PANORAMA CIENCIOMÉTRICO DA DETERMINAÇÃO TERMOMÉTRICA DO NÚMERO DE ACIDEZ TOTAL EM PETRÓLEOS

Vinícius Ferraz Soffiett, Lucimara Ribeiro Venial, Flaviane Mendonça Ambrozim, Poliany de Oliveira Barbosa, Heitor Barbieiri do Nascimento, Maristela de Araújo Vicente, Maria de Fátima Pereira dos Santos

[1]Universidade Federal do Espírito Santo/Engenharia de Petróleo, Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo - 29932-540 - São Mateus-ES, Brasil, vinicius.soffiett@email.com

Resumo
A determinação do número de acidez total (NAT) em petróleos é essencial, pois a presença de compostos ácidos está relacionada a problemas de corrosão e incrustações. O presente trabalho teve como objetivo analisar a produção científica mundial relacionada à determinação do número de acidez total (TAN) em petróleos, com atenção às abordagens titulométricas termométricas. A análise considerou 49 documentos recuperados nas bases Web of Science e Scopus, publicados entre 2021 e 2025. Foram avaliados indicadores de produtividade autoral, impacto local, distribuição geográfica das citações e estrutura temática do campo. Os resultados evidenciaram diferenças entre produtividade e impacto dos autores, com destaque para pesquisadores que apresentaram maior índice h local no corpus analisado. O Brasil apresentou o maior número de citações entre os países representados na amostra documental. O mapa temático indicou que "*total acid number*", "*naphthenic acids*" e "*corrosion*" constituem temas centrais e bem desenvolvidos. A partir das métricas analisadas, concluiu-se que a determinação da acidez em petróleos permanece associada a questões analíticas e operacionais relevantes, com forte articulação entre TAN e corrosão. Os resultados devem ser interpretados no limite do corpus e da estratégia de busca adotados.
Palavras-chave: Número de acidez total. Petróleo bruto. Titulação termométrica. ASTM D8045. Análise bibliométrica.

Área do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra – Química

Introdução

A determinação do número de acidez total (TAN) constitui um parâmetro relevante na caracterização de petróleos e derivados, especialmente por sua relação com a presença de espécies ácidas e com fenômenos de corrosão em etapas de processamento e refino (Barros *et al*., 2022; Negris *et al*., 2024). A complexidade e ampla variabilidade composicional dessas matrizes exige métodos analíticos adequados e estratégias de monitoramento capazes de fornecer resultados confiáveis para o controle de qualidade e a tomada de decisão operacional.

Nesse contexto, diferentes metodologias são empregadas para a determinação da acidez, sendo a técnica potenciométrica a mais empregada. No entanto, a titulação termométrica insere-se nesse cenário, principalmente por meio da a norma ASTM D8045, como uma alternativa para essa determinação. Esse método se baseia na variação de temperatura durante a titulação, cujo ponto final é detectado pela inflexão térmica, verificada por um sensor de temperatura, o que oferece maior robustez para a análise em relação aos métodos potenciométricos (Ambrozim *et al.*, 2025; Decote *et al*., 2022).

Paralelamente, a análise cienciométrica e o mapeamento bibliométrico permitem quantificar a produção acadêmica, identificar atores de maior destaque e compreender a organização conceitual de um campo de pesquisa (Hassan; Duarte, 2024).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise bibliométrica da produção científica mundial relacionada à determinação de acidez em petróleos, com atenção à titulação termométrica, no período de 2021 a 2025. Buscou-se identificar os autores mais produtivos, avaliar o impacto local dos pesquisadores, examinar a distribuição geográfica das citações e caracterizar os principais temas do campo.

Metodologia

A análise cienciométrica foi conduzida para mapear a produção científica relacionada à determinação de acidez em petróleos. As buscas foram realizadas nas bases Web of Science Core Collection (WoS) e Scopus, considerando publicações entre 2021 e 2025, a fim de avaliar as publicações no período pós-pandemia. A estratégia de busca combinou termos associados ao petróleo bruto, à titulação termométrica e ao número de acidez total, utilizando como expressão principal de busca: ("crude oil") AND (("thermometric titration" OR thermomet* OR "method") AND "Total Acid Number"), com adequação da sintaxe às especificidades de cada base. As buscas se concentraram em trabalhos cujas palavras-chave estivessem no título, no resumo ou nas palavras-chave do trabalho.

