

**Nº 179431**

**Identificação de feições geológicas em dados sísmicos por meio de inteligência artificial: estado da prática, parte I**

**Carlos Tadeu de Carvalho Gamba**

**Hugo Ferreira Saar**

**Leonides Guireli Neto**

**Otávio Coaracy Brasil Gandolfo**

**Denis Bruno Virissimo**

**Aline Fernandes Heleno**

**Celso Luciano Alves da Silva**

**Cristina Maria Ferreira**

**Elisa Morande Sales**

**Felipe Silva Silles**

**Gustavo Torres Custódio**

**Ney Ferreira de Souza Guerra**

**Thiago Yuji Aoyaji**

*Palestra apresentada no  
Workshop Petrobras, 1., 2024,  
Rio de Janeiro. 110 slides*

*A série "Comunicação Técnica" compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.*

**PROIBIDO REPRODUÇÃO**

---

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo  
S/A - IPT  
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou  
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970  
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901  
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)



# I WORKSHOP PETROBRAS - IPT

EDISEN – RIO DE JANEIRO – 05.11 A 07.11.2024

*Unidade de Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente*

Carlos Tadeu de Carvalho Gamba, Hugo Ferreira Saar, Leonides Guireli Neto, Otávio Coaracy Brasil Gandolfo

*Unidade de Tecnologias Digitais*

Denis Bruno Virissimo, **Aline Fernandes Heleno** (palestrante), Celso Luciano Alves da Silva, **Cristina Maria Ferreira da Silva** (palestrante), Elisa Morande Sales, Felipe Silva Silles, Gustavo Torres Custodio, Ney Ferreira de Souza Guerra, Thiago Yuji Aoyagi



# PETROBRAS

## IDENTIFICAÇÃO DE FEIÇÕES GEOLÓGICAS EM DADOS SÍSMICOS POR MEIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

ESTADO DA ARTE – PARTE I

05.11.2024

# WORKSHOP 2024: AGENDA

Dia 05/11/2024	
[09:00 - 09:45]	Abertura e Boas-Vindas
[09:45 - 10:00]	Intervalo
[10:00 - 11:45]	<b>Estado da Arte</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Protocolo da busca sistemática (Estado da Arte – parte 1)</li><li>• Resultados do Estado da Arte (Estado da Arte – parte 2)</li></ul>
[11:45 - 13:30]	Almoço
[13:30 - 15:00]	<b>Estado da Prática - parte 1</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introdução - pipeline de processamento</li><li>• Entrada de dados / datasets</li><li>• Pré-processamento</li></ul>
[15:00 - 15:30]	Intervalo
[15:30 - 17:00]	Apresentação de resultados do Hackathon: Segmentação Semântica de Turbiditos em Volumes Sísmicos

Dia 06/11/2024	
[09:30 - 10:30]	<b>Estado da Prática - parte 2</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Detecção de falhas com ML, atributos e aprendizado não supervisionado</li><li>• Detecção de falhas com DL</li><li>• Detecção de canais com DL</li></ul>
[10:30 - 10:45]	Intervalo
[10:45 - 11:45]	<b>Estado da Prática - parte 2</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Segmentação de feições com Foundation Model</li><li>• Estimção de RGT com DL</li></ul>
[11:45 - 13:30]	Almoço
[13:30 - 15:00]	Atividades e discussões para definição dos próximos passos do Projeto
[15:00 - 15:30]	Intervalo
[15:30 - 17:00]	Levantamento inicial dos requisitos para desenvolvimento do produto/software



# ESTADO DA ARTE – PARTE I

- 1. Visão geral da pesquisa bibliográfica**
- 2. Etapa 1 – Planejamento da pesquisa bibliográfica**
- 3. Etapa 2 – Execução do protocolo definido na Etapa1 (atividades e ferramentas utilizadas)**
- 4. Etapa 3 – Resumo a partir das informações extraídas na Etapa 2**
- 5. Conclusões gerais/principais resultados alcançados**



# 1. VISÃO GERAL DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

- A pesquisa bibliográfica é um processo estruturado para identificar os estudos relevantes que melhor respondem o conjunto de questões de pesquisa definidas previamente.
- Cada etapa compreende atividades executadas, utilizando-se uma combinação de ferramentas para alcançar os resultados desejados.



## Etapa 1: Planejamento

Definição do protocolo de busca, que incorpora como atividade inicial a definição das **questões de pesquisa**



## Etapa 2: Execução

Levantamento e padronização de todos os metadados definidos com base no protocolo de busca



## Etapa 3: Resumo

Análise e visualização dos resultados

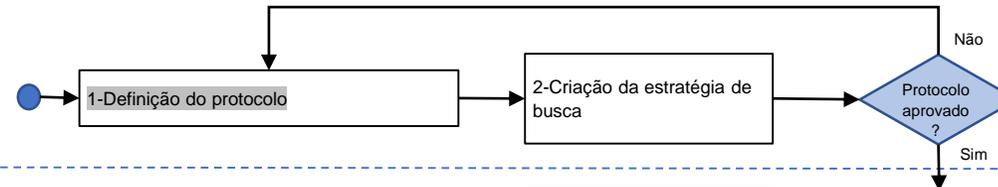


**Garantir a reprodutibilidade, completude e qualidade das informações recuperadas nas buscas, sem vieses**

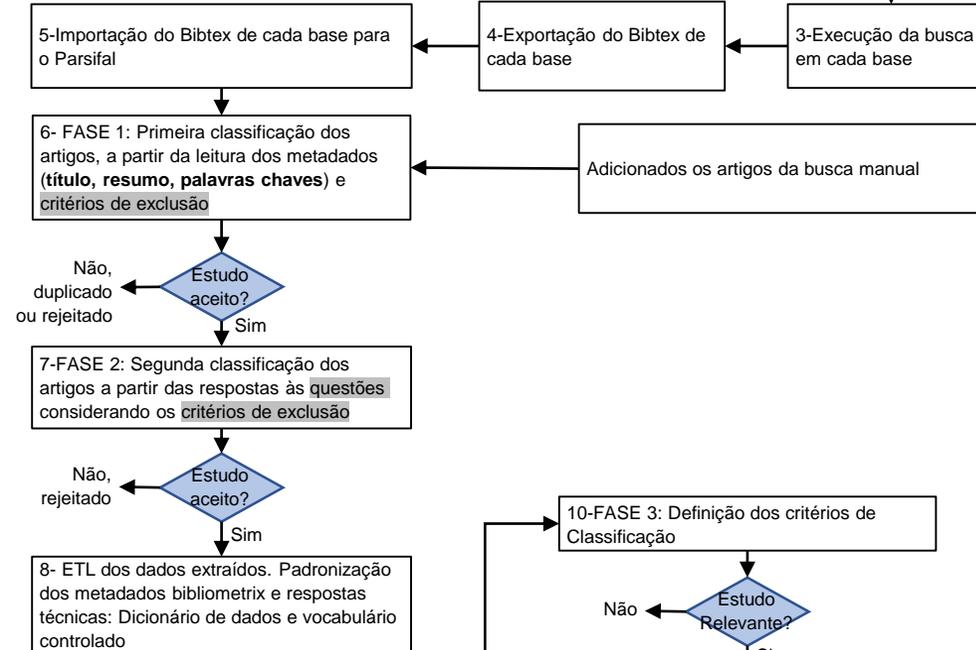


# 1. VISÃO GERAL DA REVISÃO SISTEMÁTICA

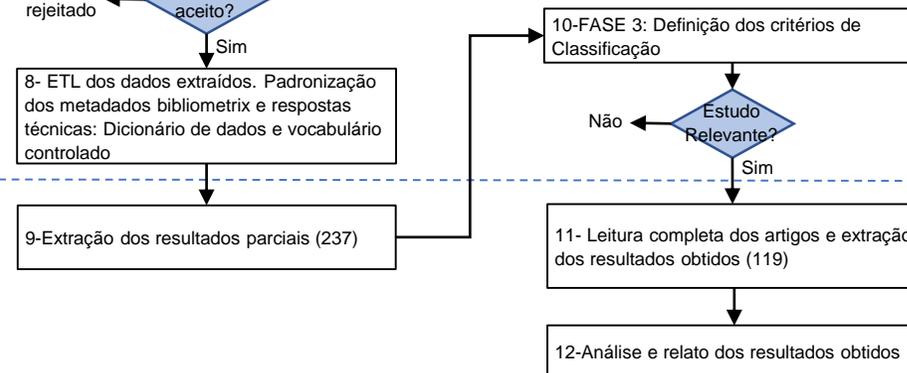
Etapa 1:  
Planejamento



Etapa 2:  
Execução



Etapa 3:  
Resumo



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO



 Ferramenta utilizada:

 Parsifal

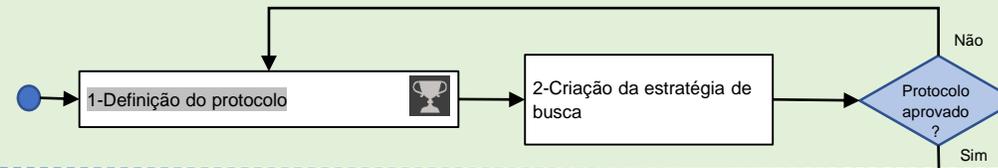
 Atividades/ Protocolo

- Objetivos
- Questões de pesquisa
- Palavras-chaves
- String de busca padrão
- Bases de pesquisa
- Critérios de inclusão e exclusão

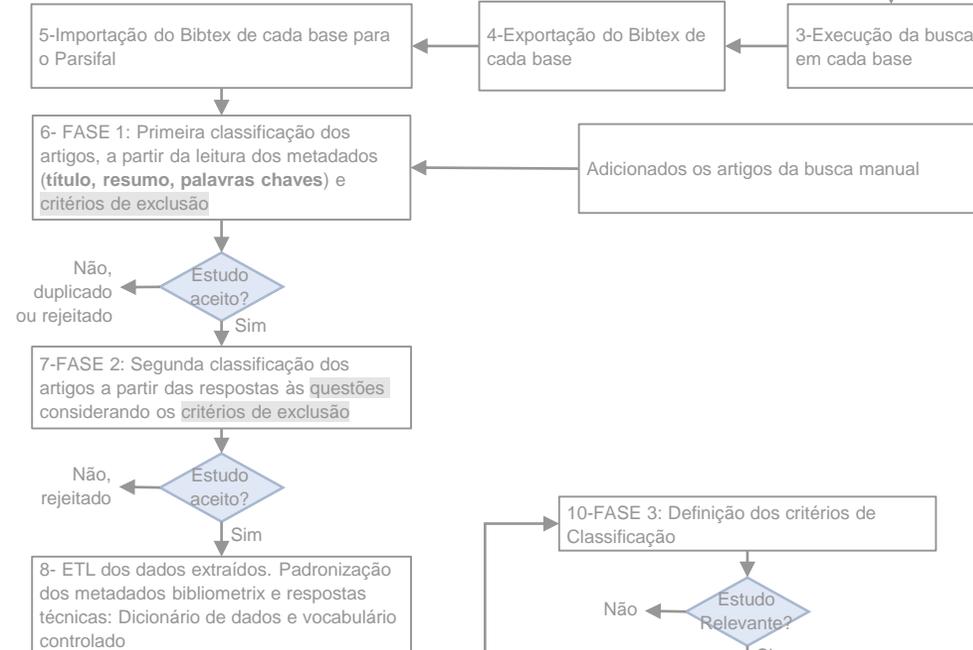
 Resultado da etapa:

- Protocolo da pesquisa

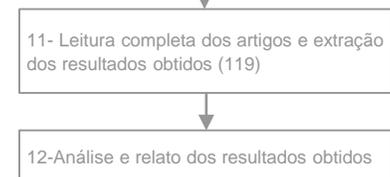
Etapa 1:  
Planejamento



Etapa 2:  
Execução



Etapa 3:  
Resumo



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO



### Parsifal – visão geral



Ferramenta para gerenciamento do processo de revisão bibliográfica, pensada para que grupos de pesquisadores pudessem trabalhar a distância



Gratuita



Colaborativa



**Planning:** planejamento da revisão, envolve: objetivo, questões de pesquisa, palavras chaves, string de busca, bases, critérios de rejeição/aceite.



**Conducting:** seleção da bibliografia que será utilizada, envolve: busca, importação bibitex, seleção/exclusão dos estudos, entre outros...



**Reporting:** resultados alcançados, informações extraídas da bibliografia.



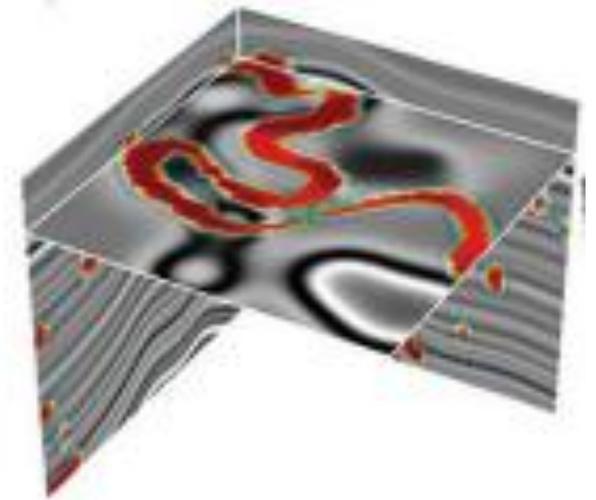
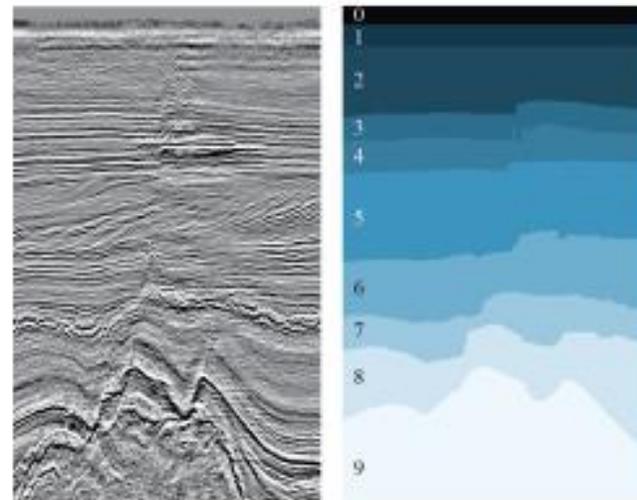
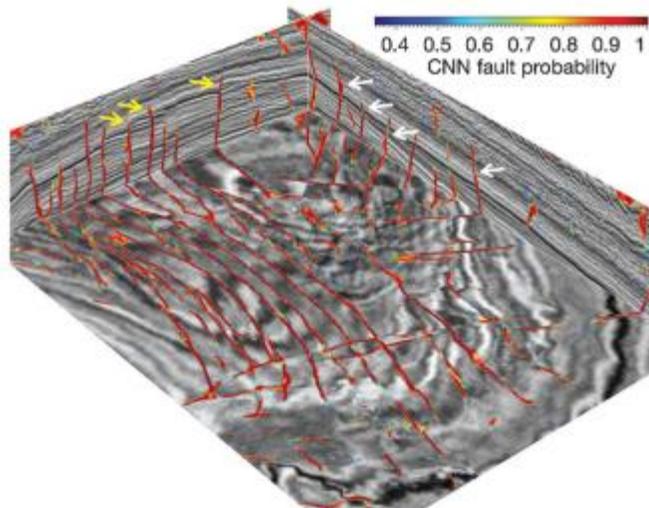
## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



### **Objetivo da pesquisa bibliográfica:**

Explorar e identificar os principais métodos de inteligência artificial para a interpretação de feições sísmicas

Identificação de fáceis/estruturas geológicas



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



### Questões de pesquisa:

Quais as **técnicas de Deep Learning e ou Machine Learning** utilizadas na detecção de feições geológicas mencionadas no estudo?

Quais **tipos de feições geológicas** foram extraídas como resultado da aplicação das técnicas de machine learning/IA ?

Quais **atributos sísmicos** são utilizados em técnicas de Machine Learning para extração de feições geológicas?  
Em caso afirmativo, quais são os atributos utilizados nas análises?

Quais são os **datasets** utilizados (sintéticos ou dados de campo)? Em qual etapa do estudo são utilizados?

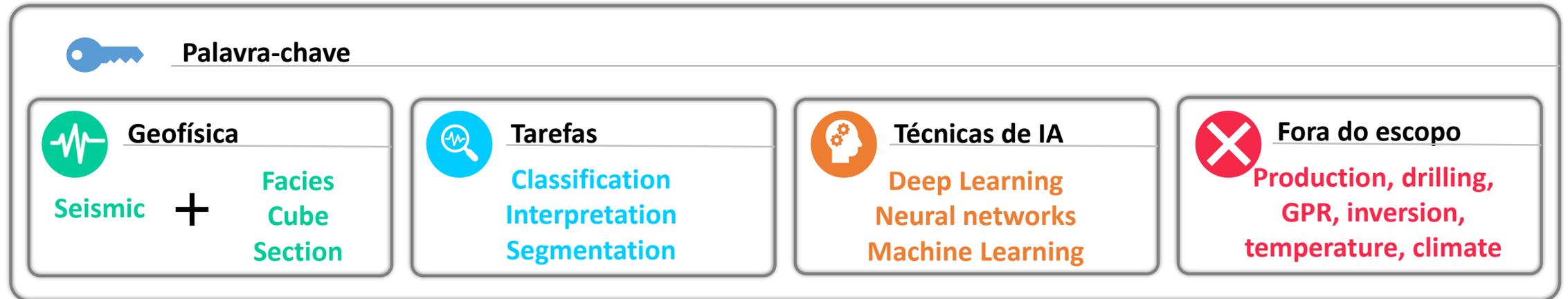
O estudo trata da ocorrência de feições geológicas em qual **tipo de rocha e ambiente deposicional**?



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



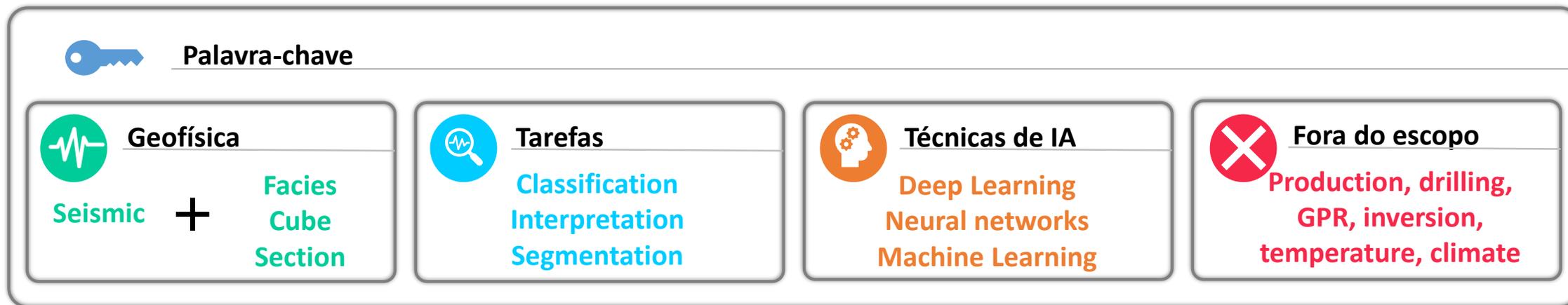
### Palavras-chaves e string de busca padrão:



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



### Palavras-chaves e string de busca padrão:



### String Padrão

 "seismic" AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D) AND

 (classification OR interpretation OR segmentation ) AND

 ("deep learning" OR "neural network\*" OR "machine learning" )

 NOT production AND NOT drilling AND NOT GPR AND NOT inversion\* AND NOT (temperature OR climate)

## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



 Bases de pesquisa:



69 artigos



186 artigos



41 artigos



275 artigos



64 artigos



21 artigos



290 artigos



95 artigos



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



### Critérios :

Processo de filtragem usando critérios específicos para selecionar estudos relevantes

#### Critérios de exclusão



1. Estudo indisponível em formato pdf
2. Estudo não é de geofísica
3. Resumo expandido, estudo incompleto
4. Estudo em línguas diferentes de EN, PT
5. Anais de congresso
6. De geofísica, mas fora do escopo
7. Duplicado
8. Técnica de IA com aplicação fora do escopo

#### Critérios de inclusão



1. Aplicação
2. Comparação
3. Revisão
4. Conjunto de dados sísmicos disponível (campo ou sintético)

Técnicas de ML ou DL para identificação de feições/ estruturas geológicas em dados sísmicos.



# 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – RESULTADOS ALCANÇADOS



## Protocolo / Roteiro para pesquisa bibliográfica

**ipt** INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

**125 ANOS** 1899 - 2024

1/7

Projeto Petrobras – Identificação de feições geológicas em dados sísmicos por meio de IA

**MINUTA**  
**ROTEIRO PARA A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**

Atualizado em: 24.04.2024  
Elaborado por: Aline Heleno, Cristina Silva, Elisa Sales, Thiago ~~de~~ **de**

**Protocolo da pesquisa**

A pesquisa bibliográfica será realizada em três etapas, incluindo suas respectivas atividades, conforme esquematizado na figura abaixo.

```
graph TD
    subgraph "Etapa 1: Planejamento"
        S1[1-Definição do problema] --> S2[2-Seleção da estratégia de busca nas fontes de informação (SEO, IEEE, etc.)]
        S2 --> D1{Protocolo adotado?}
        D1 -- Não, alterar protocolo --> S2
        D1 -- Sim --> S3
    end

    subgraph "Etapa 2: Execução"
        S3[3-Execução da busca em cada fonte] --> S4[4-Exportação dos estudos obtidos em cada fonte para arquivos (BibTeX)]
        S4 --> S5[5-Importação dos arquivos relativos a cada fonte para o Parsifal]
        S5 --> S6[6-Primeira classificação dos estudos, a partir da leitura dos metadados (título, resumo), visando a inclusão e exclusão]
        S6 --> D2{Estudo repetido ou descartado?}
        D2 -- Não --> S7
        D2 -- Sim --> S6
        S7[7-Segunda classificação dos estudos considerando a leitura da introdução, resultados e conclusões, além das respostas às questões com seus respectivos pesos] --> D3{Estudo repetido?}
        D3 -- Não --> S8
        D3 -- Sim --> S7
        S8[8-Tercera classificação dos artigos com base em sua leitura na íntegra, visando-se os mais relevantes para o projeto] --> D4{Estudo repetido?}
        D4 -- Não --> S9
        D4 -- Sim --> S8
    end

    subgraph "Etapa 3: Resumo"
        S9[9-Elaboração dos resultados obtidos] --> S10[10-Análise e relato dos resultados obtidos]
    end

    S10 --> A1[Atividades executadas no Parsifal]
    S10 --> A2[Atividades executadas fora do Parsifal]
```

Figura - Roteiro adotado para execução da pesquisa bibliográfica (Fonte: adaptado de Cavalcante, 2019)

Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Butantã  
São Paulo | SP | CEP 05508-901  
Tel. (11) 3767-4000 | ipt@ipt.br

www.ipt.br



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – RESULTADOS ALCANÇADOS



### Protocolo desenvolvido no Parsifal para trabalho colaborativo

#### Palavras-chaves

Keywords and Synonyms		
To edit or remove a certain keyword or synonym you may click on it's description to enable the field.		
Keyword	Synonyms	Related to
Artificial intelligence		Population
CNN	convolutional neural network	Population
Deep learning		Population
OBIA	Object-based image analysis	Population
RNN	Recurrent neural network	Population
algorithm	code	Population
channel	canal paleo channel	Population
classification		Population
dataset	simulated data synthetic data	Population
fault	falha	Population
features extraction		Population
interpretation	new interpretation	Population
machine learning	ML aprendizado de máquina	Population
neural networks		Population

#### Bases

Sources	
Name	URL
01. SEG Library	<a href="https://library.seg.org/">https://library.seg.org/</a>
02. Earth doc	<a href="https://www.earthdoc.org/">https://www.earthdoc.org/</a>
03. One Petro	<a href="http://https://onepetro.org">http://https://onepetro.org</a>
04. IEEE	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/">https://ieeexplore.ieee.org/</a>
05. Scopus	
06. Web of Science	
07. ACM Digital Library	
08. Science Direct (Elsevier)	
09. Consensus	

#### Selection Criteria

Inform your inclusion or exclusion criteria and press Enter to add.

