

EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

CÁSSIA MARILDA DUARTE LIMA BITENCURT¹;
JONES BITTENCOURT MACHADO²;
WILLIAN CEZAR NADALETI³;

¹*Universidade Federal de Pelotas – cassiaduartelima@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – jones.bittencourt@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – williancezarnadaleti@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

A utilização de combustíveis fósseis na produção de energia elétrica causa preocupação devido aos impactos negativos ocasionados ao meio ambiente, o que leva ao desenvolvimento de pesquisas voltadas para a mitigação das emissões atmosféricas (LINHARES et al. 2024). O uso de fontes não renováveis para a geração de energia, causam consequências significativas ao meio ambiente e à saúde humana (LOPES, 2023).

Nesse contexto, a análise bibliometria permite uma análise mais objetiva e confiável das produções científicas conforme o crescimento das publicações. O uso do bibliometrix, um software que pode ser utilizado na linguagem R, permite uma avaliação vasta e robusta das análises bibliométricas mais abrangentes (ARIA; CUCCURULLO, 2017; TERRA et al. 2022).

A cienciometria é a quantificação e medição do progresso científico através da utilização de indicadores bibliométricos. É utilizada para entender a dinâmica dos impactos das produções acadêmicas em diversas áreas, oferece uma visão quantitativa e objetiva, além de complementar a avaliação qualitativa realizada por especialistas em determinada área.

Assim, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise bibliométrica da produção científica relacionada às emissões de material particulado PM2,5 (partículas inaláveis em suspensão com diâmetro menor ou igual a 2,5 µm) e PM10 (partículas inaláveis em suspensão com diâmetro menor ou igual a 10 µm) na utilização do carvão mineral, com ênfase nos impactos ambientais e na utilização de tecnologias em usinas termoelétricas.

2. METODOLOGIA

Inicialmente, a coleta de dados foi realizada nas bases Scopus e Web of Science, reconhecidas como as principais fontes de informação científica por abrangerem áreas multidisciplinares. Essas bases incluem pesquisas em diversos campos do conhecimento, como ciências e tecnologias, saúde, ciências sociais, humanas, entre outros.

A estratégia de busca contemplou as seguintes palavras-chave: *particulate matter, PM 10, PM 2.5, mineral coal, hard coal, bituminous coal, emission, air pollution, coal-fired power plant*.

A busca nessas bases de dados foi realizada no dia 20 de agosto de 2025, desconsiderando publicações inseridas após essa data. A string de busca utilizada é ilustrada no Quadro 1, juntamente com os operadores booleanos utilizados para

a busca por Títulos, Resumo e Palavras-chave, com intuito de abranger a área de estudo e obter resultados mais relevantes para o objetivo da pesquisa.

Quadro 1: String de busca

```
(TITLE-ABS-KEY ("particulate matter" OR PM2.5 OR PM10)) AND
TITLE-ABS-KEY ("mineral coal" OR "hard coal" OR "bituminous coal") AND
TITLE-ABS-KEY ((emission OR emissions OR "air pollution" OR "coal-fired
power plant")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO
(DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))
```

Autores, (2025).

Após a aplicação dos critérios de seleção por meio das próprias plataformas da *Scopus* e *Web Of Science*, os arquivos contendo os metadados dos artigos foram selecionados e exportados, sendo os arquivos da *Scopus* em formato CSV e da *Web Of Science* em formato TXT. Para análise dos resultados foi utilizado o Software de código aberto RStudio na versão 4.5.1. Em complemento, foi utilizado o Microsoft Excel, além do pacote de dados para a linguagem de programação RStudio, bibliometrix na versão 5.0. Essa análise foi essencial para identificar os principais autores, afiliações, países, palavras-chave mais citadas, entre outras, além da exclusão de documentos duplicados. Foram analisados os seguintes parâmetros: Quantidade de documentos publicados por ano, autores mais relevantes, frequência, afiliações mais relevantes e produção científica de países.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na estratégia de busca definida e aplicada obteve-se os seguintes resultados conforme ilustra o Quadro 2.

Quadro 2: Resultados obtidos antes aplicação RStudio

Base de dados	Resultado
Scopus	73
Web Of Science	80
Total	153

Autores, (2025).

Abaixo no Quadro 3 estão representados os resultados obtidos após a aplicação dos dados no RStudio.

Quadro 3: Resultados obtidos após aplicação RStudio

Base de dados	Resultados
Scopus e Web Of Science	89
Duplicados	64

Autores, (2025).