Os registros recuperados foram exportados com seus metadados bibliográficos e integrados no ambiente R, por meio do RStudio (Posit Team, 2025). Após a integração das bases, realizou-se o pré-processamento dos dados, com identificação e remoção de registros duplicados.

As análises bibliométricas foram conduzidas com o pacote *Bibliometrix,* e as representações gráficas foram geradas por meio da interface *Biblioshiny* (Aria; Cuccurullo, 2017). No conjunto de documentos, foram avaliados a produtividade dos autores, o impacto local por meio do índice h, a distribuição das citações por país e a estrutura conceitual do campo. Esta última foi examinada a partir da coocorrência de palavras-chave e representada em mapa temático organizado segundo centralidade e densidade.

Resultados

O procedimento de buscas e de remoção de documentos duplicados resultou em um conjunto consolidado de 49 documentos únicos, sendo 36 artigos científicos e 11 trabalhos publicados em anais de congressos, distribuídos em 37 fontes.

A análise da produtividade científica permitiu identificar os pesquisadores com maior número de documentos no conjunto recuperado, conforme pode ser observado na Figura 1. Shohami N apresentou o maior número de publicações no corpus, com oito documentos. Halm A, Harun N e Shukri N apresentaram cinco publicações cada, enquanto Abdullah N, Flores E, Li J e Vicente M apresentaram quatro, e Daud S e Decote P, três. Essa métrica expressa produtividade no conjunto documental analisado e não deve ser interpretada, isoladamente, como medida de impacto científico.

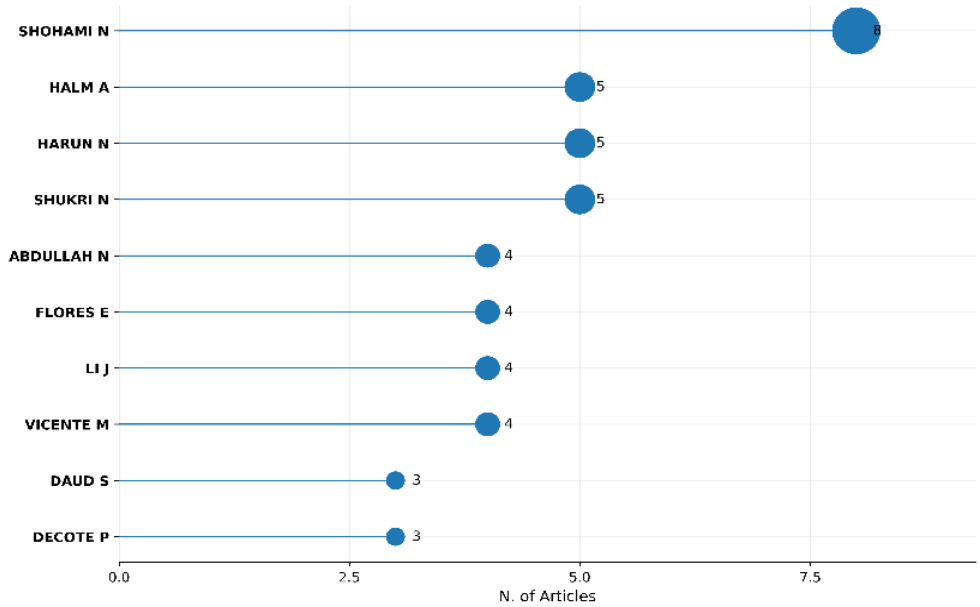
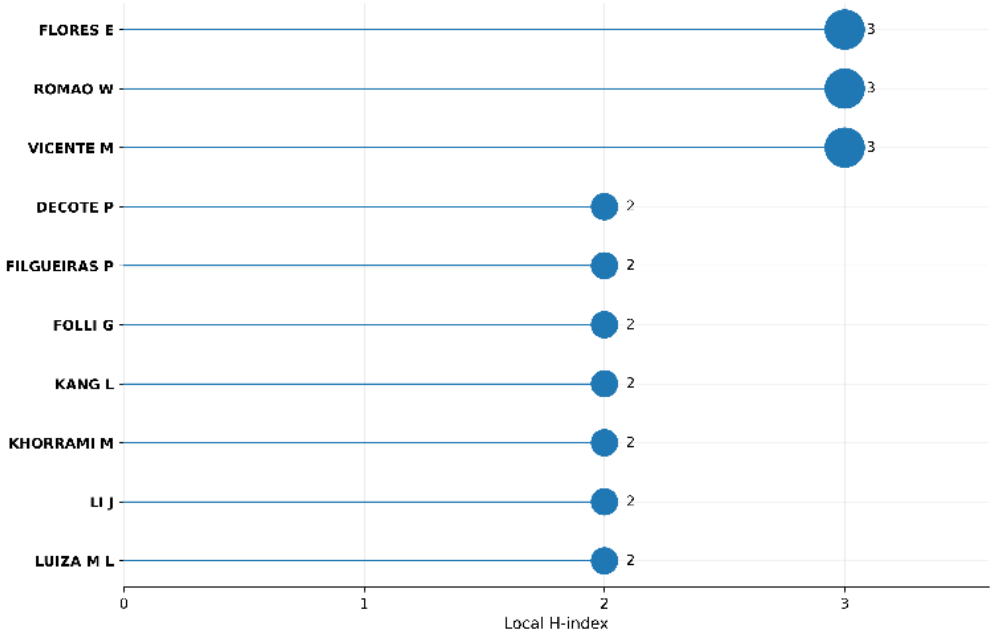