Inclusion Criteria	Exclusion Criteria
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<ul style="list-style-type: none"><li>1. Revisão ou comparação de técnicas de IA</li><li>2. Conjunto de dados disponível</li><li>3. Técnicas supervisionadas</li><li>4. Técnicas não supervisionadas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>1. Estudo indisponível em formato pdf</li><li>2. Estudo não é de geofísica</li><li>3. Resumo expandido, estudo incompleto</li><li>4. Estudos em línguas diferentes de EN, PT</li><li>5. Anais de congresso</li><li>6. De geofísica, mas fora do escopo</li><li>7. Duplicada</li></ul>
<input type="button" value="remove selected"/>	<input type="button" value="remove selected"/>

#### Crítérios de seleção

# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

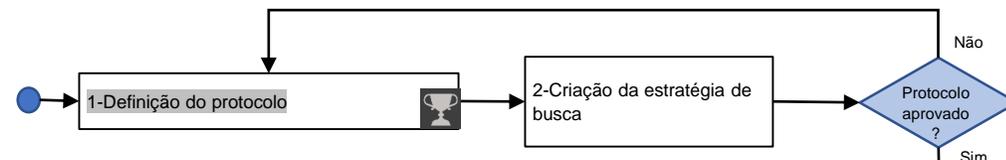
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

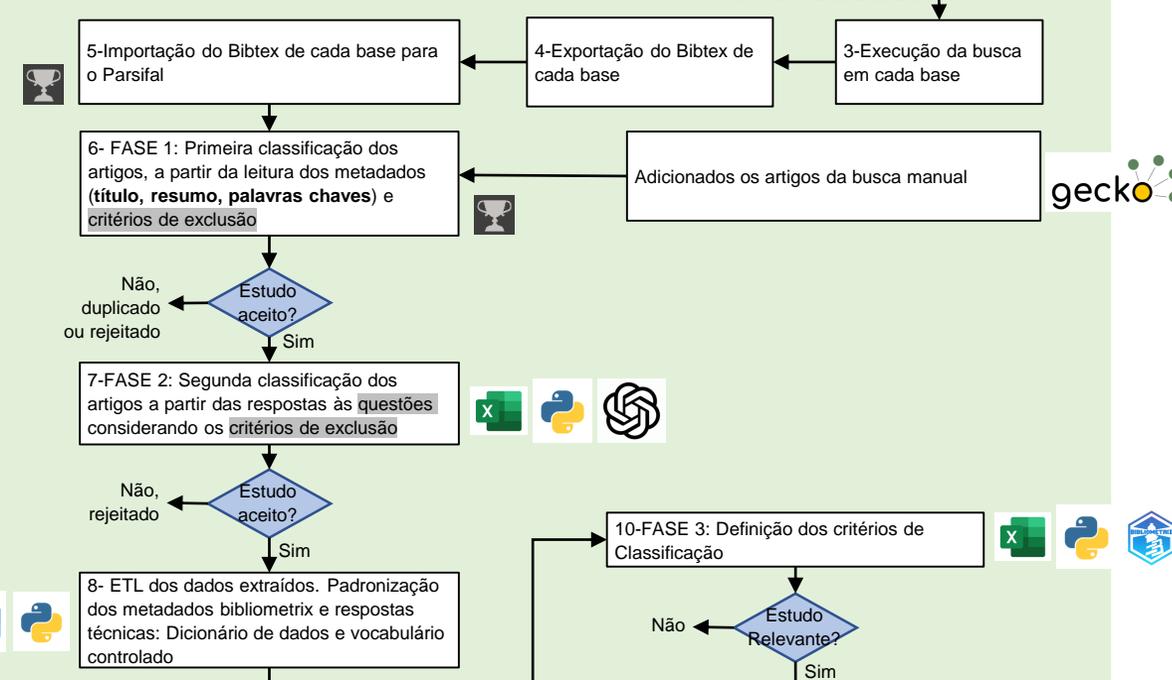
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

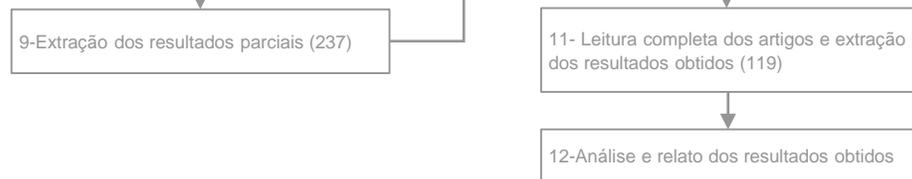
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

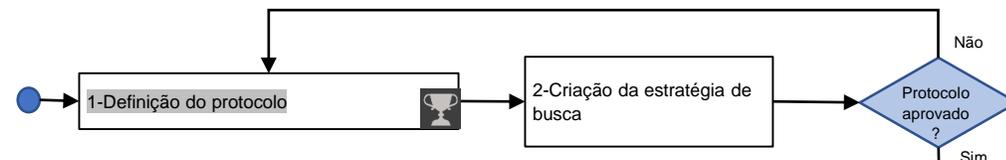
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

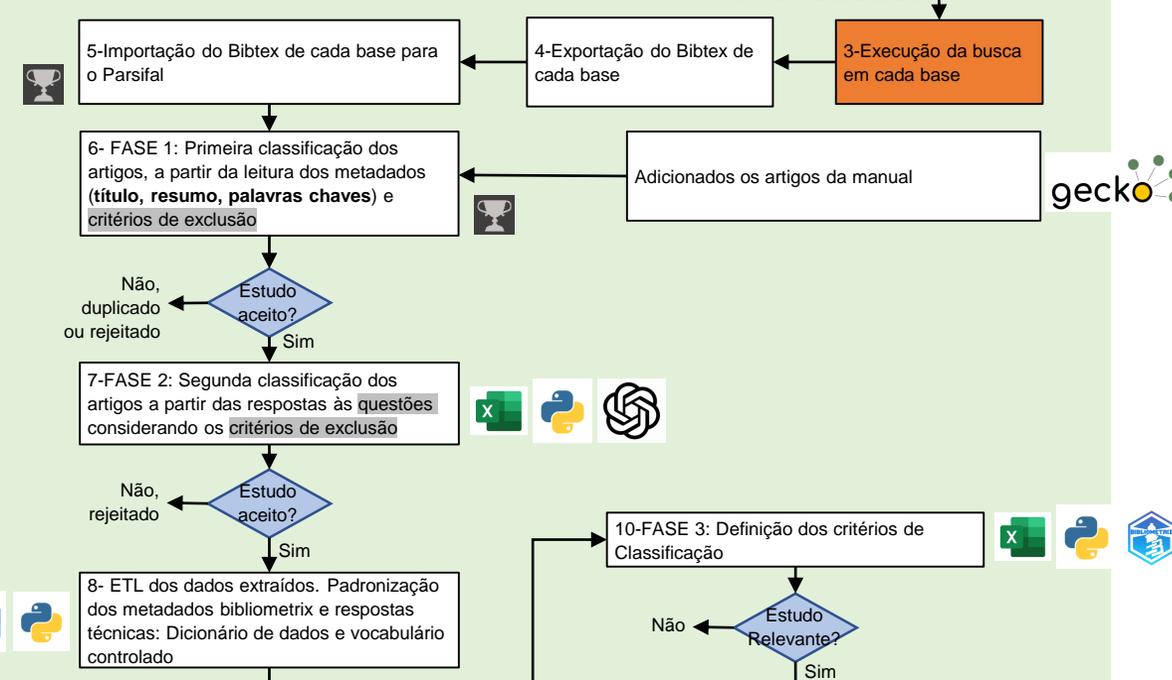
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

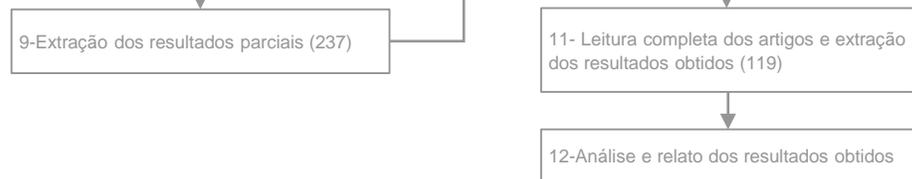
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



Exemplo de refinamento da string padrão

Web of Science

String	# Artigos
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation OR interpretation)	486
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation OR interpretation) NOT (earthquake)	451
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation OR interpretation) NOT (earthquake OR microseismic)	447
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation) NOT (earthquake OR microseismic OR "seismic event*" OR "seismic inversion" OR "drilling")	213
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation) NOT (earthquake OR microseismic OR "seismic event*" OR "seismic inversion" OR "drilling" OR bridge OR temperature OR pressure OR Concrete OR probabilistic OR tomography)	186 (importado no Parsifal)



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

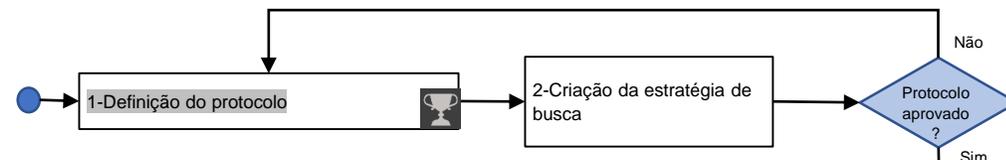
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

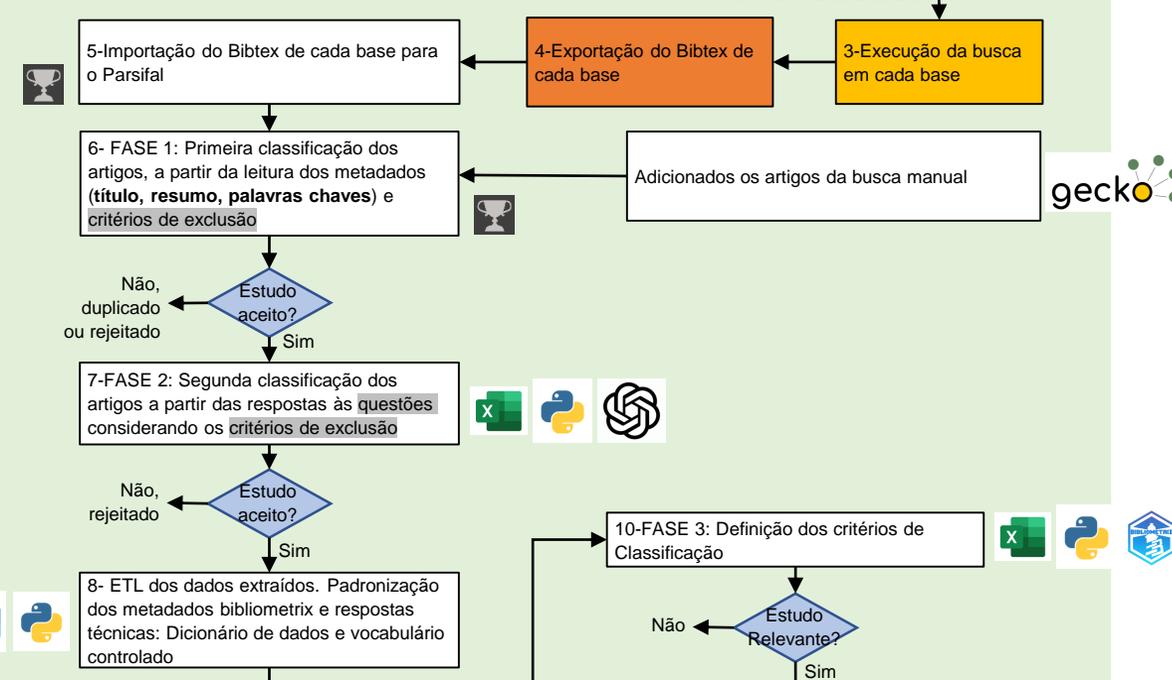
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

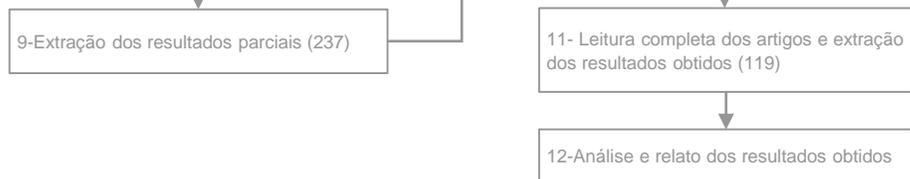
### Etapa 1: Planejamento



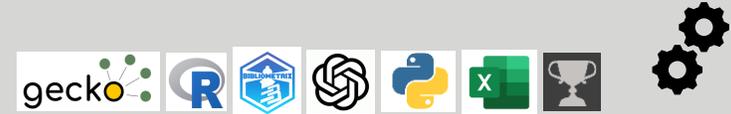
### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

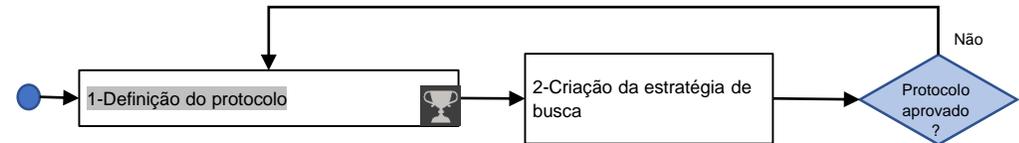
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

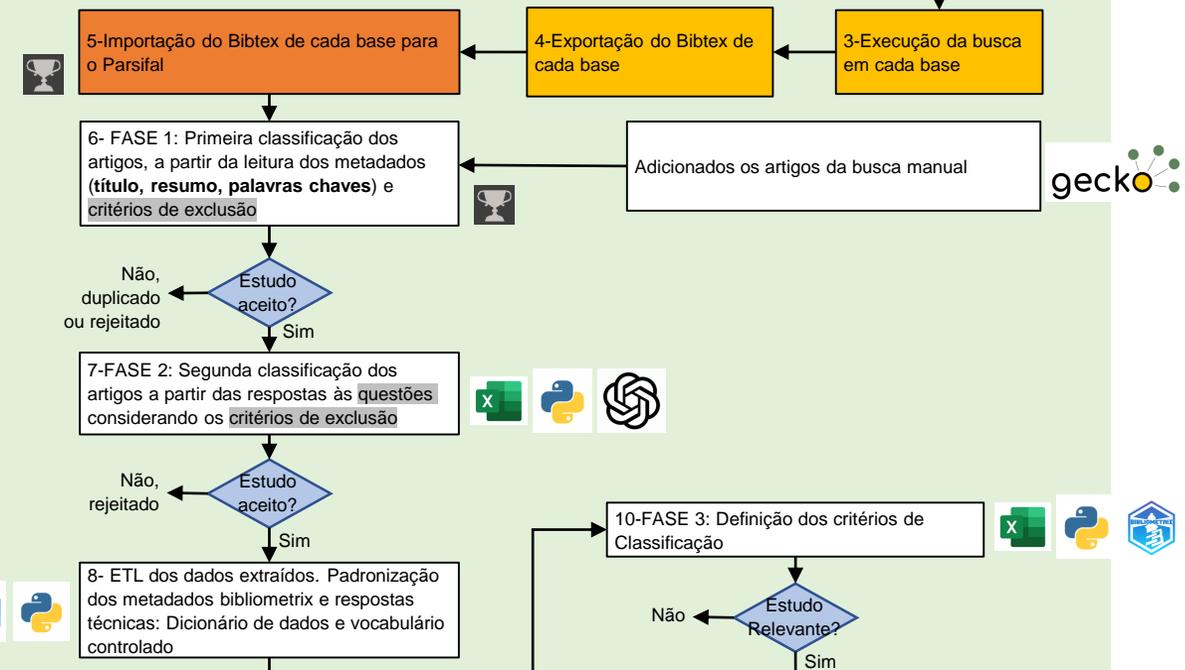
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

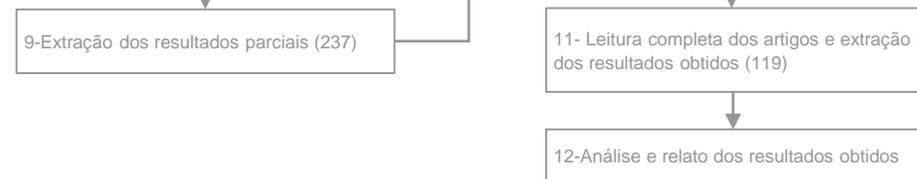
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO - FERRAMENTAS



## Importa bibtex

Parsiful Blog About Help

### Petrobras IA Feições

Review Planning **Conducting** Reporting

1. Search 2. Import Studies 3. Study Selection 4. Quality Assessment 5.

Source	Imported Studies	
01. SEG Library	275	<a href="#">Import</a>
02. Earth doc	21	<a href="#">Import</a>
03. One Petro	95	<a href="#">Import</a>
04. IEEE	41	<a href="#">Import</a>
05. Scopus	290	<a href="#">Import</a>
06. Web of Science	186	<a href="#">Import</a>
07. ACM Digital Library	69	<a href="#">Import</a>
08. Science Direct (Elsevier)	83	<a href="#">Import</a>
09. Consensus	64	<a href="#">Import</a>

1124 artigos

## Etapa conducting

Parsiful Blog About Help

### Petrobras IA Feições

Review Planning **Conducting** Reporting

1. Search 2. Import Studies 3. Study Selection 4. Quality Assessment 5. Data Extraction 6. Data Analysis

### Study Selection

All Sources 01. SEG Library 02. Earth doc 03. One Petro 04. IEEE 05. Scopus 06. Web of Science 07. ACM Digital Library 08. Science Direct (Elsevier) 09. Consensus

[Find Duplicates](#) [Export Articles](#)

Action: Select... Go 0 of 1124 selected

Show:  All  Accepted  Rejected  Unclassified  Duplicated

<input type="checkbox"/>	Bibtex Key	Title	Author	Journal	Year	Added by	Added at	Status
<input type="checkbox"/>		Application of Multi-Scale Fracture Identification in a Shale Gas Reservoir in Southwest China—A Case Study	Qin, Qiuping and Jiang, Tingxue and Zeng, Yongjian and Bian, Xiaobing	None	2024	thiagoyuji	24 Apr 2024 11:31:56	Unclassified
<input type="checkbox"/>		Impact of Unsupervised Machine Learning and Seismic Attributes	Alabbad, Maltham and Alkhalifah, Hussain and Awfi, Sami	None	2024	thiagoyuji	24 Apr 2024 11:31:56	Unclassified

# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

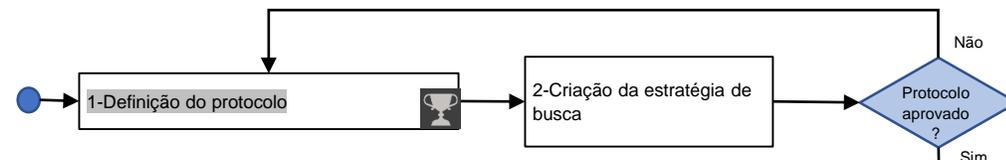
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

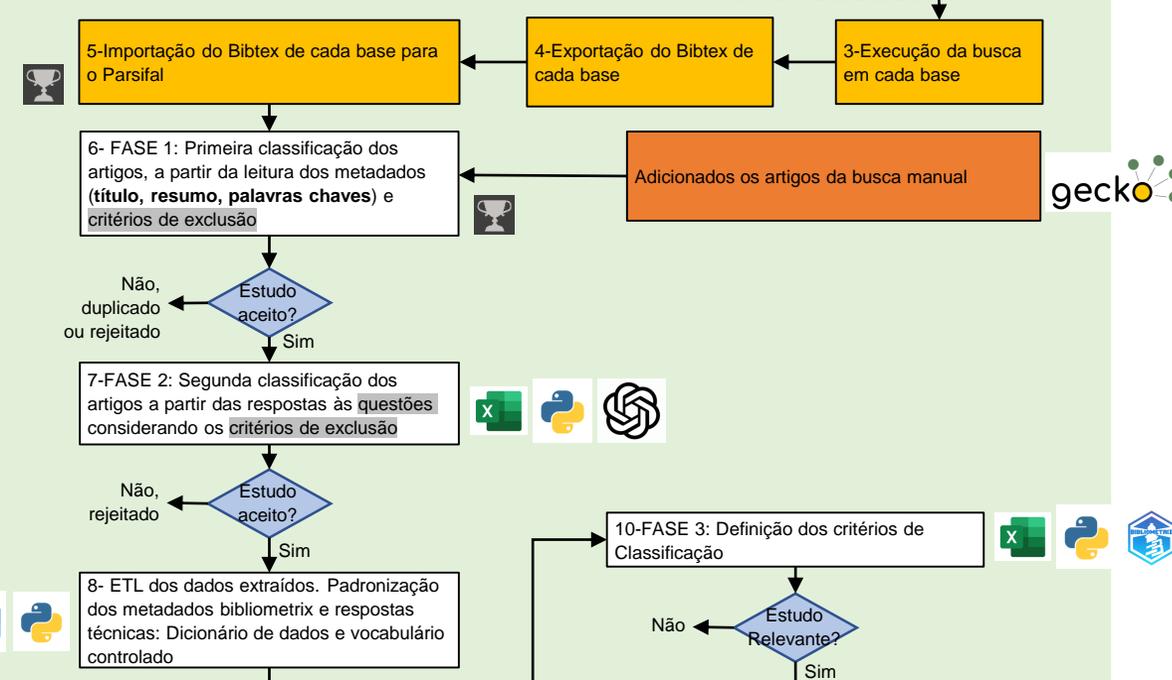
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

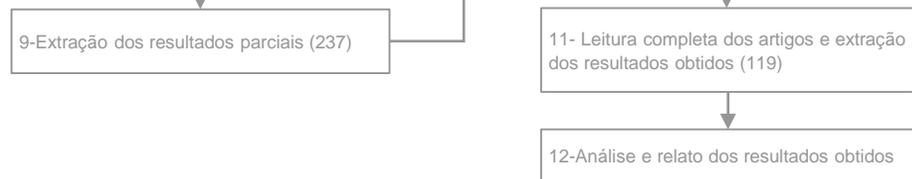
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



## 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



### Artigos adicionados à revisão

#### Busca manual

15  
artigos

- Inclusão feita pelos pesquisadores durante o processo de revisão.
- Identificação a partir de grupos de pesquisa relevantes e cocitados
- Utilização de ferramentas como o Citation Gecko.