A análise das publicações anuais revela que no ano de 2022 registrou-se o maior número de artigos relacionados a essa temática, com um total de 26 publicações. Em 2021 foram publicados 17 artigos; em 2023, 16; em 2020, 15; e por fim, em 2024, apenas 12. Esses dados indicam um crescimento na produção científica entre 2020 e 2022, seguido por uma queda nos anos de 2023 e 2024. Tal tendência pode sugerir uma estabilidade nas áreas de publicações ou possíveis mudanças nas linhas de pesquisa.

Para a análise de autores foram identificados dez autores mais relevantes, destacando-se Zhang Y. com total de 14 artigos publicados em primeiro lugar, Sun J. com total de 10 artigos em segundo lugar, Shen Z. com total de 9 artigos em terceiro lugar, posteriormente se destacam, Cao J. e Zhang B. ambos com 7 artigos, Wang G. e Xu H. ambos com 6 artigos e Ho S., Wang Y. e Zhou Y. ambos com 5 artigos.

A análise de palavras-chave mais frequentes permite identificar os principais temas e tendências dentro da pesquisa, evidenciando padrões de estudos, áreas emergentes, conceitos centrais e qual tópico reflete a maior importância dentro da comunidade científica. *Particulate matter* aparece com 36 ocorrências, *combustion* com 19 ocorrências, *coal* com 18 ocorrências, *PM 2.5* com 17 ocorrências, *biomass* com 16 ocorrências, *emission* com 15 ocorrências, *coal combustion* com 14 ocorrências, *source apportionment* com 13 ocorrências, *polycyclic aromatic-hydrocarbons* com 12 ocorrências e *emissions* com 11 ocorrências. Esse mapeamento ajuda a reconhecer lacunas e oportunidades de pesquisas futuras.

Para a análise de afiliações mais relevantes encontramos a liderança de Chinese Academy Of Sciences e Xi'an Jiaotong University, com 18 e 16 artigos, respectivamente. As demais afiliações também reforçam a contribuição das instituições para a produção científica.

Na análise de produção científica por países a China lidera com total de 134 publicações, Estados Unidos e Polônia ocupam o segundo e terceiro lugar com 22 e 23 artigos respectivamente. A Coreia do Sul e o Brasil se destacam com 18 e 14 artigos, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

A análise bibliométrica evidencia uma evolução no interesse científico sobre o tema estudado, refletindo o aumento das produções anuais. Os documentos selecionados evidenciam contribuições científicas no campo de principais autores. A avaliação das palavras-chave mais frequentes revela tópicos centrais e tendências predominantes, permitindo identificar falhas e oportunidades de aprofundamento em pesquisas futuras. Concluindo, esses dados demonstram que há consolidação do conhecimento, mas ainda existem áreas pouco exploradas que podem contribuir para novos estudos e aprofundamento científico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIA, M. CUCCURULLO, C. Bibliometrix: Uma ferramenta R para análise abrangente de mapeamento científico. *Journal of informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

LINHARES, F. A. NUNES, K. G. P. MELO, P. J. MARCILIO, N. R. Avaliação de emissões atmosféricas e cinzas geradas na cocombustão de carvão mineral com resíduos florestais. *Ciência Florestal*, v. 34, n. 4, p. e83749, 2024.

SANTOS JR, R. M.; RAMALHO, R.; CUNHA, A.; LEAL FILHO, L. Bancada para caracterização de emissão de poeira de minérios e técnicas de supressão de poeira. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS**, 2017.

SILVA, J. A.; BIANCHI, M. L. P. Cientometria: a métrica da ciência. *Paidéia* (Ribeirão Preto), v. 11, n. 20, p. 5-10, 2001.

TERRA, A. GOMES, C.F.S. COSTA, I. SANTOS, M. Análise bibliométrica com o software Bibliometrix. **XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, Foz do Iguaçu/PR, 2022.

ZHANG, B. SUN, J. JIANGC, N. ZENG, Y. ZHANG, Y. HE, K. XU, H. LIU, S. HO, S.S.H. QU, L. CAO, J. SHEN, Z. Fatores de emissão, características e partição gás-partícula de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos em PM2,5 emitidos para combustões típicas de combustível sólido na planície rural de Guanzhong, China. **Poluição ambiental**. v.286. 2021.

ZHANG, Y. SHEN, Z. SUN, J. ZHANG, L. ZHANG, B. ZOU, H. ZAIG, T. HANG, S. S. CHANG, X. XU, H. WANG, T. CAO, J. Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos originais, alquilados, oxigenados e nitrados em PM2,5 emitidos pela queima de biomassa residencial e combustão de carvão: um novo banco de dados de 14 cenários de aquecimento. **Poluição Ambiental**. V. 268, Parte A. 2021.