Figura 1 - Autores mais produtivos no corpus analisado.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para complementar a análise de produtividade, foi avaliado também o impacto local dos autores por meio do índice h calculado no corpus. Segundo a Figura 2, Flores E, Romao W e Vicente M

apresentaram os maiores valores de índice h local, iguais a três. Decote P, Filgueiras P, Folli G, Kang L, Khorrami M, Li J e Luiza M L apresentaram índice h local igual a dois. Os resultados mostram que produtividade e impacto local representam dimensões distintas da contribuição científica dentro do conjunto analisado.

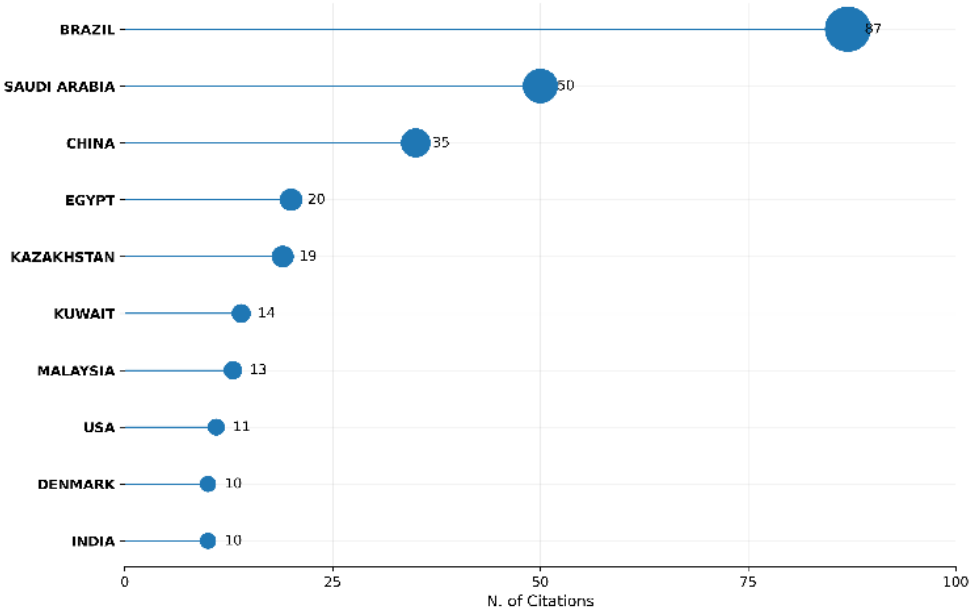
Figura 2 - Impacto local dos autores segundo o índice h.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A distribuição geográfica das citações foi examinada com o objetivo de identificar os países com maior impacto no corpus analisado e está representado pela Figura 3, que relaciona os dez países mais produtivos.

Figura 3 – Países mais citados no corpus analisado.