### Citation Gecko – visão geral



Ferramenta que ajuda a encontrar e conectar artigos acadêmicos relacionados. A partir de um conjunto de artigos base, ele permite explorar citações e cocitações, mapeando visualmente a rede de referências e identificando artigos relevantes que podem ter sido ignorados em buscas tradicionais



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO

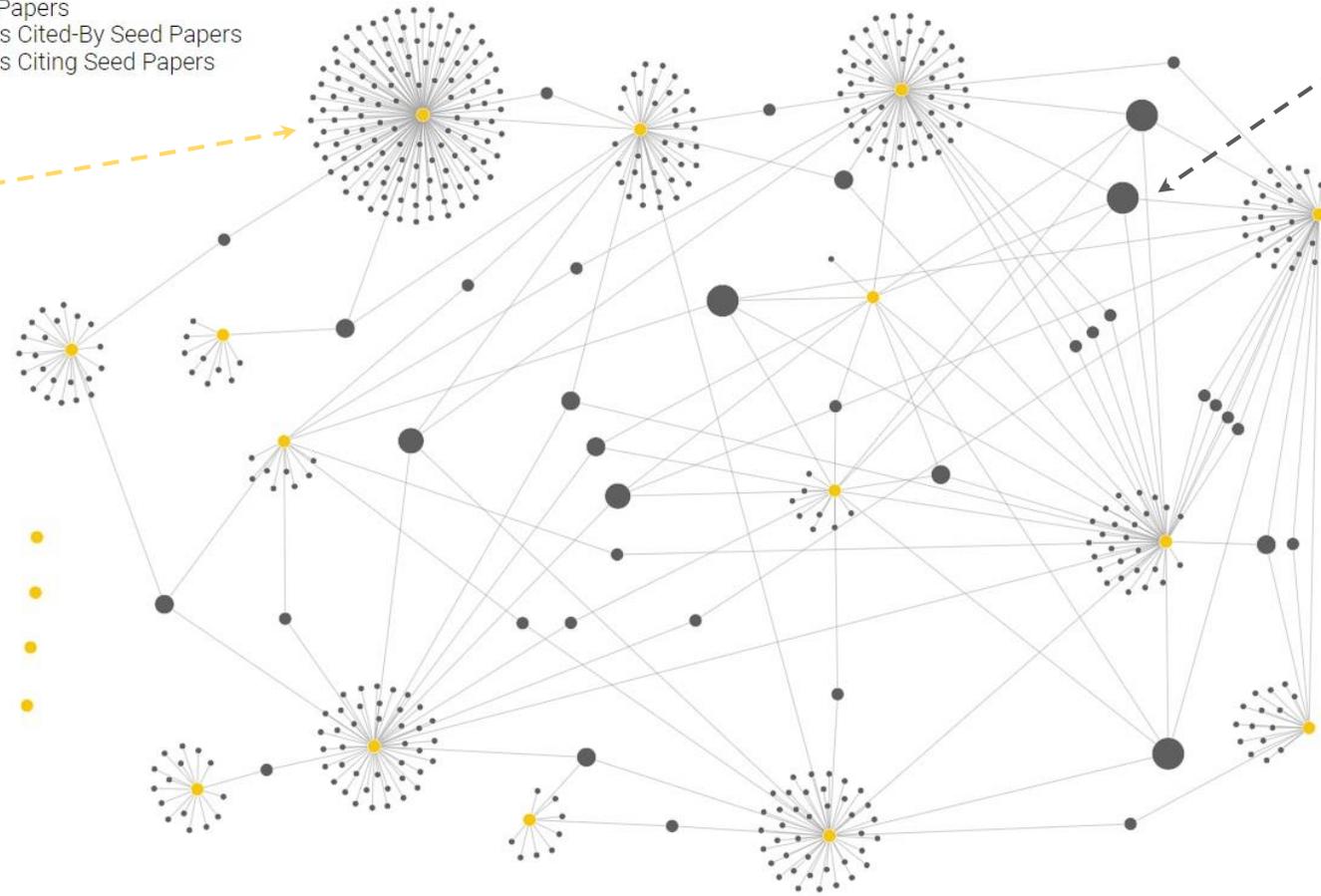
## Ferramentas de Análise

Gecko: utilizado para a identificação de artigos relevantes e grupos de pesquisa

- Seed Papers
- Papers Cited-By Seed Papers
- Papers Citing Seed Papers

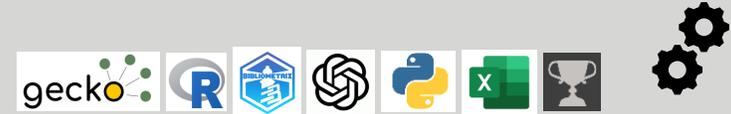
Seismic facies analysis: Past, present and future  
Xu, 2022  
*Earth-Science Reviews*  
(seed paper)

SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation  
Badrinarayanan, 2017  
*IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*  
(paper cited by seed paper)



Grafo mostrando os artigos citados pelos 20 estudos (seed papers), selecionados na pesquisa exploratória

# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

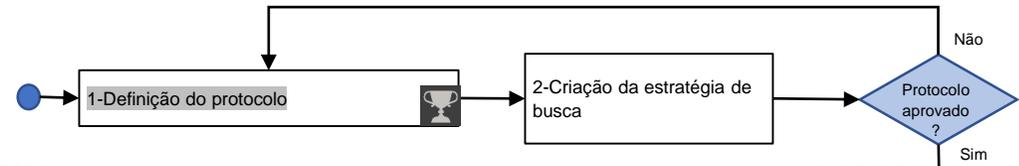
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

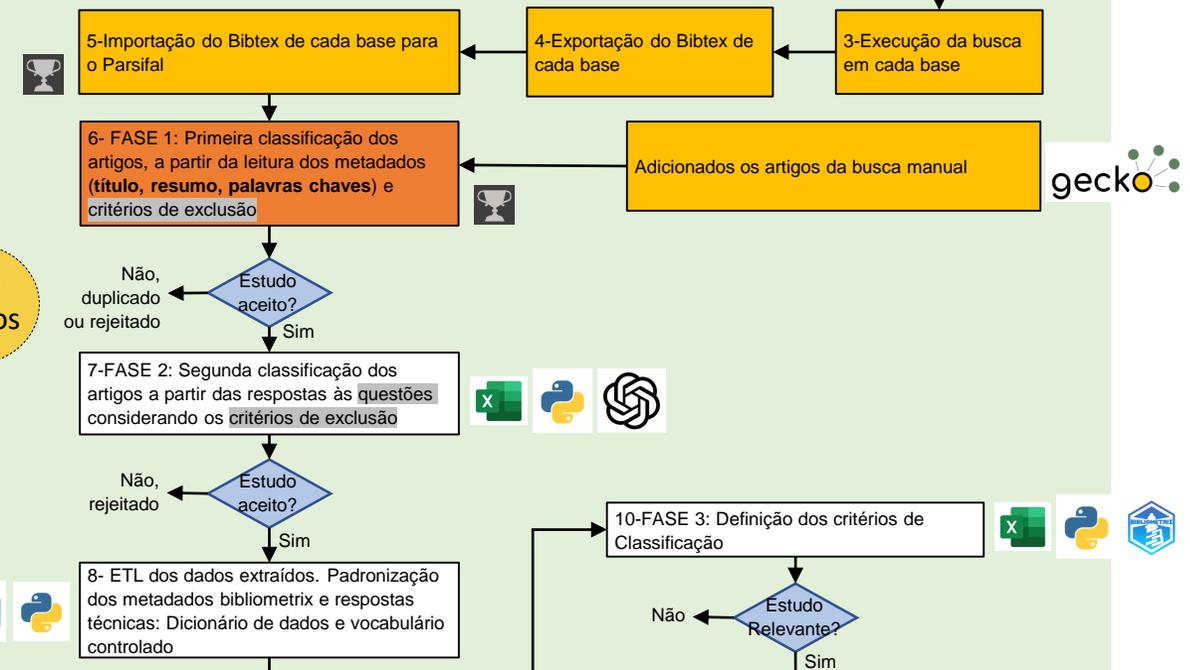
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

### Etapa 1: Planejamento



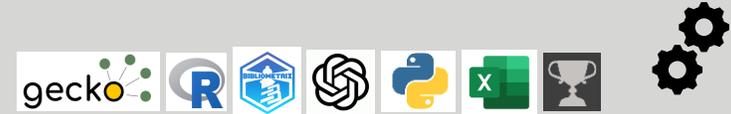
### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

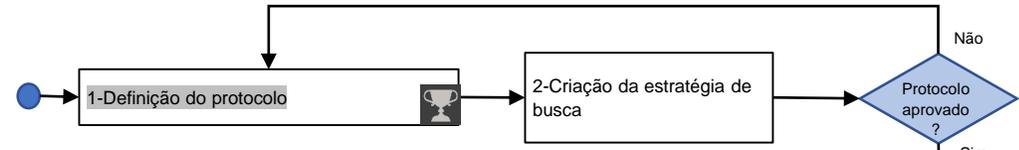
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

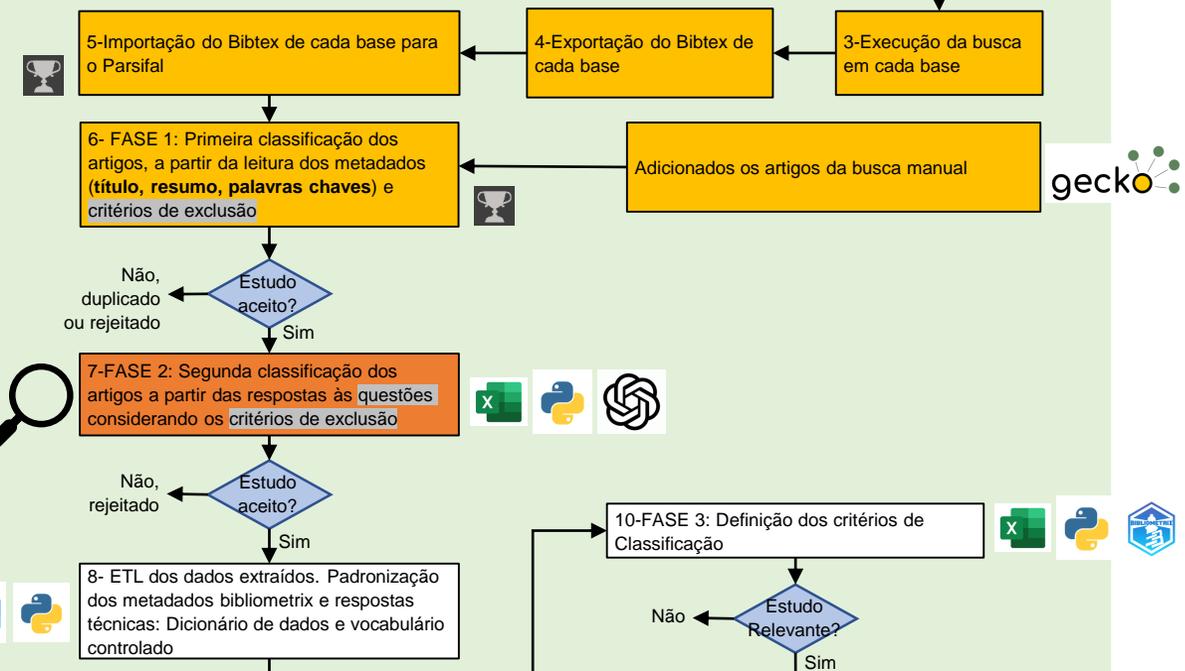
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

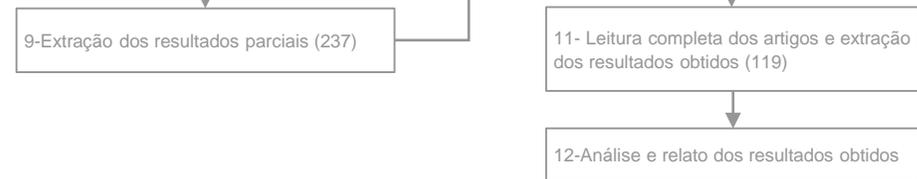
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



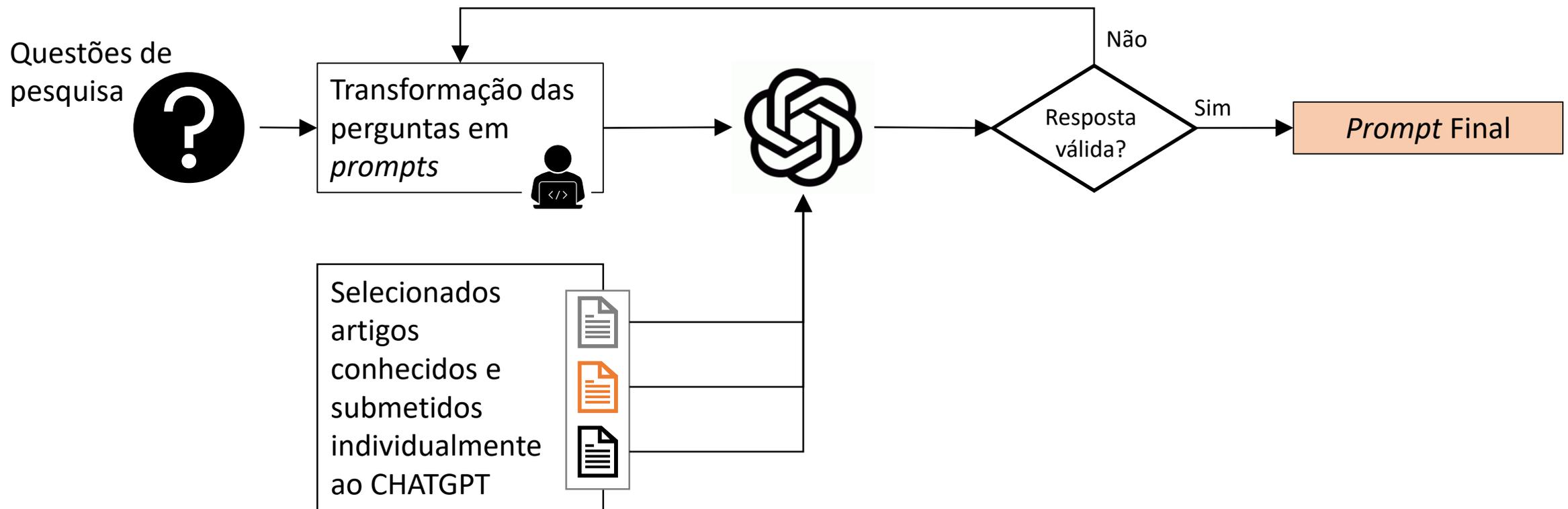
### Etapa 3: Resumo



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



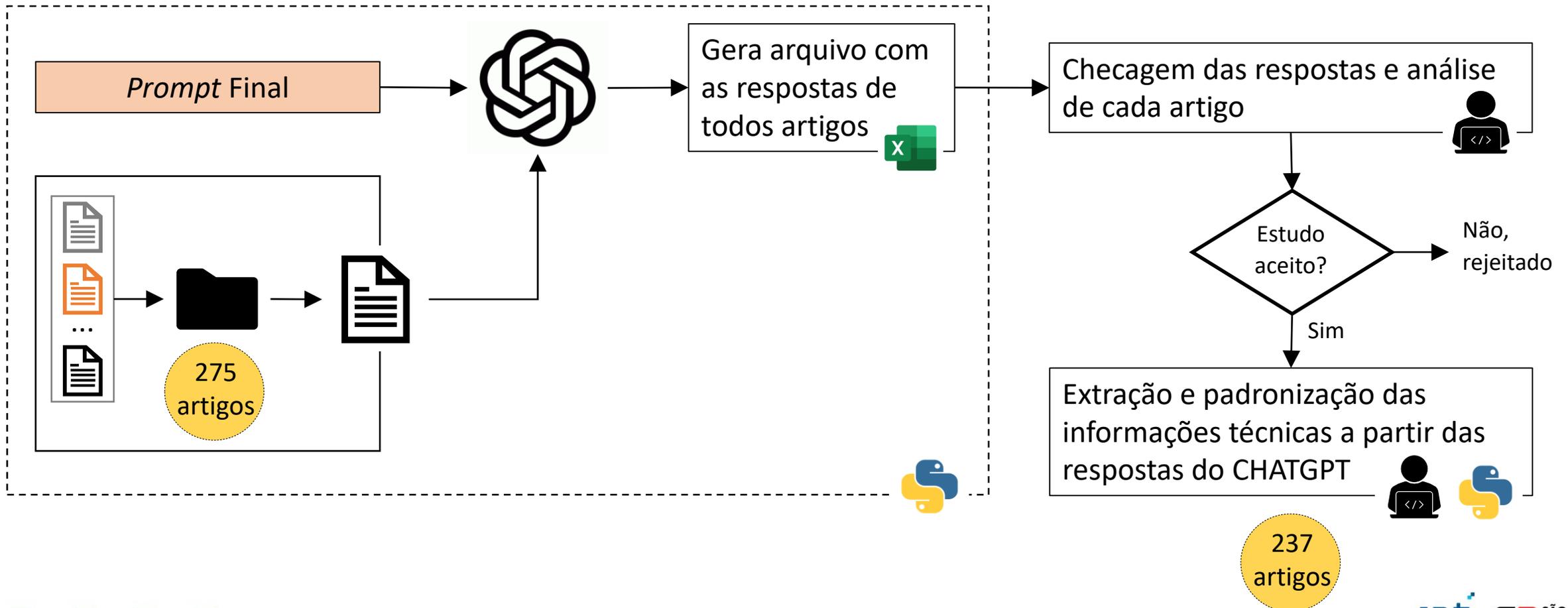
#### Obtendo as respostas dos questionamentos – FASE 2



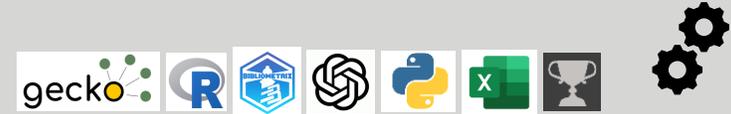
### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Obtendo as respostas dos questionamentos – FASE 2



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

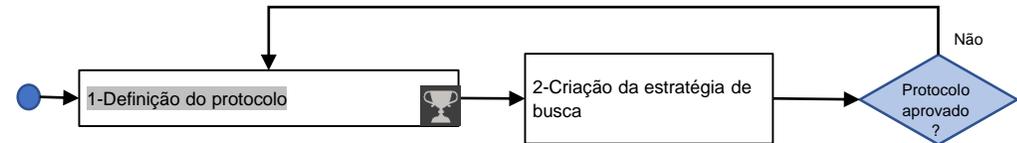
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

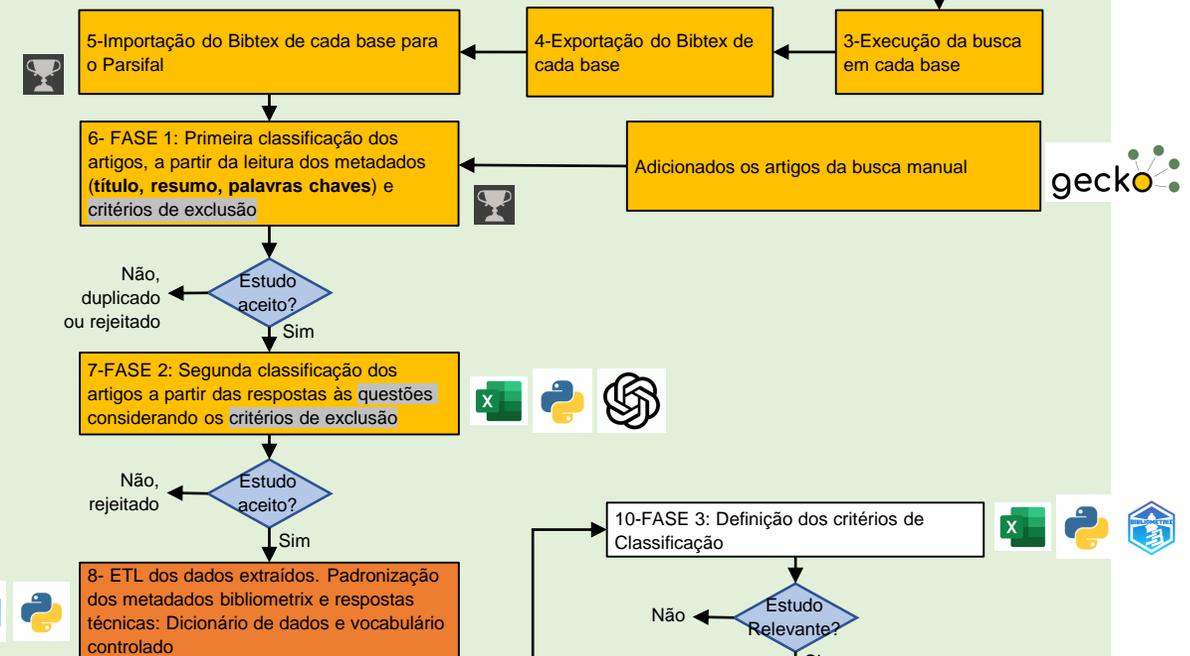
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

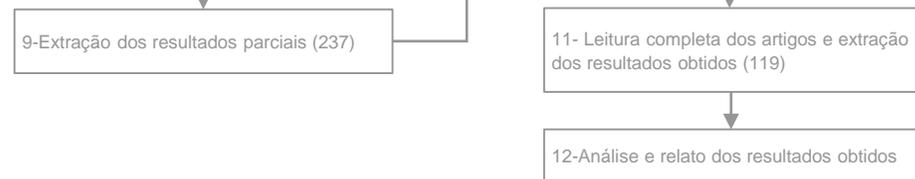
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Obtendo dados dos artigos – ETL (extração, transformação, carregamento)

### Informações extraídas:

<b>Técnicos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Técnicas de IA</li><li>• Feições geológicas</li><li>• Atributos sísmicos</li><li>• Tipos de rocha</li><li>• Ambiente deposicional</li><li>• Dados sísmico de campo e sintéticos utilizados</li></ul>	  <b>CHATGPT</b>
-----------------	--	--

<b>Metadados</b>	<b>Outros</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bases de pesquisa</li><li>• Instituições e pesquisadores/grupos de pesquisa</li><li>• Palavras-chave</li></ul>	 
	<b>Qualitativo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Número de citações (autores, artigo, fontes)</li><li>• Ano de publicação (artigos)</li><li>• Quantidade de artigos publicados (fontes)</li></ul>	 <b>BIBTEX</b>



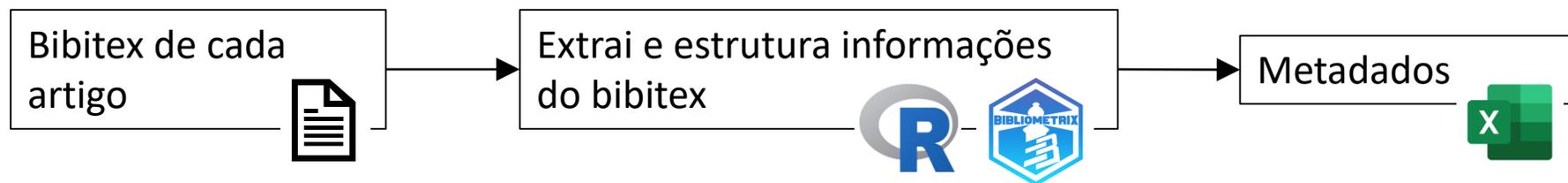
### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Bibliometrix – visão geral



Ferramenta de análise bibliométrica desenvolvida em R que auxilia na avaliação da literatura científica. Ela permite a análise de padrões de citação, cocitação, redes de colaboração entre autores e outras métricas bibliográficas. Facilita a visualização e interpretação de grandes volumes de dados bibliográficos, auxilia na identificação líderes em áreas de pesquisa e mapear campos de estudo.

