoted alumina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, n. 20, p. 11622–11633, 2010.

KHADEMI, M. H.; ALIPOUR-DEHKORDI, A.; NALCHIFARD, F. Sustainable hydrogen and syngas production from waste valorization of biodiesel synthesis by-

product: Green chemistry approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 175, 2023.

KHANI, Y. et al. MA₂O₄ (M: Mg, Ni, and Co) as unique support for Ni active metal to form a catalyst for renewable biohydrogen and syngas production from glycerol reforming over a microchannel reactor. **Fuel**, v. 332, 2023.

KOKUMAI, T. M. et al. VO_x-Pt/Al₂O₃ catalysts for hydrogen production. **Catalysis Today**, v. 289, p. 249–257, 2017.

LAENGLE, S. et al. Forty years of the European Journal of Operational Research: A bibliometric overview. **European Journal of Operational Research**, v. 262, n. 3, p. 803–816, nov. 2017.

LIN, Y.-C. Catalytic valorization of glycerol to hydrogen and syngas. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, n. 6, p. 2678–2700, 2013.

MANFRO, R. L.; SOUZA, M. M. V. M. Production of renewable hydrogen by glycerol steam reforming using Ni-Cu-Mg-Al mixed oxides obtained from hydrotalcite-like compounds. **Catalysis Letters**, v. 144, n. 5, p. 867–877, 2014.

MENEZES, J. P. D. S. Q.; MANFRO, R. L.; SOUZA, M. M. V. M. Hydrogen production from glycerol steam reforming over nickel catalysts supported on alumina and niobia: Deactivation process, effect of reaction conditions and kinetic modeling. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 43, n. 32, p. 15064–15082, 2018.

MENEZES, J. P. S. Q. et al. Effect of CaO Addition on Nickel Catalysts Supported on Alumina for Glycerol Steam Reforming. **Catalysis Letters**, v. 149, n. 7, p. 1991–2003, 2019.

NICHELE, V. et al. Glycerol steam reforming for hydrogen production: Design of Ni supported catalysts. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 111–112, p. 225–232, 2012.

PAPAGERIDIS, K. N. et al. Comparative study of Ni, Co, Cu supported on α -alumina catalysts for hydrogen production via the glycerol steam reforming reaction. **Fuel Processing Technology**, v. 152, p. 156–175, 2016.

PEREIRA, E. B.; RAMÍREZ DE LA PISCINA, P.; HOMS, N. Efficient hydrogen production from ethanol and glycerol by vapour-phase reforming processes with new cobalt-based catalysts. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 3, p. 3419–3423, 2011.

PROFETI, L. P. R.; TICIANELLI, E. A.; ASSAF, E. M. Production of hydrogen via steam reforming of biofuels on Ni/CeO₂-Al₂O₃ catalysts promoted by noble metals. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 34, n. 12, p. 5049–5060, 2009.

ROSLAN, N. A. et al. A review on glycerol reforming processes over Ni-based catalyst for hydrogen and syngas productions. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 36, p. 18466–18489, 2020.

ROSLAN, N. A. et al. Enhanced syngas production from glycerol dry reforming over Ru promoted -Ni catalyst supported on extracted Al₂O₃. **Fuel**, v. 314, 2022.

SÁNCHEZ, E. A.; D'ANGELO, M. A.; COMELLI, R. A. Hydrogen production from glycerol on Ni/Al₂O₃ catalyst. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, n. 11, p. 5902–5907, 2010.

SIEW, K. W. et al. Production of CO-rich hydrogen gas from glycerol dry reforming over La-promoted Ni/Al₂O₃ catalyst. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 39, n. 13, p. 6927–6936, 2014.

SWAMI, S. M.; ABRAHAM, M. A. Integrated catalytic process for conversion of biomass to hydrogen. **Energy and Fuels**, v. 20, n. 6, p. 2616–2622, 2006.

THYSSEN, V. V.; GEORGETTI, F.; ASSAF, E. M. Influence of MgO content as an additive on the performance of Ni/MgO–SiO₂ catalysts for the steam reforming of glycerol. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 27, p. 16979–16990, 2017.

WANG, C. et al. Renewable hydrogen production from steam reforming of glycerol by Ni-Cu-Al, Ni-Cu-Mg, Ni-Mg catalysts. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, n. 9, p. 3562–3571, 2013.

WANG, C. et al. Broad-spectrum solar conversion towards photothermal catalytic reforming hydrogen production with in-situ thermal regulation over core-shell nanocomposites. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 256, 2023a.

WANG, Y. et al. Tuning Metal-Support Interaction and Surface Acidic Sites of Ni/Al₂O₃ by Dopamine Modification for Glycerol Steam Reforming. **ChemCatChem**, v. 14, n. 1, 2022a.

WANG, Y. et al. Boosting hydrogen production from steam reforming of glycerol via constructing moderate metal-support interaction in Ni@Al₂O₃ catalyst. **Fuel**, v. 324, 2022b.

WANG, Y. et al. Insight into the effect of CeO₂ morphology on catalytic performance for steam reforming of glycerol. **Fuel**, v. 334, 2023b.

WANG, Y. et al. Novel nanowire self-assembled hierarchical CeO₂ microspheres loaded with nickel-based catalysts for hydrogen production from steam reforming of glycerol. **Fuel Processing Technology**, v. 243, 2023c.

WU, G. et al. Hydrogen production via glycerol steam reforming over Ni/Al₂O₃: Influence of nickel precursors. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, v. 1, n. 8, p. 1052–1062, 2013.

XUAN, J. et al. A review of biomass-derived fuel processors for fuel cell systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 6–7, p. 1301–1313, 2009.

ZHANG, B. et al. Hydrogen production from steam reforming of ethanol and glycerol over ceria-supported metal catalysts. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 32, n. 13, p. 2367–2373, 2007.

ZHOU, C. H. et al. Recent advances in catalytic conversion of glycerol. **Catalysis Reviews - Science and Engineering**, v. 55, n. 4, p. 369–453, 2013.