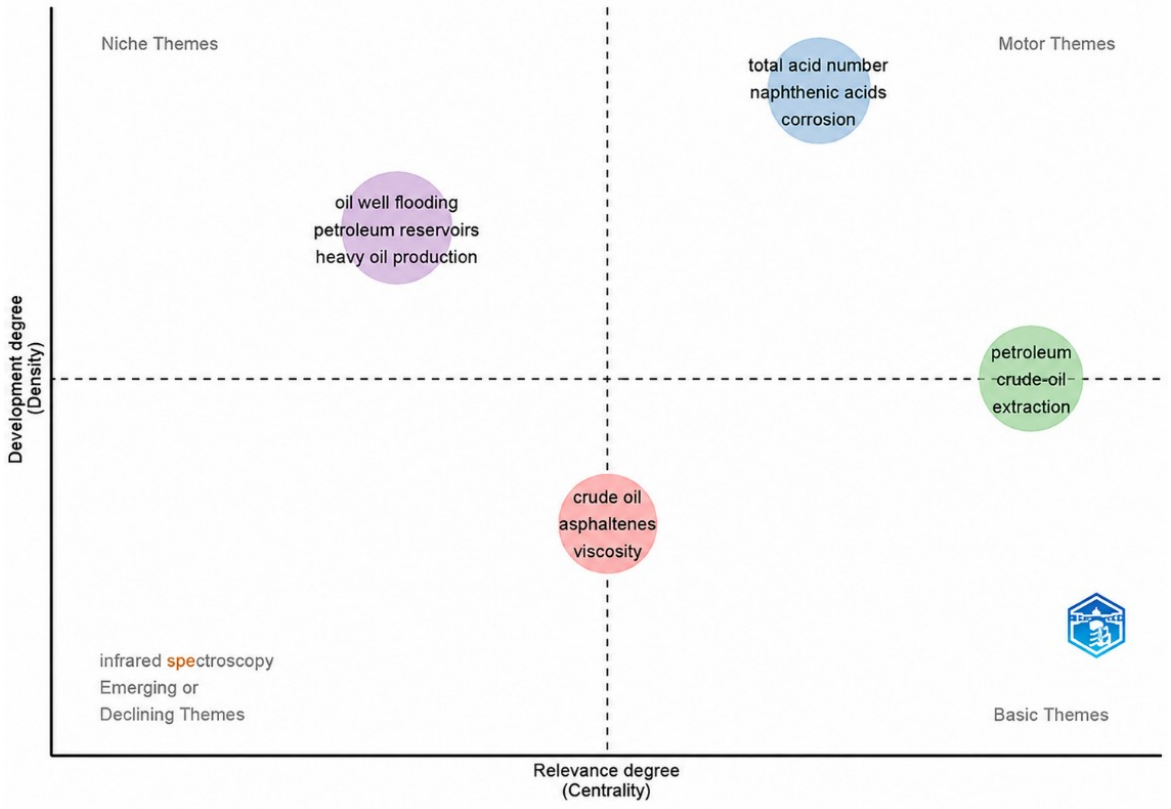


Fonte: Elaborado pelos autores.

O Brasil apresentou o maior número de citações, totalizando 87, seguido pela Arábia Saudita, com 50, e pela China, com 35. Egito e Cazaquistão apareceram na sequência, com 20 e 19 citações, respectivamente. Esses valores descrevem o impacto das publicações associadas aos países no conjunto documental recuperado e não permitem, isoladamente, estabelecer relações causais com características da produção petrolífera de cada nação.

Para caracterizar a estrutura conceitual do campo, foi construído um mapa temático com base em centralidade e densidade das palavras-chave. De acordo com o mapa temático (Figura 4), os termos "*total acid number*", "*naphthenic acids*" e "*corrosion*" integram um tema motor, caracterizado por elevada centralidade e densidade. Os termos "*oil well flooding*", "*petroleum reservoirs*" e "*heavy oil production*" formaram um tema de nicho, com maior desenvolvimento interno e menor conexão com o restante do campo. "*Infrared spectroscopy*" apresentou baixa centralidade e densidade, posicionando-se no quadrante de temas emergentes ou em declínio. Essa classificação, entretanto, não permite distinguir entre emergência e declínio sem uma análise temporal complementar.

Figura 4 – Mapa temático das palavras-chave do corpus analisado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussão

Os resultados evidenciam que produtividade e impacto local não são equivalentes. Shohami N apresentou o maior número de documentos no corpus, enquanto Flores E, Romao W e Vicente M alcançaram os maiores valores de índice h local. Essa diferença reforça a necessidade de interpretar indicadores bibliométricos de forma complementar, evitando atribuir maior relevância científica apenas com base no número absoluto de publicações.