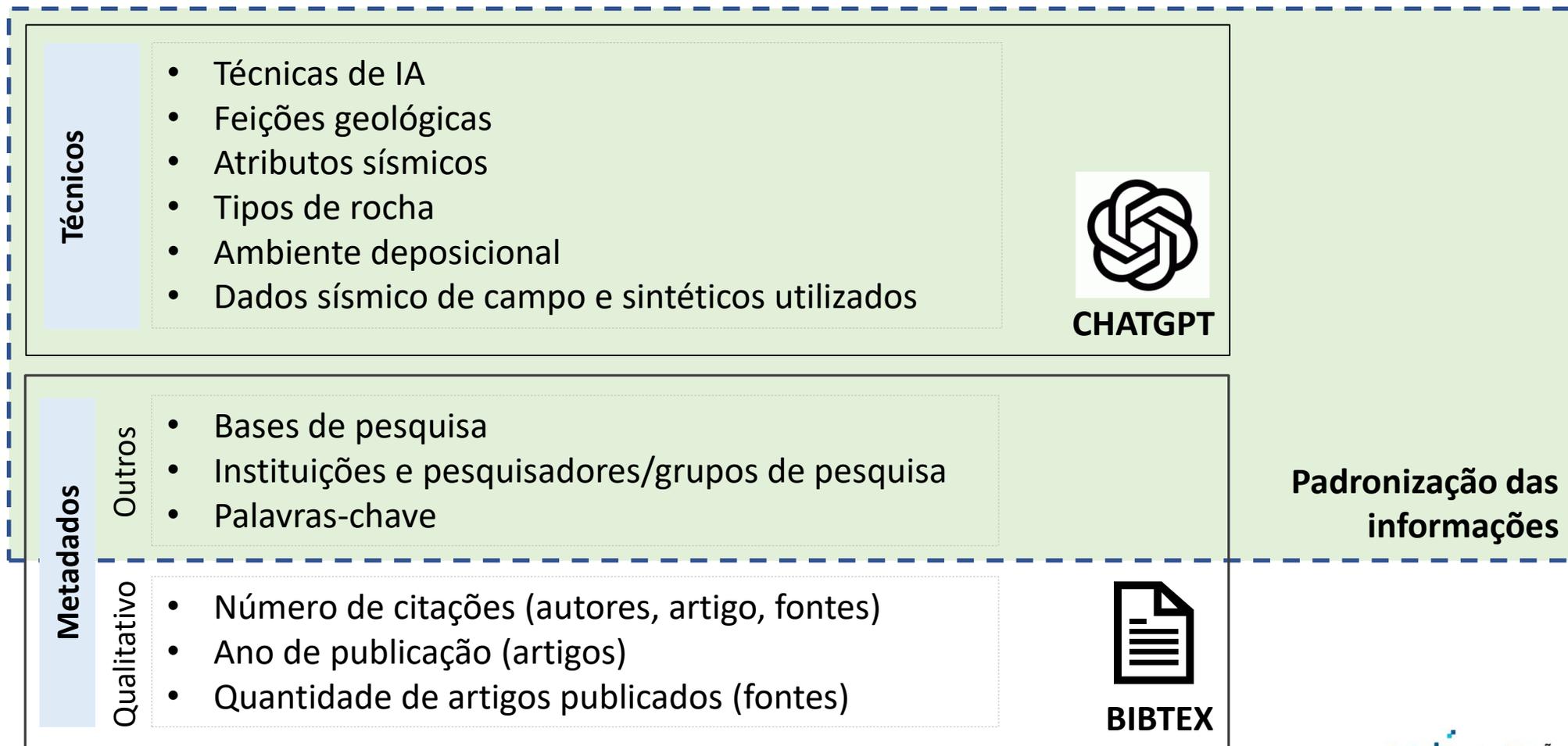


# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Obtendo informações dos artigos – ETL

Padronização das informações:

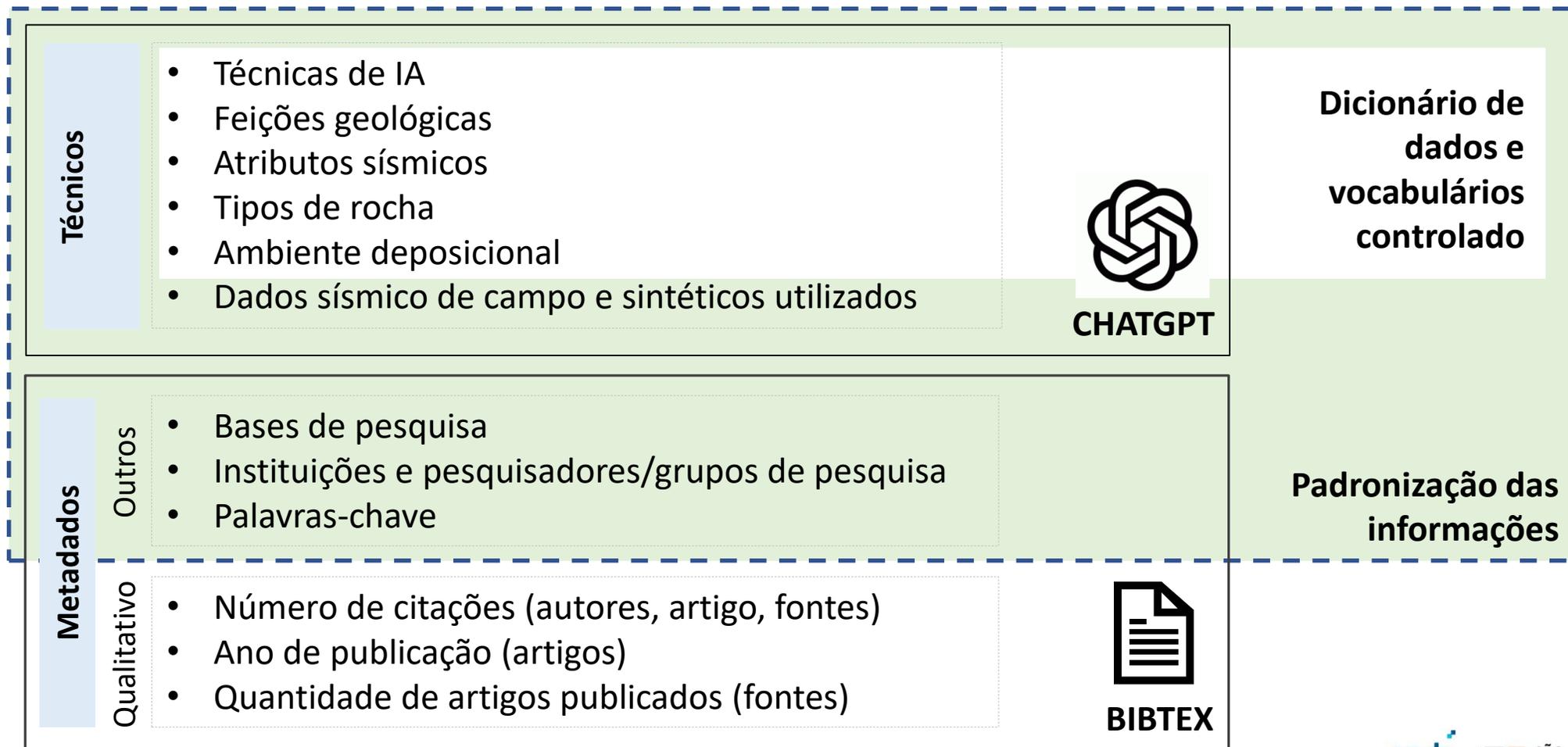


### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Obtendo informações dos artigos – ETL

Dicionário de dados e vocabulário controlado:



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Obtendo informações dos artigos – ETL

Dicionário e vocabulário controlado:

Técnicos

- Técnicas de IA
- Feições geológicas
- Atributos sísmicos
- Tipos de rocha
- Ambiente deposicional
- Dados sísmico de campo e sintéticos utilizados



CHATGPT

Dicionário e vocabulários controlado

Metadados

Outros

- Bases de pesquisa
- Instituições e pesquisadores/grupos de pesquisa
- Palavras-chave

Qualitativo

- Número de citações (autores, artigo, fontes)
- Ano de publicação (artigos)
- Quantidade de artigos publicados (fontes)



BIBTEX

Padronização das informações

Critérios qualitativos para classificação FASE 3

# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

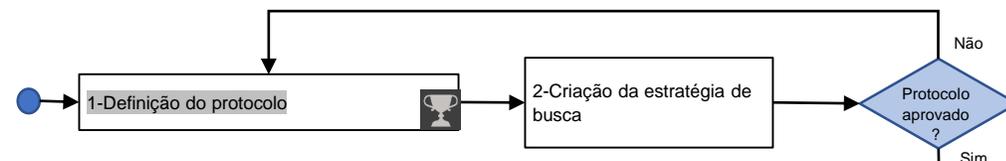
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

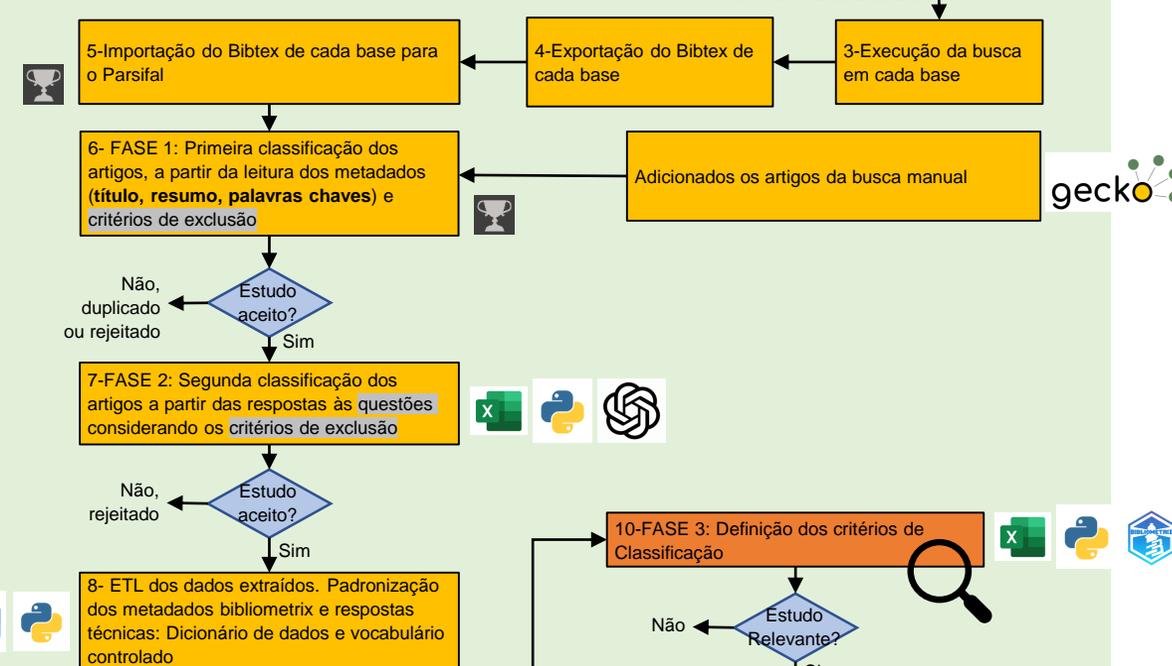
## Resultados:

- Filtragem e priorização dos artigos
- Dados técnicos, metadados e dicionários

### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



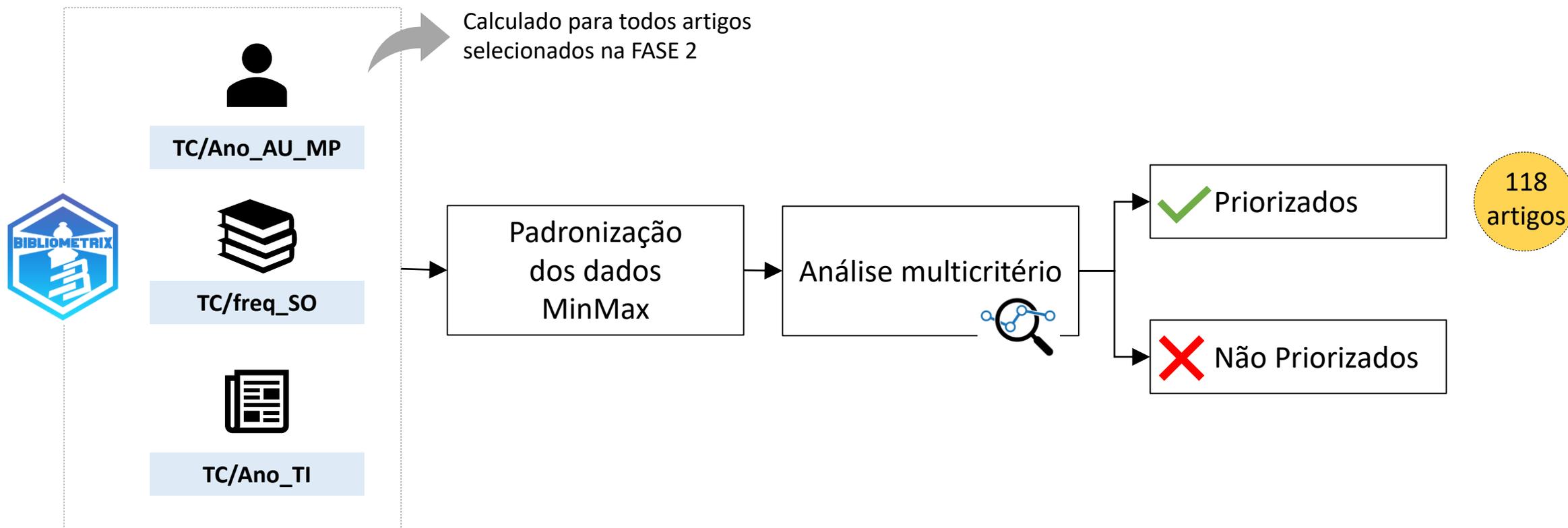
### Etapa 3: Resumo



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Priorização/ Classificação dos artigos – FASE 3



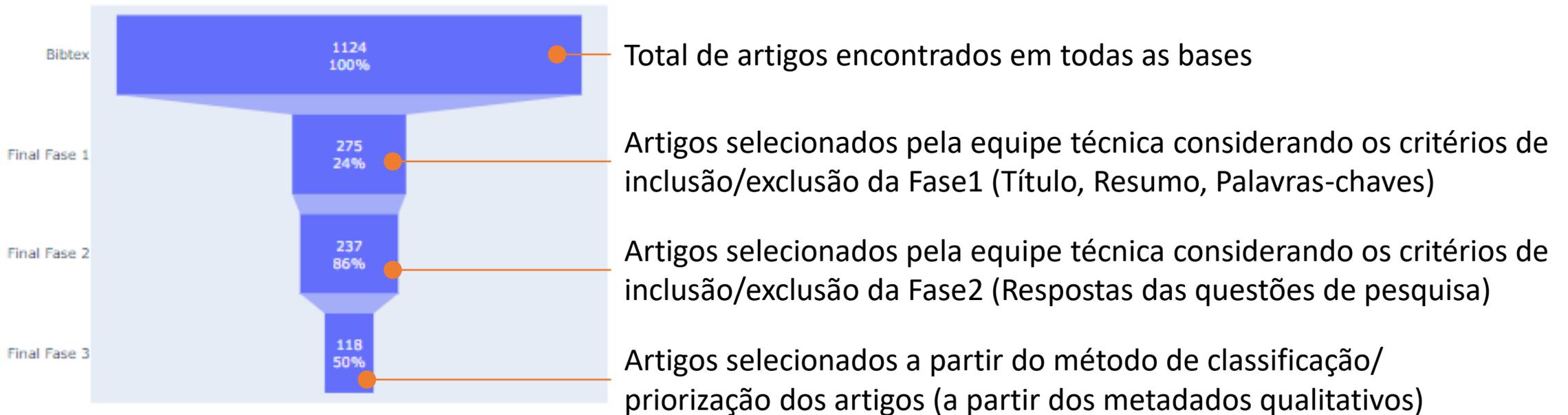
TC – número de citação; Ano – tempo de publicação; freq – número de artigos publicados;  
AU – autor; SO – base; TI - artigo



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO – RESULTADOS ALCANÇADOS



#### Filtro



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO – RESULTADOS ALCANÇADOS



## Lista dos artigos priorizados

### **Seismic fault detection based on multi-attribute support vector machine analysis**

*Haibin Di\*, Muhammad A. Shafiq, and Ghassan AlRegib*

*Center for Energy and Geo Processing (CeGP), Georgia Institute of Technology*

### **Improving seismic fault detection by super-attribute-based classification**

Haibin Di<sup>1</sup>, Mohammad Amir Shafiq<sup>2</sup>, Zhen Wang<sup>2</sup>, and Ghassan AlRegib<sup>2</sup>

### **A comparison of classification techniques for seismic facies recognition**

Tao Zhao<sup>1</sup>, Vikram Jayaram<sup>2</sup>, Atish Roy<sup>3</sup>, and Kurt J. Marfurt<sup>1</sup>

### **Seismic Foundation Model (SFM): a new generation deep learning model in geophysics**

Hanlin Sheng<sup>1</sup>, Xinming Wu<sup>1\*</sup>, Xu Si<sup>1</sup>, Jintao Li<sup>1</sup>, Sibozhang, and Xudong Duan

<sup>1</sup>School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China,

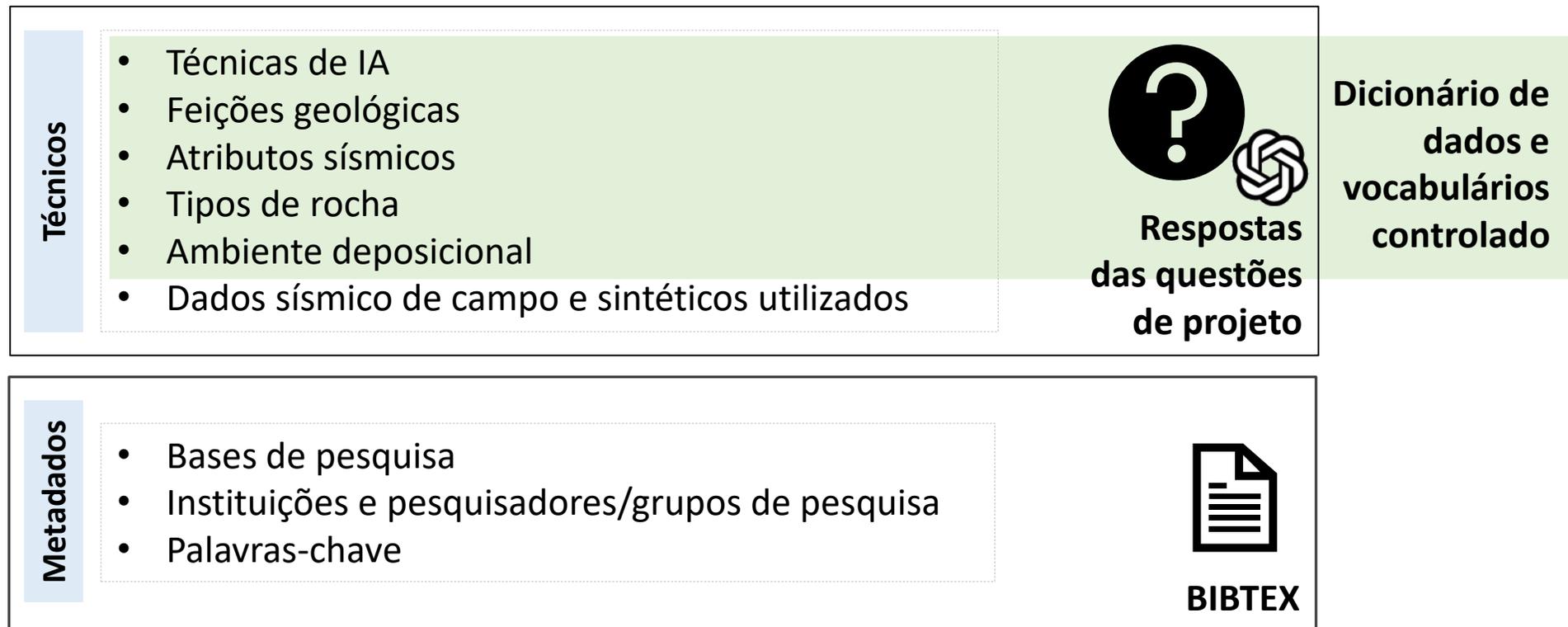
Hefei, China.



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO – RESULTADOS ALCANÇADOS



#### Dados técnicos, metadados e dicionários



# 4. ETAPA 3: RESUMO



## Ferramentas utilizadas:

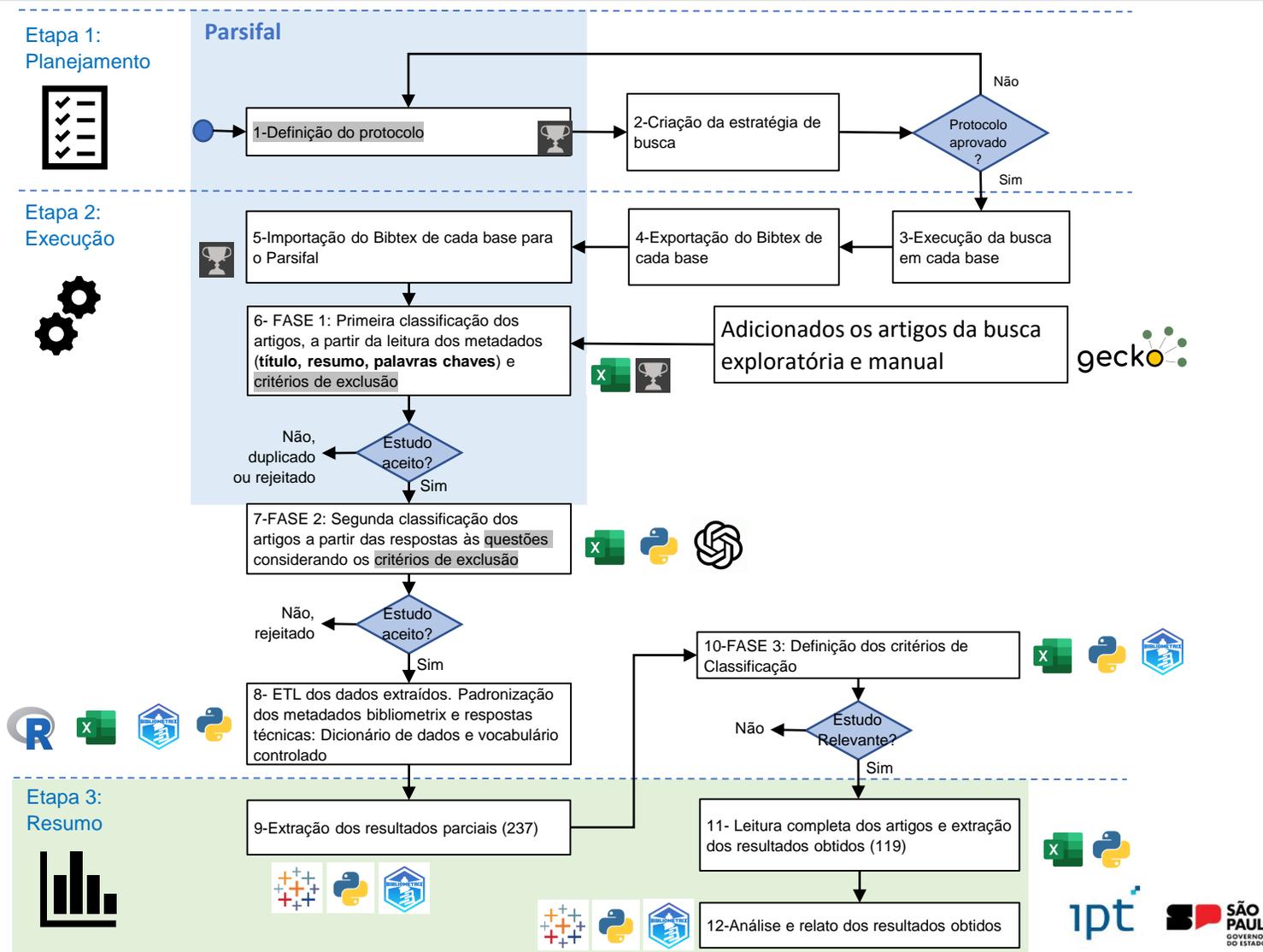
- Excel
- Python
- Bibliometrix
- Tableau

## Atividades:

- Fichas de Leitura
- Visualização dos resultados a partir das informações extraídas na Etapa 2

