



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 636**

**UMA ANÁLISE DE CLUSTER VIA CITESPACE A  
ROPÓSITO DA ESPECTROMETRIA WDXRF PARA  
GEOCIENTISTAS (2001-2021)**

**Dissertação apresentada por:**

**REBECA SOARES CASTANHO**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Patrícia Aranha da Paz (UFPA)**

---

BELÉM  
2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- C346a Castanho, Rebeca Soares.  
Uma análise de cluster via CiteSpace a propósito da espectrometria WDXRF para geocientistas / Rebeca Soares Castanho. — 2023.  
xiii, 66 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dra. Simone Patrícia Aranha da Paz  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2023.
1. Geoquímica. 2. Análise Instrumental. 3. Bibliometria.  
I. Título.

CDD 551.9

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

**UMA ANÁLISE DE CLUSTER VIA CITESPACE A  
PROPÓSITO DA ESPECTROMETRIA WDXRF PARA  
GEOCIENTISTAS(2001-2021)**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:

**REBECA SOARES CASTANHO**

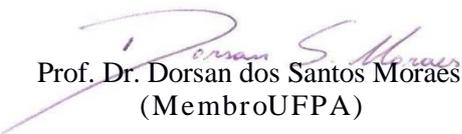
Como requisito parcial à obtenção de Grau de Mestre em Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA, linha de pesquisa em MINERALOGIA E GEOQUÍMICA

Data de Aprovação: 17 / 08 / 2023

Banca Examinadora:

  
Prof. Dra. Simone Patrícia Aranha da Paz  
(Orientadora-UFPA)

  
Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica  
(Membro-OUFPA)

  
Prof. Dr. Dorsan dos Santos Moraes  
(MembroUFPA)

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Paulo Roberto e Heliete, por toda dedicação, por todo esforço e apoio inabaláveis nos momentos mais difíceis desse percurso.

À minha orientadora, Profa. Dra. Simone Paz, por compartilhar comigo seu tempo e um pouco de sua grande *expertise* durante esse ciclo.

A todos os amigos e colegas do Grupo de Pesquisa em Ciência e Engenharia Mineral (GCEM/UFPA) que tornam o Laboratório de Caracterização Mineral (LCM), antes de tudo, um espaço de grande união. Agradeço em especial à Andréia Rodrigues e à Lesley Sales.

Ao amigo Dimi Fagundes Randel, que sempre se dispôs prontamente para discutirmos sobre bibliometria, CiteSpace e a vida em geral.

Ao Paulo Victor Campos Sousa, um grande amigo com o qual dividi nesses últimos anos inúmeras trocas de conhecimento, risadas e até mesmo choros.

Aos amigos que conquistei em diferentes fases da minha vida e que resolveram fazer de nossas amizades uma base sólida: Clarissa Cruz, Cláudia Almeida, Leila Dantas, Lucas Mendes e Nara Peres. Obrigada pela cumplicidade genuína.

À equipe do Instituto SENAI de Tecnologia em Química com a qual tenho o imenso prazer em trabalhar junto e pela oportunidade de aprender cada vez mais em nossas demandas do WDXRF. Agradeço em especial às coordenadoras Taciana Quaresma e Patrícia Freitas.

À Amanda Rodrigues, à Eduarda Terra e à Sara Luiza que tornam a casa que dividimos um verdadeiro lar.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (PPGG/IG/UFPA) por toda infraestrutura física e intelectual que dispôs para minha formação.

Por fim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a elaboração desse estudo.

*Eu, um universo de átomos, um átomo no universo.*

(Richard P. Feynman)