Na distribuição geográfica das citações, o Brasil apresentou 87 registros, seguido pela Arábia Saudita, com 50, e pela China, com 35. Esse resultado demonstra maior impacto bibliométrico das publicações associadas ao Brasil dentro do corpus recuperado. Contudo, a contagem de citações não permite concluir que esse desempenho decorra de propriedades específicas do petróleo nacional, de

condições de exploração ou de características do setor produtivo. Explicações dessa natureza exigiriam análise adicional e evidências externas ao conjunto bibliométrico considerado.

A estrutura conceitual do campo mostrou maior centralidade e densidade para total "*acid number*", "*naphthenic acids*" e "*corrosion*", indicando que esses termos ocupam posição relevante e apresentam desenvolvimento interno consistente no corpus. Essa configuração confirma a forte associação temática entre determinação de acidez e corrosão na literatura recuperada, sem implicar superioridade de um método analítico específico.

Os temas "*petroleum*", "*crude oil*" e "*extraction*" ocupam posições mais centrais ou transversais no mapa e funcionam como termos de conexão com diferentes frentes de pesquisa. "*Infrared spectroscopy*", por sua vez, apresentou baixa centralidade e densidade e foi classificada no quadrante de temas emergentes ou em declínio. Essa posição não permite afirmar que a espectroscopia seja inferior às técnicas titulométricas nem que esteja sendo substituída; indica apenas menor desenvolvimento e conectividade temática no conjunto e período analisados.

Conclusão

A análise cienciométrica permitiu caracterizar a produção científica relacionada à determinação do número de acidez total em petróleos no período de 2021 a 2025. Os indicadores mostraram diferenças entre produtividade autoral e impacto local, evidenciando que essas métricas devem ser interpretadas de forma complementar.

No corpus analisado, o Brasil apresentou o maior número de citações entre os países representados. Esse resultado indica maior impacto bibliométrico no conjunto recuperado, mas não permite estabelecer, por si só, relações causais com características do petróleo, da exploração ou do refino em cada país.

O mapa temático identificou "*total acid number*", "*naphthenic acids*" e "*corrosion*" como tema motor, enquanto "*infrared spectroscopy*" apresentou baixa centralidade e densidade. Esses achados demonstram a centralidade da discussão sobre TAN e corrosão na literatura recuperada. Recomenda-se que análises futuras ampliem o período de observação, refinem a estratégia de busca e incorporem abordagens temporais para avaliar a evolução dos temas e dos métodos analíticos.

Referências

AMBROZIM, F. M; VIEIRA, R.; VENIAL, L.; ZANELATO, L.; VICENTE, M.; SANTOS, M. D. F. Análise comparativa dos métodos de determinação do número de acidez total em petróleo e derivados sob a perspectiva da sustentabilidade. **Latin American Journal of Energy Research**, v. 12, n. 3, p. 1-9, 2025. DOI: 10.21712/lajer.2025.v12.n3.p1-9.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis.

BARROS, E. V.; FILGUEIRAS, P.; LACERDA, V.; RODGERS, R.; ROMÃO, W. Characterization of Cardiology, v. 49, n. 8, 102640, 2024. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2024.102640.

DECOTE, P. A. P.; NEGRIS, L.; VIDOTO, A. P.; MENDES, L. A. N.; FLORES, E. M. M.; VICENTE, M. A.; SANTOS, M. F. P. Determination of the total acid number of Brazilian crude oil samples: Theoretical and experimental evaluation of three standard methods. **Fuel**, [*s. l.*], v. 313, p. 122642, abr. 2022.

HASSAN, W.; DUARTE, A. E. Bibliometric analysis: a few suggestions. Current Problems in Journal of Informetrics, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. DOI: 10.1016/j.joi.2017.08.007. naphthenic acids in crude oil samples: a literature review. **Fuel**, v. 319, 123775, 2022. DOI:

NEGRIS, L.; BRANDÃO, G. P.; FLORES, E. M. M.; VICENTE, M. A.; SANTOS, M. F. P. Micellar solubilization of crude oil acids in oil-in-water nanoemulsions to determine the total acid number of crude oil by potentiometric titration. **Fuel**, [*s. l.*], v. 366, p. 131379, jun. 2024.

PBC, 2025.

POSIT TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston, MA: Posit Software,

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os autores também agradecem ao Laboratório de Prepara de Amostras e Análises Químicas (LaPAQui), ao Programa de Pós-Graduação em Energia (PPGEN), ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo suporte institucional e infraestrutura concedidos para a realização desta pesquisa.