## Resultados:

- Cruzamento das informações obtidas
- Respostas das questões de projeto



# 4. ETAPA 3: RESUMO



## Ficha de leitura:

ID	228
TÍTULO	FAULTNET3D: PREDICTING FAULT PROBABILITIES, STRIKES, AND DIPS WITH A SINGLE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
REFERÊNCIA	WU X;SHI Y;FOMEL S;LIANG L;ZHANG Q;YUSIFOV A. FAULTNET3D: PREDICTING FAULT PROBABILITIES, STRIKES, AND DIPS WITH A SINGLE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK. IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, 9138-9155, 2019
DOI	10.1109/TGRS.2019.2925003
ANO DE PUBLICAÇÃO	2019
AUTORES	WU X;SHI Y;FOMEL S;LIANG L;ZHANG Q;YUSIFOV A
NÚM. DE PÁGINAS	9138-9155
PALAVRAS-CHAVE	seismic facies; cube; synthetic data; field data; fault / falha; classification; features extraction; artificial intelligence; neural network; CNN - convolutional neural network; random forest
NÚMERO DE CITAÇÕES	88
TÉCNICA DE IA	CNN
FEIÇÕES GEOLÓGICAS	Fault
ATRIBUTOS SÍSMICOS	
TIPOS DE ROCHA	
AMBIENTE DEPOSICIONAL	
DADOS DE CAMPO	sim;Campos Basin 3D; Opunake 3D; Maui 3D
DADOS SINTÉTICOS	sim;nan
ELABORADA POR	Felipe Silva Sillés
ATUALIZADA EM	08/10/2024
RESUMO Ideia geral do artigo	O estudo propôs a utilização de uma rede neural convolucional (CNN) para estimar simultaneamente probabilidades de falhas, strikes e dips diretamente de uma imagem sísmica. A tarefa envolveu a construção de um modelo CNN de 7 camadas para classificar strikes e dips de falhas em um cubo sísmico local e obter a probabilidade de classificação ao mesmo tempo. Os resultados mostraram que, mesmo treinado apenas com conjuntos de dados sintéticos, o modelo CNN pode ser aplicado para estimar com precisão as probabilidades de falhas, strikes e dips em imagens sísmicas de campo adquiridas em levantamentos totalmente diferentes. O diferencial inovador do artigo é a capacidade de uma única CNN estimar simultaneamente três parâmetros de falhas, o que melhora a precisão e a continuidade das imagens de falhas. Os desafios enfrentados incluíram a criação de um grande número de cubos sísmicos sintéticos para treinamento e a necessidade de melhorar a continuidade das características de falhas nas imagens finais. Atividades futuras podem incluir a adaptação do modelo para detectar falhas com ângulos de dip mais baixos e a estimativa de deslocamentos de falhas.
1. O ARTIGO FAZ UMA COMPARAÇÃO ENTRE TÉCNICAS DE IA? SE SIM, QUAIS TÉCNICAS SÃO COMPARADAS E SOB QUAIS CONDIÇÕES? (Sugestão: incluir referências relativas às técnicas citadas, informações sobre essa comparação, extrair imagens do artigo contendo gráficos, tabelas, etc.).	Sim. Técnicas comparadas: C3, C2, planarity, structure-oriented planarity, structure-oriented semblance, fault likelihood, optimal surface voting, FaultSeg3D. Resultado da comparação: A técnica proposta (CNN-based method) apresentou melhor desempenho em obter uma detecção de falhas precisa e limpa. Melhor desempenho: CNN-based method.
2. SÃO APRESENTADOS RESULTADOS SOBRE O DESEMPENHO DO MÉTODO E/OU TÉCNICA DE IA CITADOS NO ARTIGO? (Sugestão: incluir informações relativas ao desempenho mencionado, como por exemplo imagens de tabelas e/ou gráficos extraídos do artigo, métricas)	Métricas utilizadas: Precisão-recall, curvas ROC. Desempenho/accurácia: A precisão-recall mostrou que o método de classificação baseado em CNN forneceu as maiores precisões para todas as escolhas de recall. As curvas ROC indicaram que o método de classificação baseado em CNN teve o melhor desempenho em termos de precisão de detecção de falhas, superando outras

3. CITAR OS ATRIBUTOS SÍSMICO QUE FORAM RELEVANTES PARA O TRABALHO?	O artigo utiliza atributos como base de comparação para o método desenvolvido baseado em CNN Atributos sísmicos: Semblance, coherency
4. SÃO SUGERIDOS TRABALHOS FUTUROS RELATIVOS AO ESTUDO EM QUESTÃO? NO MÉTODO PROPOSTO, APONTA MELHORIAS ALCANÇADAS OU ASPECTOS A MELHORAR? O AUTOR CITA QUAIS SÃO OS PONTOS FRACOS E INDICA COMO TRATÁ-LOS?	Desafios não solucionados: D2: O artigo não aborda diretamente a questão dos dados sísmicos de baixa qualidade limitando a precisão. D5: O método proposto é computacionalmente caro, exigindo um tempo significativo para processar volumes sísmicos completos. D6: A dificuldade de interpretação dos modelos de DL ("caixa-preta") não foi abordada no artigo.
5. O ARTIGO MENCIONA A UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE, FERRAMENTA OU OUTRO RECURSO COMPUTACIONAL? (AASPI, informações disponíveis no github, etc.).	Foram utilizados: NVIDIA Titan Xp GPU para treinamento e validação do modelo CNN
6. O ARTIGO INFORMA CARACTERÍSTICAS DA INFRAESTRUTURA COMPUTACIONAL?	Características da infraestrutura: O treinamento do modelo CNN foi realizado utilizando uma GPU NVIDIA Titan Xp. O treinamento do modelo 2D levou cerca de 8.8 minutos para 12 épocas, enquanto o treinamento do modelo 3D levou cerca de 4 horas para 12 épocas. A GPU foi essencial para acelerar o processo de treinamento e validação dos modelos.
7. RELEVÂNCIA PARA O TRABALHO (Responder considerando: relevante, mediantemente, não relevante)	relevante
8. RELEVANTE PARA QUÊ?	cnn multithread
9. ESSE ARTIGO ESTÁ ENTRE OS 5 MELHORES ARTIGOS? JUSTIFIQUE	sim, estimativa simultânea de probabilidades de falha, direções e inclinações
LISTA DE CITAÇÕES E COMENTÁRIOS Indicar citações que julgar relevantes, trechos que expressam pontos fundamentais do artigo.	"We simultaneously estimate fault probabilities, strikes, and dips directly from a seismic image by using a single convolutional neural network (CNN). In this method, we assume a local 3-D fault is a plane defined by a single combination of strike and dip angles." "We construct a 7-layer CNN to classify the fault strike and dip in a local seismic cube and obtain the classification probability at the same time. By sliding the classification window within a full seismic image, we are able to obtain a lot of overlapping fault cubes which are stacked to compute three full images of enhanced and continuous fault probabilities, strikes, and dips." "To train the CNN model, we propose an effective and efficient workflow to automatically create 900 000 synthetic seismic cubes and the corresponding fault class labels. Although trained with only synthetic data sets, our CNN model can be applied to accurately estimate fault probabilities, strikes, and dips within field seismic images."
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS Relevantes	

## 4. ETAPA 3: RESUMO

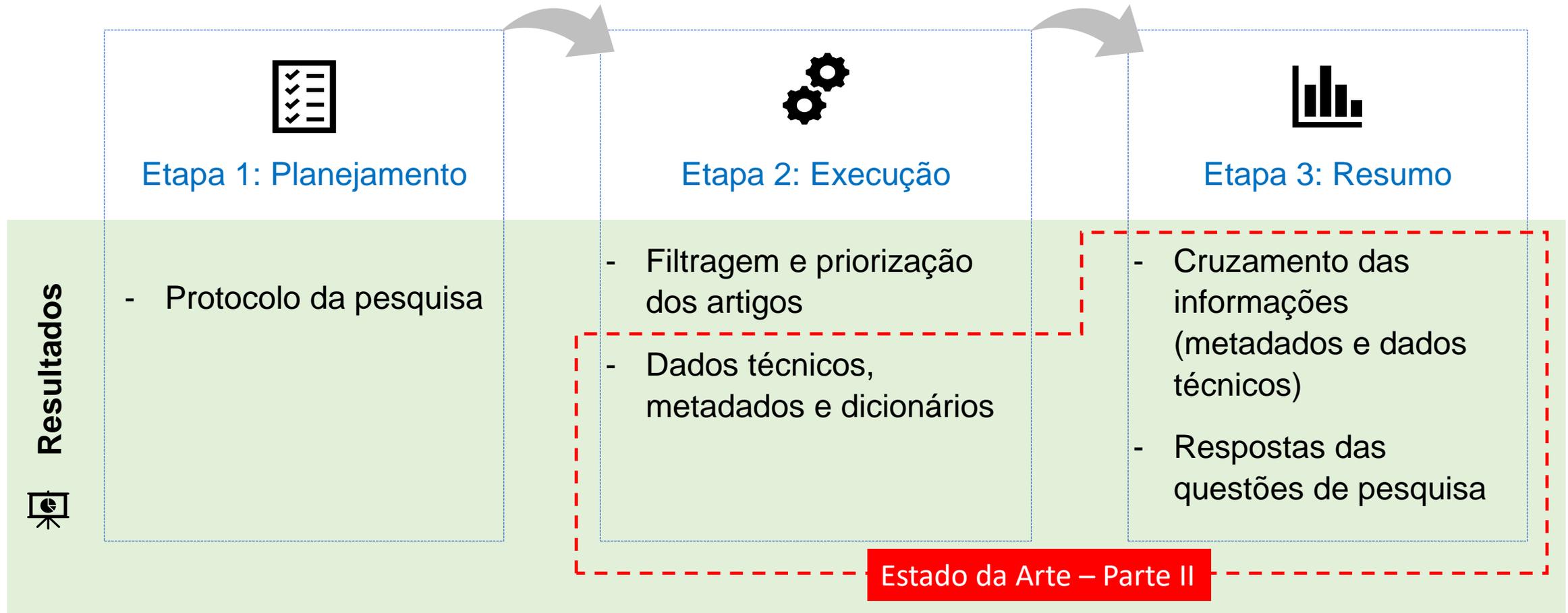


### Desafios:

- D1, falta de datasets anotados para treinar modelos de DL ou ML.
- D2, dados sísmicos de baixa qualidade limitam a precisão.
- D3, incertezas na interpretação de feições geológicas.
- D4, problemas de generalização de modelos treinados com dados sintéticos.
- D5, alto custo computacional dos modelos de DL ou ML.
- D6, dificuldade de interpretação dos modelos de DL ("caixa-preta") ou ML.
- D7, problemas de classificação desbalanceada dos datasets.
- D8, falta de critérios adequados para avaliação de desempenho/acurácia.
- D9, falta de acesso aberto a dataset e ou código implementado.
- D10, métodos de DL ou ML omitem restrições geológicas conhecidas.
- D11, problemas de interoperabilidade dos modelos de DL ou ML com interpretações manuais (por exemplo, falhas sísmicas detectadas não podem ser carregadas em um software de interpretação sísmica).
- D12, dificuldade de generalização do modelo de DL ou ML para identificação de outras feições geológicas não tratadas no artigo.



# 5. CONCLUSÃO/ PRINCIPAIS RESULTADOS ALCANÇADOS





---

# PETROBRAS

## IDENTIFICAÇÃO DE FEIÇÕES GEOLÓGICAS EM DADOS SÍSMICOS POR MEIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

ESTADO DA ARTE – PARTE II

05.11.2024

# ESTADO DA ARTE – PARTE II

## ETAPA 3: RESUMO – RESULTADOS ALCANÇADOS

### Sumário

1. Retrospectiva: resultados produzidos nas etapas anteriores
2. Tratamento das informações extraídas dos artigos
3. Resultados obtidos a partir dos artigos selecionados
4. Resultados extraídos de artigos de maior relevância
5. Considerações e próximas atividades



# 1. RETROSPECTIVA: RESULTADOS PRODUZIDOS NAS ETAPAS ANTERIORES

Nas etapas anteriores, foram obtidos dois conjuntos de dados:

- um conjunto contendo 237 artigos, cuja análise dos respectivos metadados e dos dados técnicos possibilitou o entendimento do contexto e evolução do estado da arte;
- outro conjunto reunindo 119 artigos examinados detalhadamente (subconjunto do primeiro), extraindo-se informações relativas aos desafios, oportunidades, trabalhos futuros, arquitetura da solução, desempenho, recursos computacionais, entre outros.



## 2. TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DOS ARTIGOS

### 2.1 Dicionário de dados

- **Metadados dos artigos:** estabelecimento de uma lista de atributos comuns às diversas bases de dados pesquisadas, incluindo: autores, título, ano de publicação, DOI, fonte (periódicos, artigos de congresso, etc.), instituições\*, palavras-chaves\*, entre outros
- **Dados técnicos:**
  - Técnicas de inteligência artificial
  - Feições geológicas
  - Atributos sísmicos
  - Tipos de rocha
  - Ambiente deposicional
  - Conjunto de dados de campo
  - Conjunto de dados sintéticos

A partir dos dados técnicos extraídos dos artigos, foram adotadas denominações padronizadas para contabilizar as ocorrências relativas a técnicas de IA, feições geológicas, conjunto de dados, entre outras. Essa padronização também foi feita para atributos relativos aos metadados dos artigos, tais como instituições, palavras-chaves, fonte, etc.



## 2. TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DOS ARTIGOS

### TÉCNICAS DE IA: Terminologia adotada para a denominação de grupos e técnicas mencionados nos artigos selecionados

Grupo	Técnicas
<b>Classic ML</b>	Adaboost; ANN; Bayesian Classifier; Clustering; Decision Tree; Ensemble; Extra Tree; Gaussian Process; Gradient Boosting; KNN; LDA; Linear Regression; Logistic Regression; MLP; Naive Bayes; Neural Network; PNN; QDA; Random Forest; Ridge Regression; SVM; XGBoost
<b>Clustering</b>	Clustering; DBScan; Feature Agglomeration; Gaussian Mixture Model; GTM; Hierarchical Clustering; ICA; K-means; Mean Shift; SOM; Spectral Clustering
<b>DL</b>	2D CNN; 2D Unet; 3D ASPP; 3D CNN; 3D Resnet; 3D Saltnet; 3D Unet; 3D Usegnet; ASPP; Attention Convolutional Module; Attention Module; Attention NN; Autoencoder; Bayesian Segnet; CNN; Conditional GAN; Contrastive Learning; DARTS; Deep Convolutional Embedding Clustering; Deep NN; DeepLabv3; Directed Acyclic Graph NN; DNN; Dual task CNN; Efficientnet; Explainable AI; Faster R-CNN; GAN; Graph Attention Network; Graph Convolutional Network; LSTM; MLP-Mixer; Neural Style Transfer; PSP Net; R-CNN; Representation Learning; Resnet; Restricted Boltzmann Machine; RNN; Segformer; Segnet; Self-Supervised Learning; Shufflenet; Transfer Learning; Transformer; Transformer/Unet; Unet; USegformer; VGG
<b>Fuzzy</b>	Fuzzy System
<b>Image Processing</b>	3D Graph-Cut; Edge Detection; Frangi Filter; Gabor Filter; Hough Transform; Interpolation; Local Binary Pattern; LoG; Morphological Operations; Skeletonization; Superpixel; Thresholding
<b>Loss Function</b>	Balanced Cross Entropy; Combined Loss; Coral; Cosine Loss; Dice Loss; Discriminative Loss; Focal Loss; Focal Tversky Loss; Horizon Sequence-Constrained Loss; L1 loss; Logarithmic Loss; Lovász-Softmax Loss; Masked Loss; Md Loss; Negative Log-Likelihood; Partial Loss; Total Variation Loss
<b>Metaheuristics</b>	Neighborhood Search; Swarm
<b>Optimizer</b>	Adam; SGD
<b>Preprocessing</b>	Data Augmentation; Maximum Entropy Wigner-Ville Distribution; PCA; Relieff; Subspace Learning; Thalweg Automated Labeling; t-SNE; UMAP; Variational Mode Decomposition; Wavelet Transform
<b>Semi Supervised</b>	Data Distillation; Few Shot Learning; Iterative Semi Supervised Learning; Labeled/Unlabeled Data Mixup; Mean Teacher; Pseudo Labels; Weakly Supervised Learning
<b>Statistics</b>	Anova; Monte Carlo; RANSAC
<b>Time series</b>	DTW
<b>Unsupervised</b>	Contrastive Learning; Unsupervised ANN



## 2. TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DOS ARTIGOS

**FEIÇÕES GEOLÓGICAS:** Terminologia adotada para a denominação de grupos e classificação de feições citadas nos artigos selecionados

Grupo	Classificação
Carbonate	Build-up Karst Reef
DHI	Bright Spot Gas Chimney Sand Gas
Evaporite	Salt
Facies	Litofacies Seismic Facies Sequence Stratigraphy
Fault	Fault
Siliciclastic	Channel Mass Transport Turbidite
Stratigraphic	Stratigraphic Sequences
Structural	Anticline Fold



## 2. TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DOS ARTIGOS

### 2.2 Ferramentas utilizadas para visualização dos dados e análise



Parsifal



Excel



Python



Bibliometrix



Rstudio



Tableau

### 2.3 Apresentação dos resultados

Os gráficos e tabelas, reunidos nos Itens 3 e 4 adiante, apresentam parte das informações extraídas dos artigos analisados, utilizando-se as ferramentas citadas no Item 2.2. Podem conter informações ligadas aos metadados dos artigos, dados técnicos e dicionário de dados.

Além disso, os resultados referem-se a um dos seguintes conjuntos que contém:

- 237 artigos selecionados nas etapas anteriores (Item 3) ou
- 119 artigos considerados mais relevantes, dos quais foram extraídas informações mais detalhadas, tais como desafios, oportunidades, arquitetura da solução, entre outras (Item 4).



### 3. RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DOS ARTIGOS SELECIONADOS

a) **Metadados dos artigos:** título, resumo, autores, ano de publicação, instituições, fontes de informação (periódicos, congressos), palavras-chave, entre outras informações.

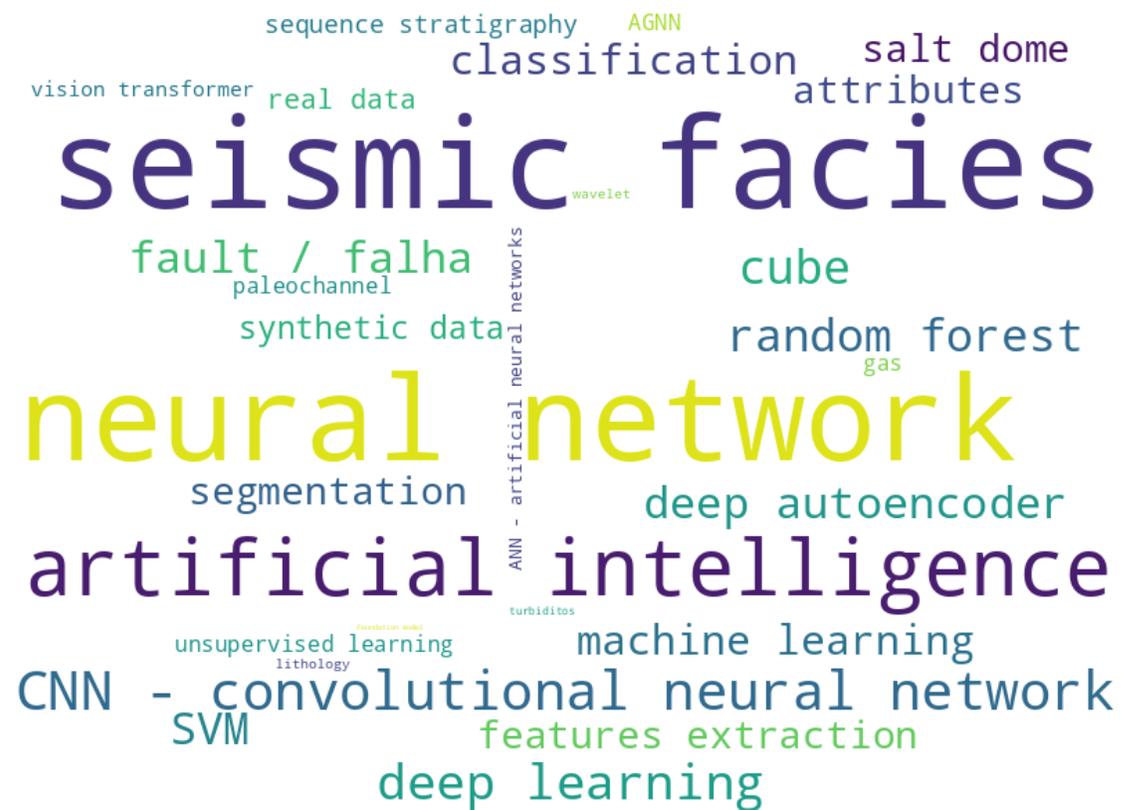
#### Principais informações



b) **Dados técnicos:** técnicas de IA, feições geológicas, atributos, tipos de rocha, ambiente deposicional, conjunto de dados de campo e sintéticos.

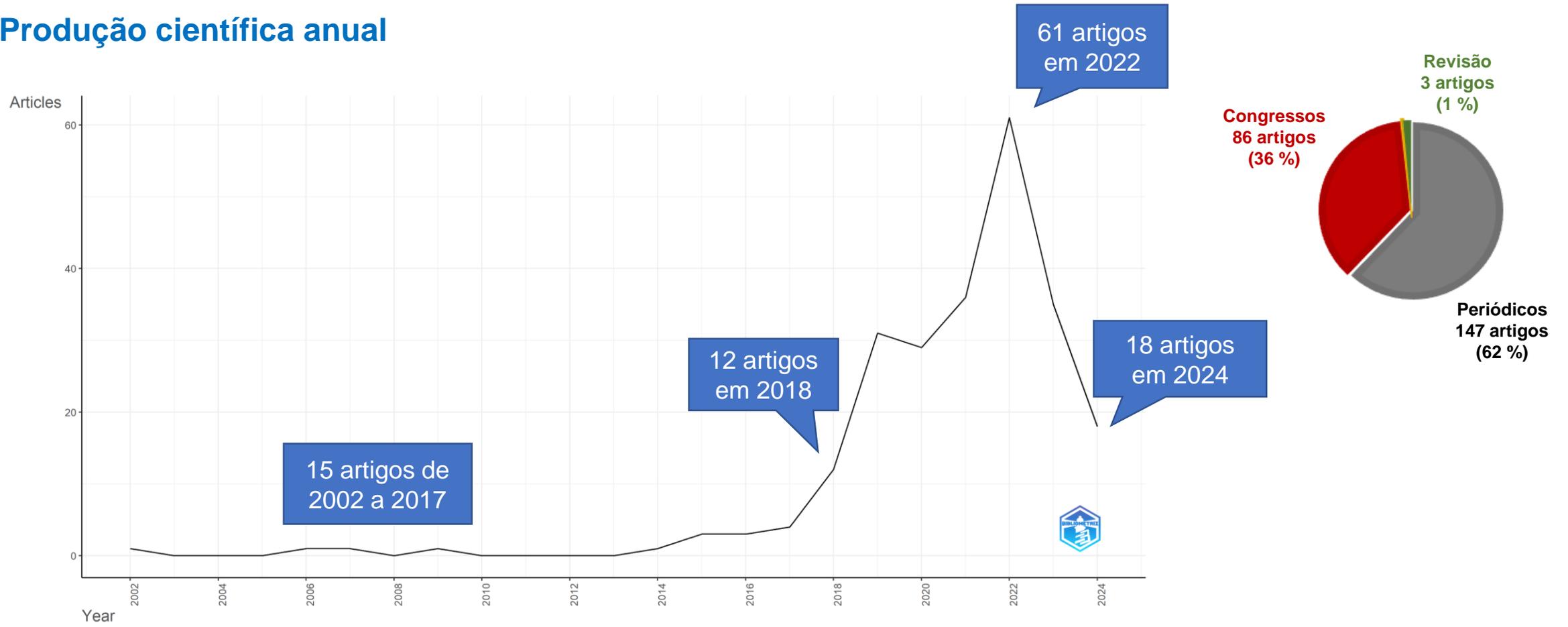
## 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