## RESUMO

O presente estudo bibliométrico trata acerca da espectrometria de fluorescência de raios-X por dispersão de comprimento de onda (Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence, WDXRF) aplicada à análise geoquímica a fim de avaliar as tendências científicas ao longo de um recorte temporal de vinte anos – entre 2001 e 2021 – usando o software acadêmico e gratuito CiteSpace. Foram recolhidos 941 artigos científicos internacionais envolvendo WDXRF na plataforma Web of Science (WoS) a partir das expressões “wdxrf” ou “wavelength dispersive x-ray fluorescence”. A avaliação dos dados ocorreu em duas partes: na primeira, buscou-se compreender e interpretar os aspectos quantitativos da produção científica relacionada à técnica e, na segunda parte, realizou-se uma análise de coocorrência de palavras-chaves dos trabalhos recuperados. Apesar das flutuações, houve um aumento constante do número de artigos relacionados a essa espectrometria, sendo 2020 o ano de maior produtividade da série histórica (105 publicações). Os Estados Unidos da América são líderes na classificação por países (110 artigos), contudo, a distribuição relativamente homogênea desses estudos revela que a WDXRF é uma técnica bastante difundida no mundo. O Brasil está entre os dez países mais influentes da área, ocupando a oitava posição com 59 publicações. O periódico X-Ray Spectrometry, que conta com 82 artigos, predomina a divulgação sobre esta técnica analítica. No total, foram encontradas 569 palavras-chave conectadas por 2002 ligações de coocorrência, destacando-se o termo trace element (“elemento traço”), que denota um interesse solidificado, mas sempre em voga, em relação ao uso da WDXRF para este nível de análise química. Por outro lado, nanoparticle (“nanopartícula”) é a palavra-chave de maior explosão de citações nestas duas décadas, especialmente entre os anos de 2015 e 2021, trazendo à luz uma tendência mais atual à caracterização elementar de compostos nanoestruturados. O programa CiteSpace identificou 13 grupos temáticos, sendo cinco os mais notáveis no emprego da instrumentação: caracterização de nanomateriais (cluster #0); análise de metais pesados em nível traço (cluster #1); especificação química (cluster #2); análise de materiais particulados em filtros (cluster #5) e proveniência de cerâmicas históricas (cluster #6). Em suma, pôde-se concluir que a química dos materiais geológicos não constitui um corpo de estudos estreitamente definido em relação à WDXRF, porém esta é uma fronteira científica que se expande através da interdisciplinaridade, o que pode fornecer novas e integradas abordagens metodológicas às pesquisas dos geocientistas que se aprofundarem na técnica.

**Palavras-chave:** bibliometria; WDXRF; geoquímica; Web of Science; CiteSpace.

## ABSTRACT

The present bibliometric analysis addresses the use of Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence (WDXRF) spectrometry in geochemical analysis to evaluate scientific trends over a twenty-year period, from 2001 to 2021, using the academic and free bibliometric tool, CiteSpace. For this purpose, 941 international scientific articles involving WDXRF were collected from the Web of Science (WoS) platform using the search terms "wdxrf" or "wavelength dispersive x-ray fluorescence". The data analysis was divided into two parts: the first part aimed to understand and interpret the quantitative aspects of the scientific production related to the technique, while the second part involved a co-occurrence analysis of keywords from the retrieved works. Despite fluctuations, there has been a constant increase in the number of articles related to this spectrometry technique, with 2020 being the year with the highest productivity in the historical series (105 publications). The United States of America leads the country rankings (110 articles); however, the relatively homogeneous distribution of these studies reveals that WDXRF is a widely disseminated technique worldwide. Brazil ranks among the top ten most influential countries in this field, occupying the eighth position with 59 publications. The journal X-Ray Spectrometry, with 82 articles, stands out as the primary venue for the dissemination of research on this analytical technique. In total, 569 keywords were found, connected by 2002 co-occurrence links. The term "trace element" denotes a solidified but always relevant interest in the use of WDXRF for this level of chemical analysis. On the other hand, "nanoparticle" is the keyword with the highest citation explosion over the past two decades, particularly between 2015 and 2021, highlighting a more recent trend in the elemental characterization of nanostructured compounds. The CiteSpace program identified 13 thematic groups, with five being the most notable in the application of this instrumentation: nanomaterial characterization (cluster #0), trace-level heavy metal analysis (cluster #1), chemical speciation (cluster #2), analysis of particulate matter on filters (cluster #5), and provenance of historical ceramics (cluster #6). In summary, it can be concluded that the chemistry of geological materials does not constitute a narrowly defined body of studies concerning WDXRF. Instead, it represents a scientific frontier that expands through interdisciplinary approaches, providing new and integrated methodological approaches to geoscientific research for those who delve into this technique

**Keywords:** bibliometrics; WDXRF; geochemistry; Web of Science; CiteSpace.