Ocorrência das 29 palavras-chave utilizadas para seleção dos artigos na Fase 2



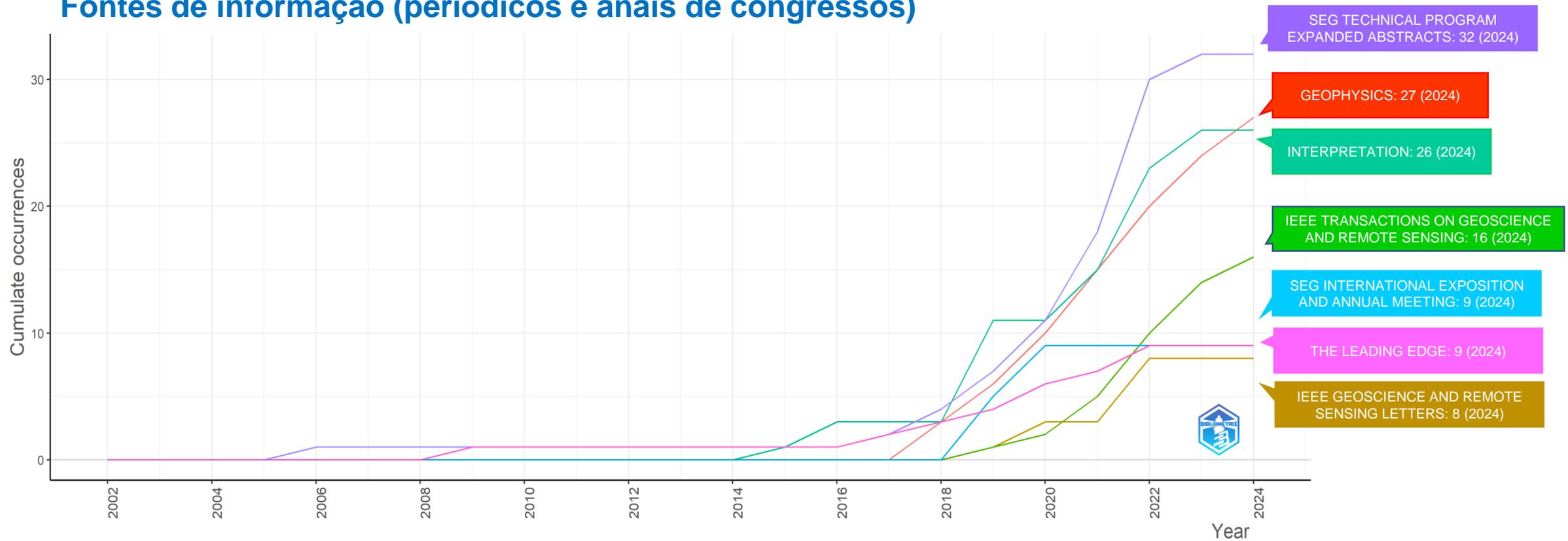
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Produção científica anual



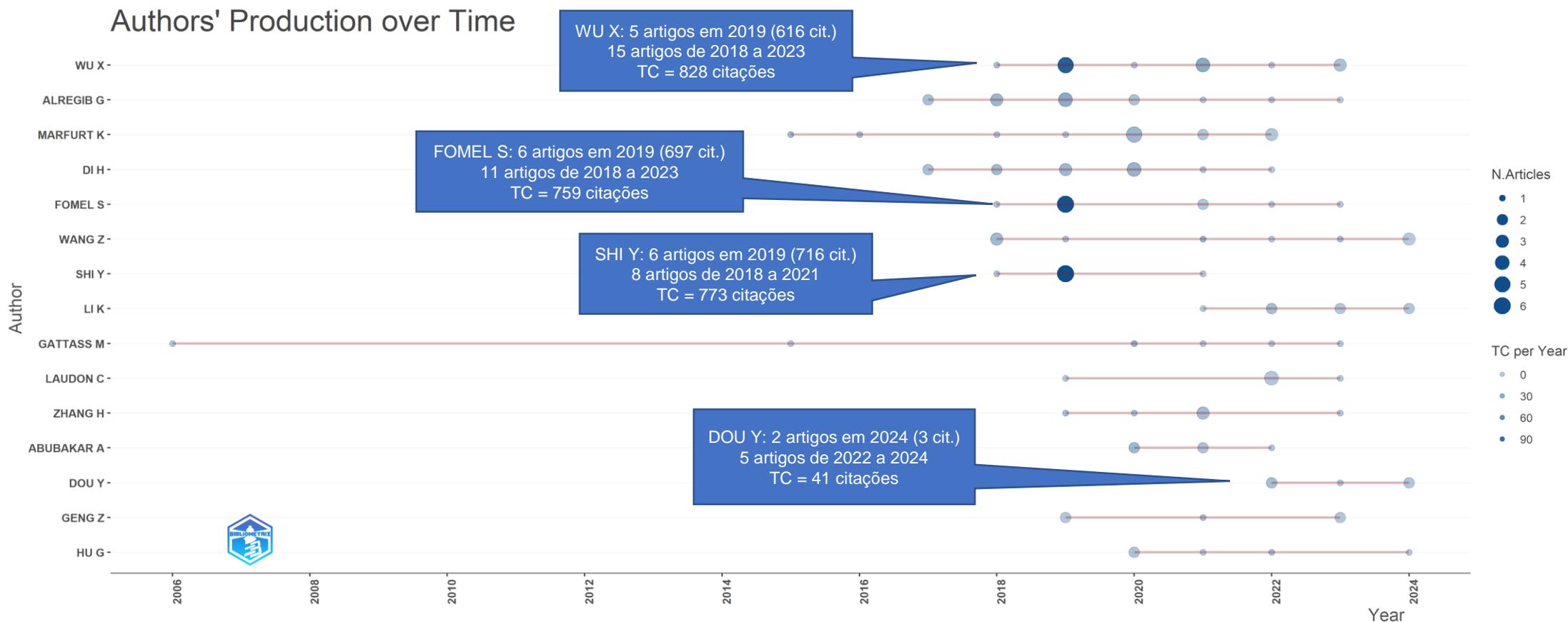
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Fontes de informação (periódicos e anais de congressos)



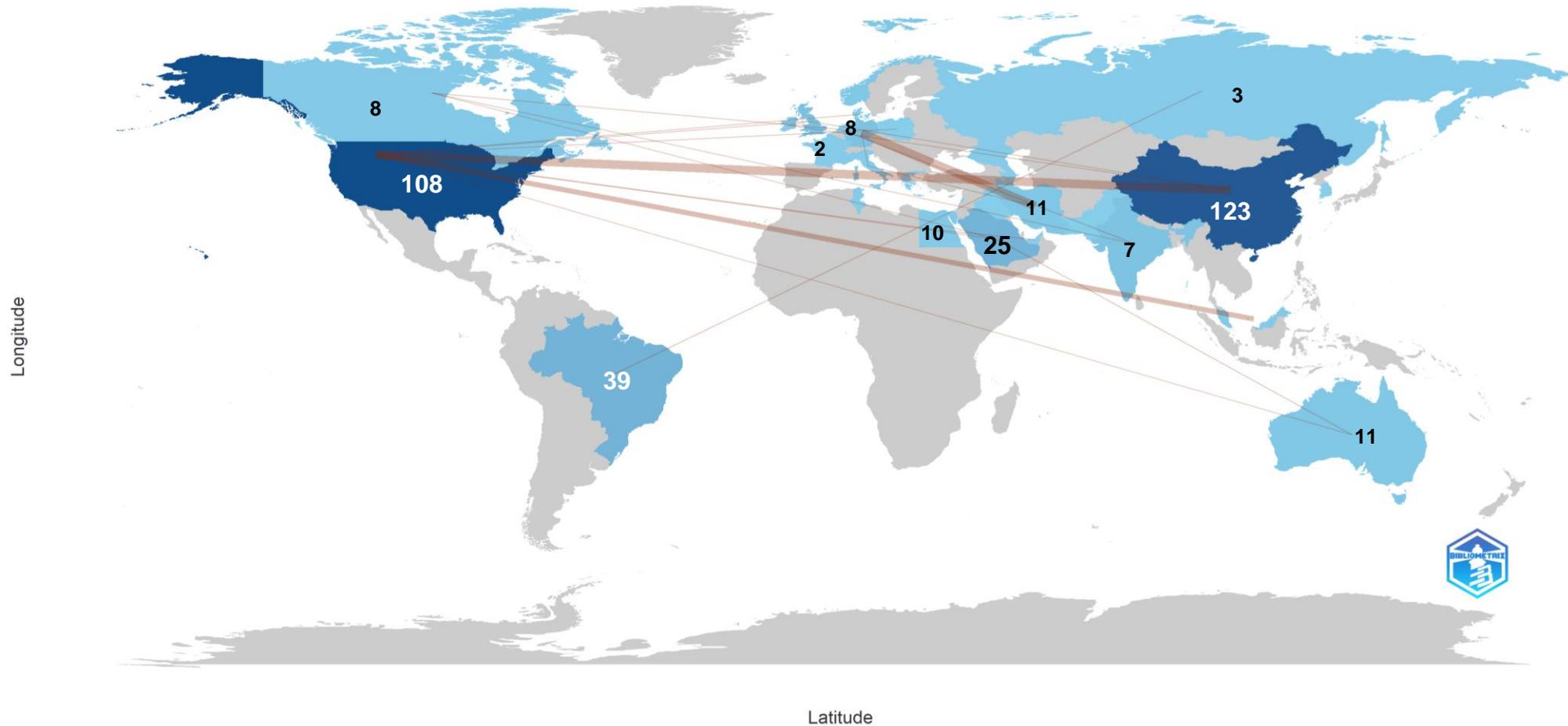
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Autores: produção científica e impacto considerando o total de citações (TC)



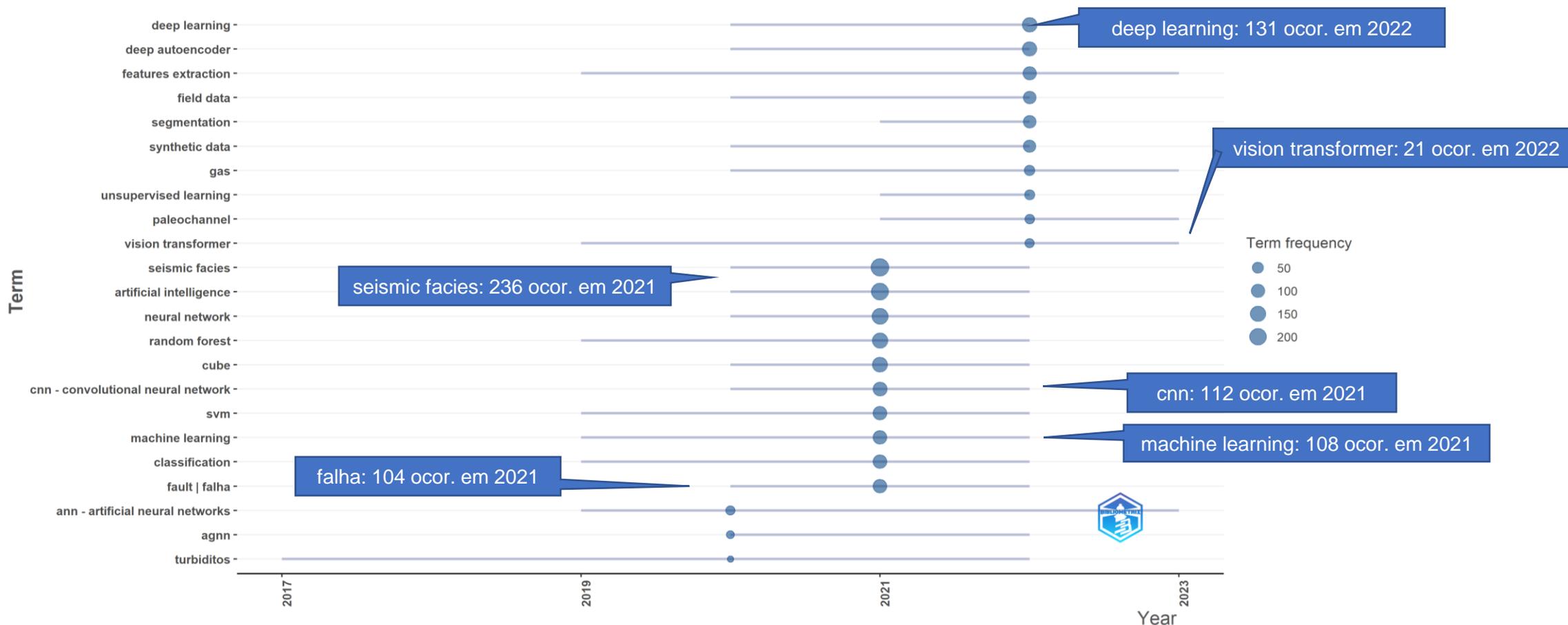
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Produção científica por país (número de artigos) e colaboração



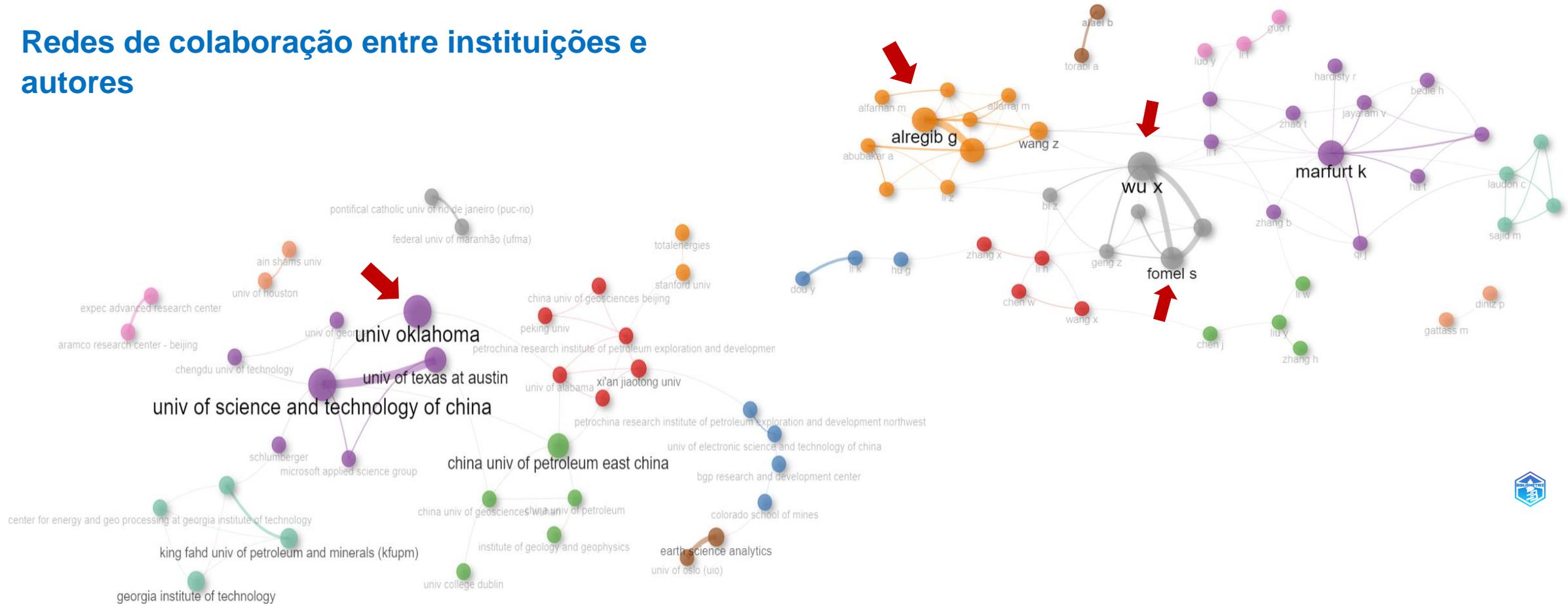
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Tendência de tópicos considerando ocorrência anual de palavras-chave (*term frequency*)



# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Redes de colaboração entre instituições e autores



# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

The screenshot shows the homepage of the Computational Interpretation Group (CIG). The header is dark green with the group name and tagline. A navigation bar includes links for home, people, research, publication, teaching, software, collaboration, news, and alumni. The main content area has a light orange background. It features a large seismic image on the left and text on the right describing the group's work. A 'CONTACT' section lists the group head and email. An 'AFFILIATION' section lists the group's affiliation with USTC and other institutions. An 'ABROAD COLLABORATIONS' section lists various research centers. A 'We currently focus on AI for geoscience problems:' section lists several key research areas.

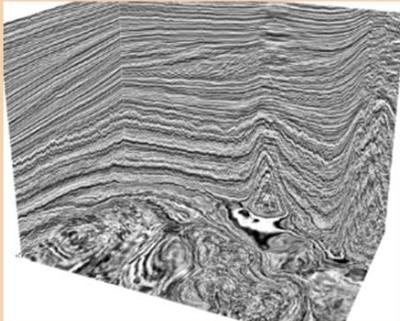
## Computational Interpretation Group

—with AI for geoscience

[home](#) [people](#) [research](#) [publication](#) [teaching](#) [software](#) [collaboration](#) [news](#) [alumni](#)

### Home

The Computational Interpretation Group (CIG) is a research group that collaborates with industry, government agencies, and academic institutions to advance research in exploration geophysics, monitoring, and artificial intelligence. Financially supported by global sponsors, our students engage in diverse research topics and have the freedom to choose those that align best with their interests and expertise.



Initially founded for seismic interpretation, CIG has expanded its scope to include computer-assisted processing and interpretation of datasets across diverse fields such as exploration geophysics, well-logging, seismology, planetary science, and oceanography.

For instance (left), we developed **softwares** that efficiently and accurately interpret critical geologic features of faults, unconformities, horizons, geobodies, and facies in 3D seismic volumes. We further used these features, combined with well-log properties, domain knowledge, and human interactions, to build subsurface models.

#### CONTACT

Group Head: **Xinming Wu** (伍新明)  
Email: [xinmwu@ustc.edu.cn](mailto:xinmwu@ustc.edu.cn)

#### AFFILIATION

- Geophysics Faculty@USTC
- School of Earth and Space Sciences
- University of Science and Technology of China

#### ABROAD COLLABORATIONS

- TCCS
- CWP
- BEG
- RING

**We currently focus on AI for geoscience problems:**

- seismic structural interpretation;
- seismic stratigraphic interpretation;
- seismic geobody interpretation;
- reservoir property estimation;
- seismic facies characterization;
- subsurface model building;

<https://cig.ustc.edu.cn/main.htm>

The screenshot shows the homepage of the Attribute-Assisted Seismic Processing & Interpretation (AASPI) group. The header is white with the group name and logo. A navigation bar includes links for HOME, ABOUT, DOCUMENTATION, PRODUCTS, ANNUAL MEETINGS, and CONTACT. The main content area has a dark red background with the title 'AASPI CURRENT WORKPLAN'. Below this, there is a section for 'AASPI SOFTWARE UPDATES' with a paragraph of text. At the bottom, there are four circular icons representing different documents: '2024 Statement of Work (pdf)', '2023 Accomplishments (pdf)', '2024 Workplan (pdf)', and 'Previous Enhancements'.

## MEWBOURNE COLLEGE OF EARTH AND ENERGY

### ATTRIBUTE-ASSISTED SEISMIC PROCESSING & INTERPRETATION

The UNIVERSITY of OKLAHOMA

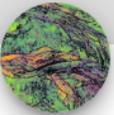
[HOME](#) [ABOUT](#) [DOCUMENTATION](#) [PRODUCTS](#) [ANNUAL MEETINGS](#) [CONTACT](#)

# AASPI CURRENT WORKPLAN

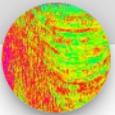
### AASPI SOFTWARE UPDATES

At AASPI, fostering robust collaboration with our sponsors and collaborators is a top priority. We are dedicated to sharing our workplans and software enhancements, and actively seeking their feedback to refine our strategies. Understanding the seismic imaging and reservoir characterization challenges encounter in subsurface characterization enables us to tailor student research projects to address real-world problems.

Also, we welcome seismic and well log donations, providing our students with invaluable hands-on experience in tackling genuine data and imaging problems. This not only enriches their academic journey but also equips them with practical skills for their futures in energy subsurface characterization.



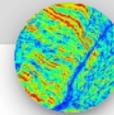
2024 Statement of Work (pdf)



2023 Accomplishments (pdf)



2024 Workplan (pdf)



Previous Enhancements

<https://www.ou.edu/mcee/labs/aaspi/about/current-workplan>



# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Ghassan AlRegib

Olives - Omni Lab for Intelligent Visual Engineering and Science

---

Home Blog CSIP Team Research Publications ▾ **ML4SEISMIC** ▾ Courses and Tutorials Georgia Tech courses AI Makerspace Competitions ▾ Software & Datasets Demos Activities Contact

---

# ML4SEISMIC

## Center for Machine Learning for Seismic Industry Partners Program

The Presentations for 2023 ML4SEISMIC are available now [\[HERE\]](#)

<https://alregib.ece.gatech.edu/ml4seismic/>



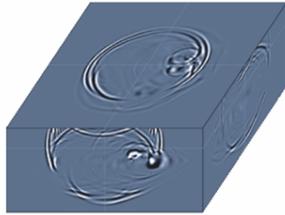
Home Staff Research Publications Software Members Bureau Search

### Fall 2024 Sponsor Meeting

TCCS will hold the Fall 2024 Sponsor Meeting on November 7-8 in Austin, Texas. Hosted by the Bureau of Economic Geology, it will be held at the VR Conference Room.

Representatives from the participating companies are invited to register for the meeting using following [link](#)

The **Texas Consortium for Computational Seismology** is a joint initiative of the **Bureau of Economic Geology** and the Center for Numerical Analysis at the **Oden Institute for Computational Engineering and Sciences** at The University of Texas at Austin. Its mission is to address the most important and challenging research problems in computational geophysics as experienced by the energy industry while educating the next generation of research geophysicists and computational scientists.



TCCS develops novel methods for seismic data analysis with focus on both resource exploration and carbon capture and storage. Areas of research focus include optimizing data acquisition with simultaneous sources, automating seismic interpretation, increasing the resolution of seismic reservoir characterization, and estimating subsurface properties using full-waveform inversion.

TCCS has pioneered new developments in several application areas:

- Deep-learning methods for seismic interpretation, including automatic detection of lithofacies and geobodies
- Deep-learning methods for seismic data processing and imaging, including noise attenuation, computational wave propagation, and least-squares seismic migration
- Optimal-transport methods for seismic full-waveform inversion
- Shaping regularization for improving acquisition and imaging with simultaneous sources
- Diffraction imaging for increasing the resolution of seismic imaging and reservoir characterization
- Seismic anisotropy and attenuation parameterizations for efficient imaging in complex media



Dr. Sergey B. Fomel

Email: [sergey.fomel@beg.utexas.edu](mailto:sergey.fomel@beg.utexas.edu)

Telephone: 512-475-9573



<https://tccs.beg.utexas.edu/>



## 3.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

### Conjunto de dados de campo e sintéticos mencionados nos artigos



Dataset	Feições Encontradas nos Artigos	Ids artigos
"A" Field 3D (Malay Basin)	Salt; Turbidite; Channel	203; 102; 207
2D seismic survey	Sequence Stratigraphy; Fault	483
3D seismic data from Saudi Arabia	Fault	031
3D survey in the South Atlantic Ocean	Salt	265
AN Field 3D	Sequence Stratigraphy; Turbidite; Channel	329
Arabian Basin 3D	Fault	100
Beatrice oil field	Fault	171
Blake Ridge 3D	Fault	014
Bonaventure 3D	Mass Transport	184
BroadseisTM 3D	Fault	390
Browse Basin	Channel	106
Buzios Field 3D	Build-up; Sequence Stratigraphy; Fault; Salt	445; 415; 472
Campos Basin 3D	Fault	228
Canning 3D	Fault	014; 263
Chengdao Oil Field	Channel	458
Coal Fields Shanxi Province	Sequence Stratigraphy; Fault	217
Costa Rica Margin 3D	Fault	229
Dangerous Grounds 3D (DG)	Sequence Stratigraphy; Turbidite; Channel	329
Delft 3D	Fault	014
Diskos 3D	Fault	218
Eugene Island 3D	Salt	450; 208
Four Gazprom Neft seismic cubes	Sequence Stratigraphy	202

Dataset	Feições Encontradas nos Artigos	Ids artigos
Great South Basin (GSB)	Salt; Fault; Channel; Stratigraphic Sequences; Sequence Stratigraphy; Gas Chimney	335; 003; 404; 455; 446; 269; 196
Groningen Gas field 3D	Fault	271
Gulfaks 3D	Sequence Stratigraphy	417
HC125 work area	Fault	079
Horda Platform 3D	Fault	164
Julia field	Salt	178
KG 3D (Krishna - Godavari Basin)	Fault	223; 222
Kahu-3D	Fault	014
Kerry 3D	Sequence Stratigraphy; Salt; Fault	229; 091; 210; 468; 230; 263; 267; 014; 135; 277; 226
Kokako 3D	Turbidite; Channel	380
Kora	Fault	157
LH Blcock	Fault	403
Laverda 3D	Sequence Stratigraphy; Fault	262
Maui 3D	Fault; Sand Gas; Turbidite; Channel	473; 380; 491; 228
Middle Pennsylvanian Red Fork Formation	Channel	290
NH 3D	Sequence Stratigraphy	417
NH0301 3D	Sequence Stratigraphy; Fault	262
NLOG	Fault; Salt	277
Netherlands Offshore F3 Block	Anticline; Salt; Seismic Facies; Bright Spot; Sand Gas; Fault; Channel; Stratigraphic Sequences; Sequence Stratigraphy; Gas Chimney	152; 233; 226; 433; 419; 191; 318; 407; 104; 232; 400; 077; 367; 004; 222; 243; 001; 444; 291; 120; 052; 255; 287; 455; 215; 202; 224; 405; 486; 014; 435; 021; 040; 392; 114; 062; 414; 135; 008; 427; 196; 070; 369; 391; 402; 010; 386; 151; 206; 401; 330; 229; 245; 397; 100; 324; 174; 363; 016; 131; 230; 123; 489; 418; 425; 201; 430; 424; 051; 216; 129; 416; 409; 446; 482; 091; 258; 410; 316

**Notas:** (1) Na coluna "Ids artigos" estão listadas as identificações atribuídas a cada artigo, recuperado na presente pesquisa bibliográfica.

(2) Outras características dos conjuntos de dados em apresentação futura.



## 3.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

### Conjunto de dados de campo e sintéticos mencionados nos artigos (continuação)

Dataset	Feições Encontradas nos Artigos	Ids artigos
Nimitz	Fault	157
Niobrara Phase 5 multi-client 3D program	Sequence Stratigraphy	298
North Shore 3D	Fault	454
Offshore Gulf of Mexico	Fault	157
Offshore Louisiana 3D	Salt; Turbidite	307; 095; 350
Offshore of Brazil	Salt	265
Onshore Gulf of Mexico	Fault	151
Opunake 3D	Sequence Stratigraphy; Fault	229; 228; 014; 055; 135
Parihaka 3D	Seismic Facies; Salt; Bright Spot; Fault; Channel; Sequence Stratigraphy	425; 030; 106; 233; 482; 012; 262; 258; 098; 014; 075; 136
Parque dos Gaviões	DHI	461; 242; 194
Penobscot 3D	Bright Spot; Salt; Fault; Channel; Sequence Stratigraphy	482; 014; 232; 392; 427; 400
Poseidon 3D	Reef; Fault	303; 014
Rio do Peixe 3D	Fault	105
Riped 3D	Channel	433
Saudi Aramco	Fault	146
Sea Barrents 3D	Fault	164
Shengli Oilfield Branch of Sinopec	Fault	091
Sichuan Basin	Channel	002
Simian Field (Nile Delta)	DHI	241
Solsikke 3D	Sequence Stratigraphy	417

Notas: (1) Na coluna “Ids artigos” estão listadas as identificações atribuídas a cada artigo, recuperado na presente pesquisa bibliográfica.

(2) Outras características dos conjuntos de dados em apresentação futura.



## 4 METADADOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

Apresentação das Informações extraídas dos 118 artigos selecionados na Fase 3, utilizando-se as várias ferramentas citadas (Item 2.2).

**4.1 Metadados dos artigos:** título, resumo, autores, ano de publicação, instituições, fontes de informação (periódicos, congressos), palavras-chave, entre outras informações.

### Principais informações

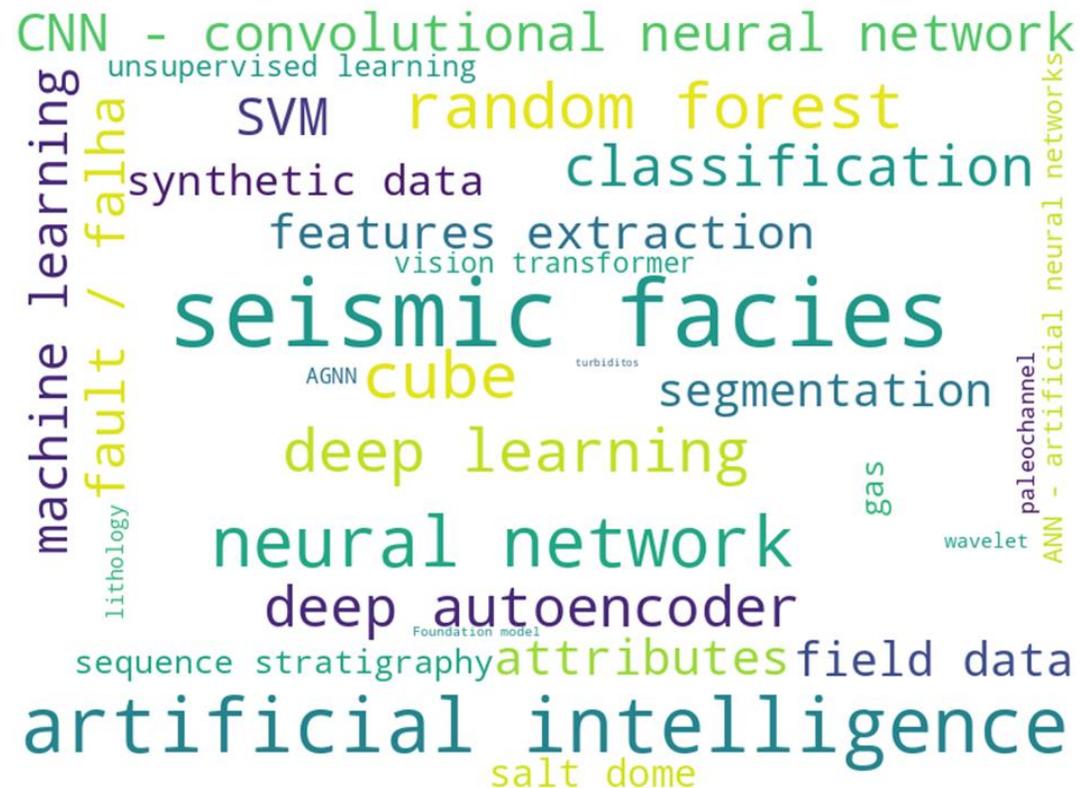


**4.2 Dados técnicos:** técnicas de IA, feições geológicas, atributos, tipos de rocha, ambiente deposicional, conjunto de dados de campo e sintéticos.



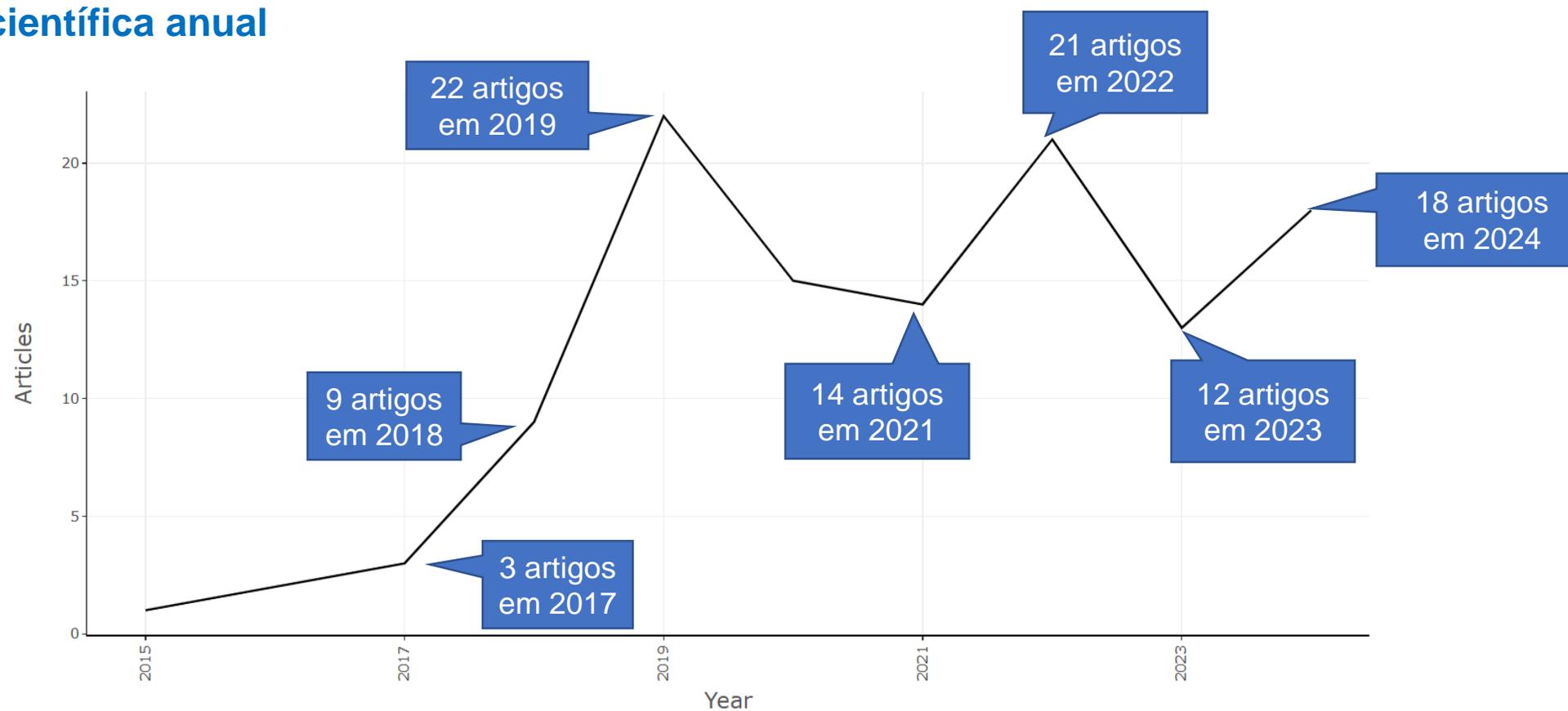
## 4.1 METADADOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

Ocorrência das 29 palavras-chave ligadas aos artigos mais relevantes



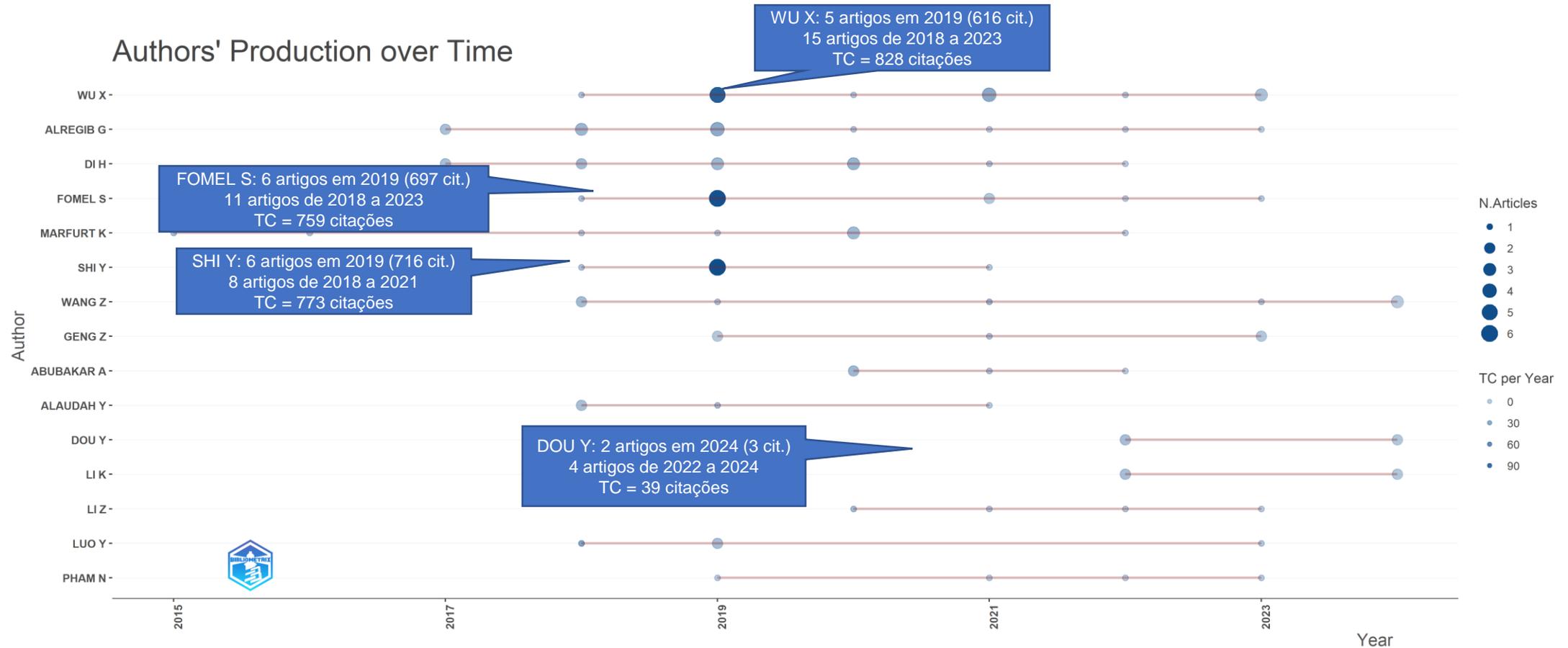
## 4.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

### Produção científica anual



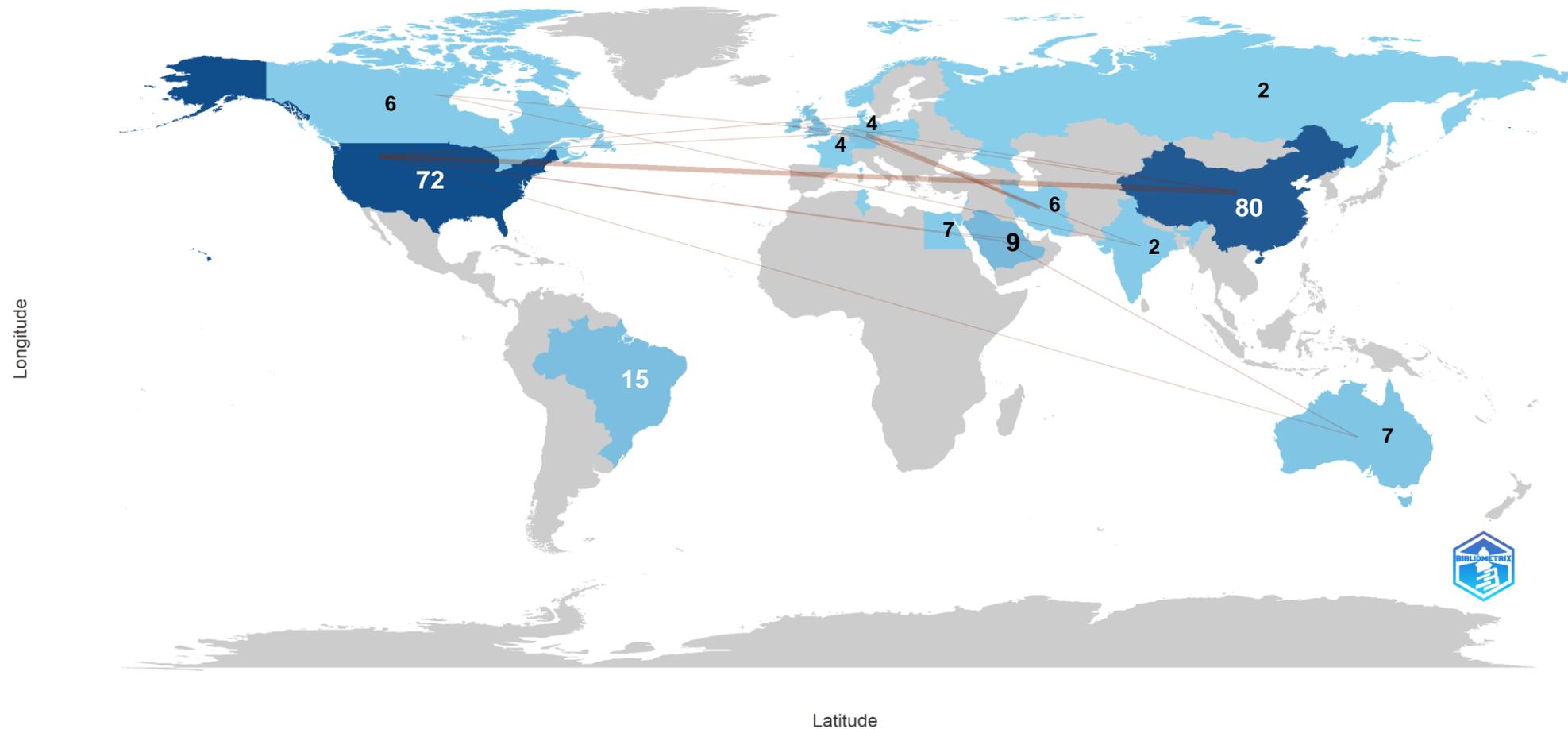
# 4.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Autores: produção científica e impacto considerando o total de citações (TC)



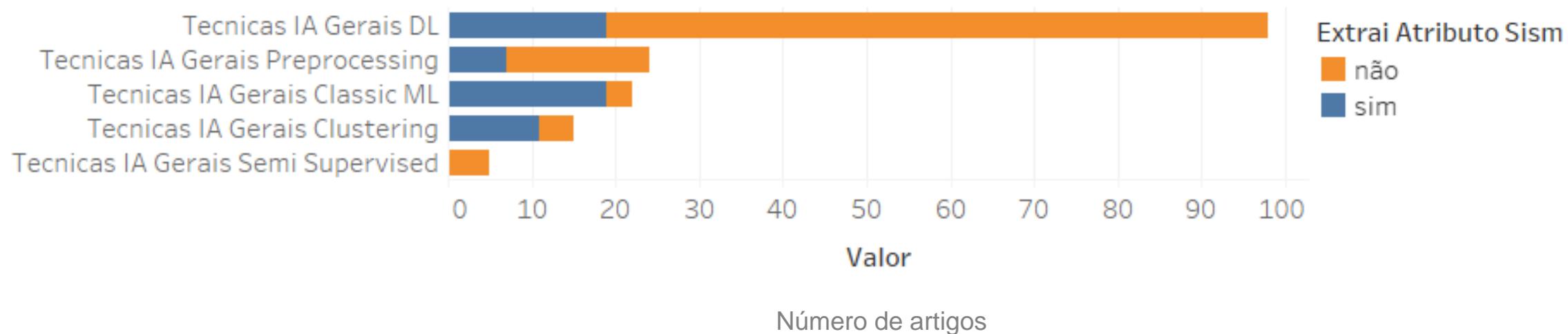
# 4.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Produção científica por país (número de artigos) e colaboração



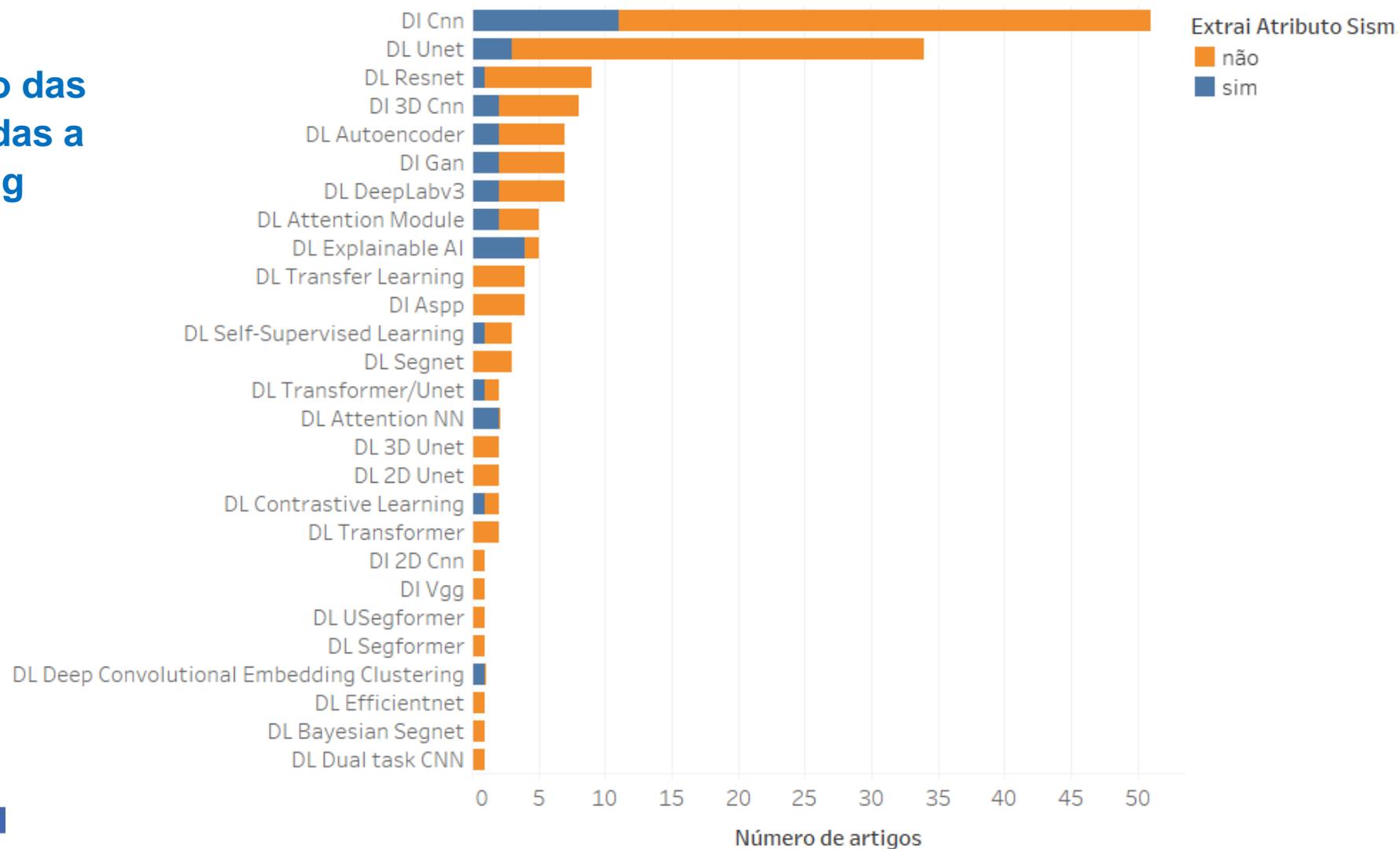
## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### Classificação em grupos mais abrangentes



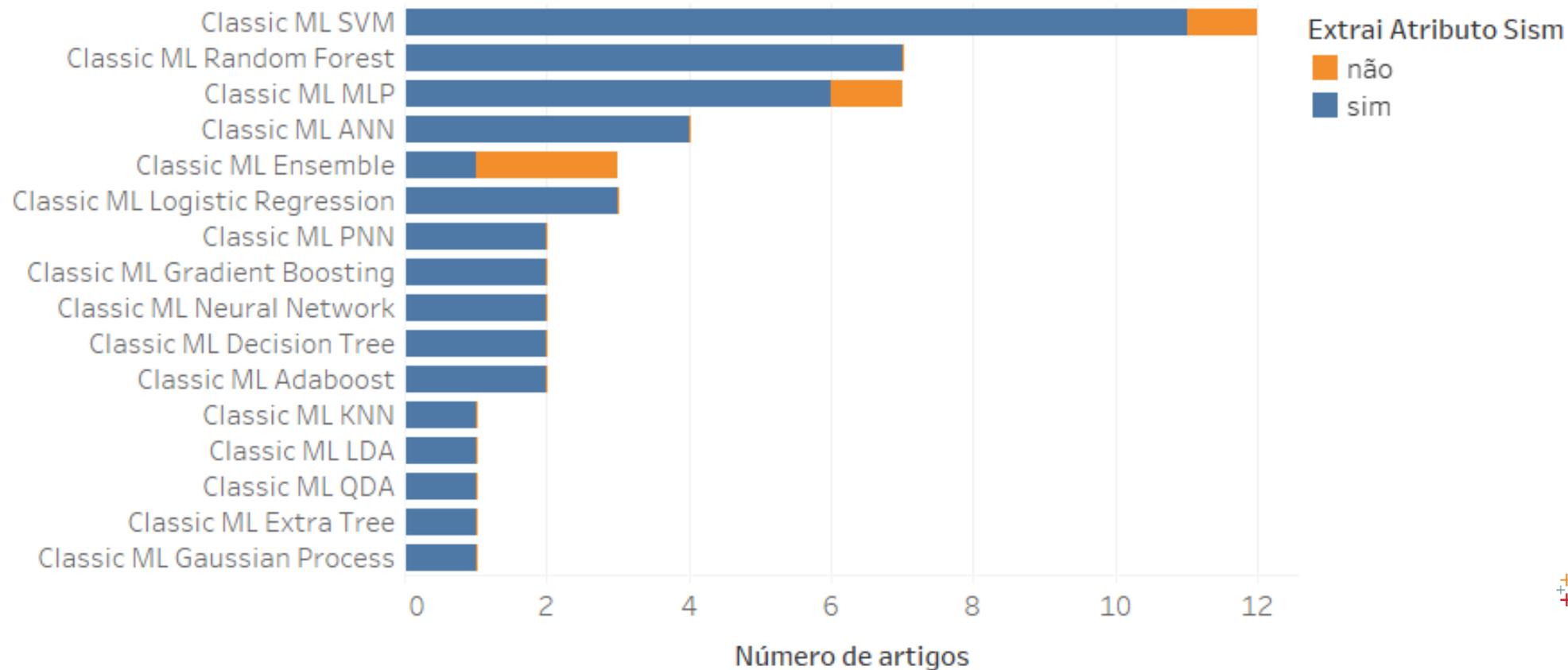
## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### Detalhamento das técnicas ligadas a Deep Learning



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### Detalhamento das técnicas ligadas a aprendizado de máquina



# 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

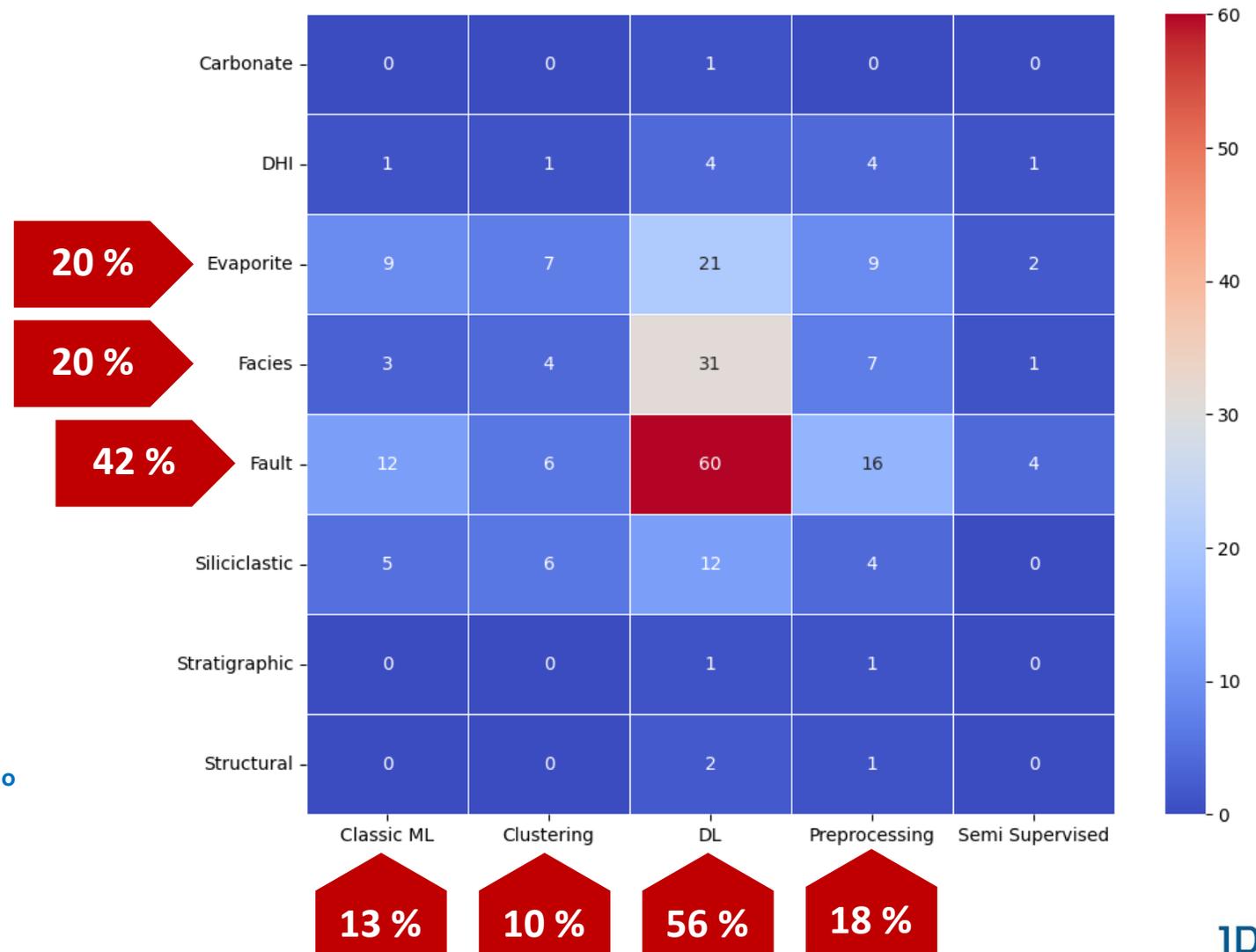
## FEIÇÕES GEOLÓGICAS X TÉCNICAS DE IA

FEIÇÕES GEOLÓGICAS: Terminologia adotada para a denominação de grupos e classificação

Grupo	Classificação
Carbonate	Build-up
	Karst
	Reef
DHI	Bright Spot
	Gas Chimney
	Sand Gas
Evaporite	Salt
Facies	Litofacies
	Seismic Facies
	Sequence Stratigraphy
Fault	Fault
Siliciclastic	Channel
	Mass Transport
	Turbidite
Stratigraphic	Stratigraphic Sequences
Structural	Anticline
	Fold

**Notas:**

- (1) Cada célula contém a quantidade de artigos que citam o atributo e a técnica de IA indicadas na linha e coluna correspondentes.
- (2) Percentagem em relação ao total de ocorrências.



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### FEIÇÕES GEOLÓGICAS X TÉCNICAS DE IA

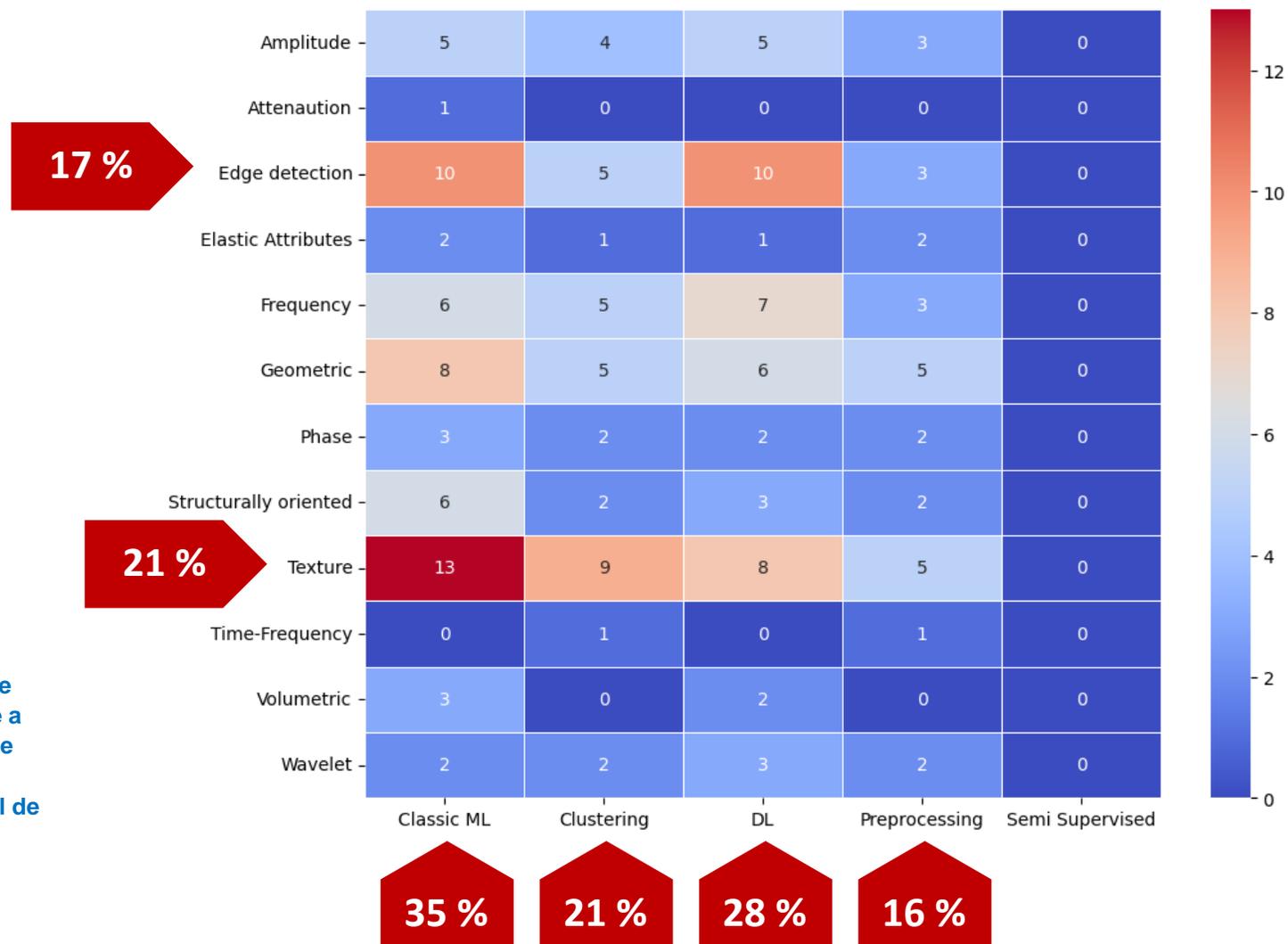
	Classic ML	Clustering	DL	Preprocessing	Semi Supervised
Carbonate	[]	[]	['334']	[]	[]
DHI	['446']	['446']	['174', '196', '446', 'M001']	['174', '196', '446', 'M001']	['174']
Evaporite	['027', '095', '124', '307', '350', '386', '414', '446', '306']	['375', '414', '424', '444', '445', '446', '306']	['027', '122', '125', '145', '174', '196', '283', '307', '350', '363', '369', '386', '402', '424', '430', '446', '486', 'M012', '287', '306', '330']	['095', '145', '150', '174', '196', '386', '430', '446', '306']	['174', '444']
Facies	['282', '446', '306']	['141', '424', '446', '306']	['040', '055', '062', '098', '104', '122', '123', '129', '135', '196', '209', '212', '217', '232', '252', '262', '319', '392', '417', '424', '427', '430', '432', '446', 'M003', 'M006', 'M007', 'M012', '070', '291', '306']	['040', '196', '212', '430', '432', '446', '306']	['232']
Fault	['049', '210', '269', '282', '335', '386', '390', '405', '446', 'M013', '306', '340']	['385', '424', '444', '446', '491', '306']	['004', '005', '031', '040', '045', '049', '055', '085', '091', '105', '115', '135', '136', '145', '151', '171', '174', '176', '196', '210', '217', '219', '228', '229', '230', '245', '252', '262', '269', '283', '363', '381', '385', '386', '402', '403', '404', '405', '406', '407', '408', '410', '424', '430', '446', '481', '100', 'M003', 'M006', 'M007', 'M009', 'M011', '014', '079', '084', '164', '272', '306', '330', '455']	['004', '040', '145', '171', '174', '196', '210', '230', '386', '430', '446', '491', '100', 'M011', '164', '306']	['005', '174', '230', '444']
Siliciclastic	['026', '282', '350', '446', '458']	['026', '141', '290', '385', '446', '473']	['106', '136', '145', '154', '283', '350', '385', '397', '446', '466', 'M004', '035']	['145', '446', '473', '035']	[]
Stratigraphic	[]	[]	['196']	['196']	[]
Structural	[]	[]	['145', '402']	['145']	[]

Nota: os números entre aspas ('nnn') correspondem a uma identificação única, atribuída a cada artigo recuperado na presente pesquisa bibliográfica.



# 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

## ATRIBUTOS X TÉCNICAS DE IA



**Notas:**

- (1) Cada célula contém a quantidade de artigos que citam o atributo e a técnica de IA indicadas na linha e coluna correspondentes.
- (2) Percentagem em relação ao total de ocorrências.



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### ATRIBUTOS X TÉCNICAS DE IA

	Classic ML	Clustering	DL	Preprocessing	Semi Supervised
<b>Amplitude</b>	['095', '282', '390', '414', '458']	['385', '414', '424', '473']	['104', '123', '385', '424', '035']	['095', '473', '035']	[]
<b>Attenaution</b>	['390']	[]	[]	[]	[]
<b>Edge detection</b>	['027', '095', '108', '269', '307', '350', '390', '414', '446', 'M013']	['141', '375', '414', '445', '446']	['027', '105', '108', '123', '269', '307', '350', '446', '466', '084']	['095', '150', '446']	[]
<b>Elastic Attributes</b>	['095', '396']	['473']	['084']	['095', '473']	[]
<b>Frequency</b>	['026', '095', '282', '350', '390', '458']	['026', '141', '375', '385', '473']	['062', '104', '209', '350', '385', '466', '035']	['095', '473', '035']	[]
<b>Geometric</b>	['026', '049', '095', '269', '335', '390', '446', 'M013']	['026', '141', '446', '473', '491']	['049', '105', '123', '269', '446', '466']	['095', '150', '446', '473', '491']	[]
<b>Phase</b>	['095', '282', '390']	['424', '473']	['209', '424']	['095', '473']	[]
<b>Structurally oriented</b>	['049', '095', '269', '350', '390', 'M013']	['375', '491']	['049', '269', '350']	['095', '491']	[]
<b>Texture</b>	['026', '027', '095', '108', '124', '269', '282', '307', '350', '414', '446', 'M013', '306']	['026', '141', '375', '414', '424', '445', '446', '491', '306']	['027', '108', '269', '307', '350', '424', '446', '306']	['095', '150', '446', '491', '306']	[]
<b>Time-Frequency</b>	[]	['473']	[]	['473']	[]
<b>Volumetric</b>	['049', '269', 'M013']	[]	['049', '269']	[]	[]
<b>Wavelet</b>	['446', '306']	['446', '306']	['154', '446', '306']	['446', '306']	[]

Nota: os números entre aspas ('nnn') correspondem a uma identificação única, atribuída a cada artigo recuperado na presente pesquisa bibliográfica.



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### TÉCNICAS DE IA X ANO DE PUBLICAÇÃO



**Notas:**

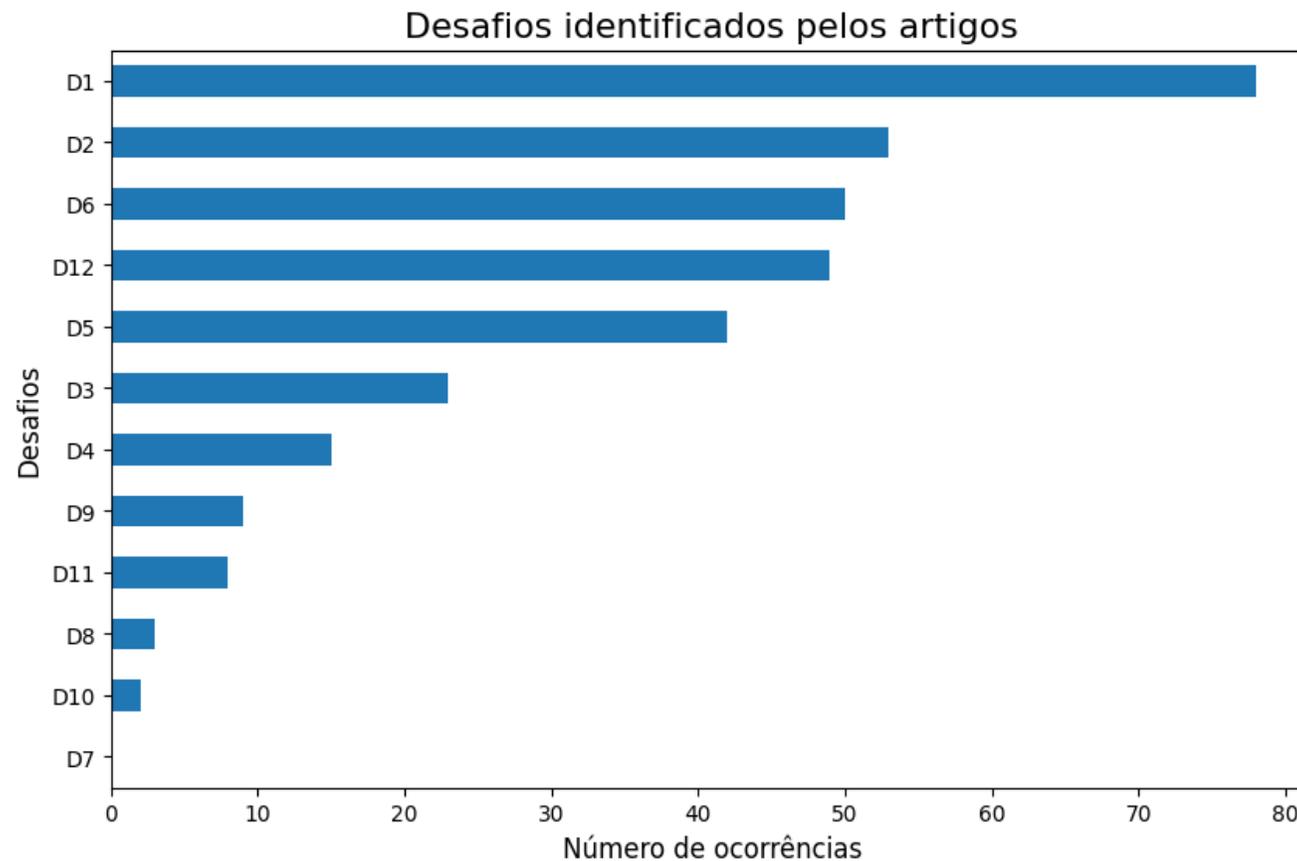
- (1) Cada célula contém a quantidade de artigos que citam a técnica de IA e o ano de sua publicação, indicados na linha e coluna correspondentes.
- (2) Percentagem em relação ao total de ocorrências.



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### DESAFIOS CITADOS EM ARTIGOS

Descrição dos desafios identificados	
D1	Falta de conjunto de dados anotados para treinar modelos de DL ou ML.
D2	Dados sísmicos de baixa qualidade limitando a precisão.
D6	Dificuldade de interpretação dos modelos de DL ou ML.
D12	Dificuldade de generalização do modelo de DL ou ML para identificação de outras feições geológicas não tratadas no artigo.
D5	Alto custo computacional dos modelos de DL ou ML.
D3	Incertezas na interpretação de feições geológicas.
D4	Problemas de generalização de modelos treinados com dados sintéticos.
D9	Falta de acesso ao conjunto de dados e ou código implementado.
D11	Problemas de interoperabilidade de modelos de DL ou ML com interpretações manuais.
D8	Falta de critérios adequados para avaliação de desempenho/acurácia.
D10	Omissão de restrições geológicas conhecidas em métodos de DL ou ML.
D7	Problemas de classificação desbalanceada dos conjuntos de dados.



Os desafios mais citados estão associados a falta de conjunto de dados, qualidade dos dados, interpretação e generalização dos modelos de DL ou ML para identificação de outras feições geológicas e custo computacional.



## 5. CONSIDERAÇÕES E PRÓXIMAS APRESENTAÇÕES

Ao final do processo de classificação e seleção de artigos, foram obtidos dois conjuntos de artigos com as seguintes características:

- um conjunto contendo 237 artigos, cuja análise dos respectivos metadados e dos dados técnicos possibilitou o entendimento do contexto e evolução do estado da arte;
- outro conjunto reunindo 118 artigos examinados detalhadamente (subconjunto do primeiro), extraindo-se informações relativas aos desafios, oportunidades, trabalhos futuros, arquitetura da solução, desempenho, recursos computacionais, entre outros.

Com base nos resultados obtidos observou-se que:

- A partir de 2019, há mais publicações sobre o uso de métodos de DL para identificação de falhas, incluindo a outros componentes na arquitetura da solução, tais como pré-processamento de dados utilizando atributos, função custo, pós-processamento de dados, entre outros, conforme mostrado de maneira esquemática nas apresentações seguintes.



## 5. CONSIDERAÇÕES E PRÓXIMAS APRESENTAÇÕES

- Para enfrentar desafios relativos ao conjunto de dados, tais como falta de dados anotados, baixa qualidade dos dados sísmicos, entre outros, há sugestões para o compartilhamento de conjuntos de dados abertos entre grupos de pesquisa, que poderão ser utilizados para treinamento, teste e validação de modelos; a proposta inclui o compartilhamento de um conjunto de dados padrão que permitirá comparar o desempenho entre soluções diferentes.
- Desenvolvimento de soluções híbridas.

### Próximas apresentações

- Discussão de aspectos geológicos e geofísicos ligados à interpretação de feições geológicas relevantes para a aplicação de técnicas de IA, como atributos, conjuntos de dados sísmicos
- Estado da prática: reprodução de métodos apresentados em artigos, incluindo propostas de alterações.



# Obrigado!



[linkedin.com/school/iptsp/](https://www.linkedin.com/school/iptsp/)



[instagram.com/ipt\\_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)



[youtube.com/@IPTbr/](https://www.youtube.com/@IPTbr/)

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)





# I WORKSHOP PETROBRAS - IPT

EDISEN – RIO DE JANEIRO – 05.11 A 07.11.2024

*Unidade de Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente*

Carlos Tadeu de Carvalho Gamba, Hugo Ferreira Saar, Leonides Guireli Neto, Otávio Coaracy Brasil Gandolfo

*Unidade de Tecnologias Digitais*

Denis Bruno Virissimo, **Aline Fernandes Heleno** (palestrante), Celso Luciano Alves da Silva, **Cristina Maria Ferreira da Silva** (palestrante), Elisa Morande Sales, Felipe Silva Silles, Gustavo Torres Custodio, Ney Ferreira de Souza Guerra, Thiago Yuji Aoyagi



---

# PETROBRAS

## IDENTIFICAÇÃO DE FEIÇÕES GEOLÓGICAS EM DADOS SÍSMICOS POR MEIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

ESTADO DA ARTE – PARTE I

05.11.2024

# WORKSHOP 2024: AGENDA

Dia 05/11/2024	
[09:00 - 09:45]	Abertura e Boas-Vindas
[09:45 - 10:00]	Intervalo
[10:00 - 11:45]	<b>Estado da Arte</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Protocolo da busca sistemática (Estado da Arte – parte 1)</li><li>• Resultados do Estado da Arte (Estado da Arte – parte 2)</li></ul>
[11:45 - 13:30]	Almoço
[13:30 - 15:00]	<b>Estado da Prática - parte 1</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introdução - pipeline de processamento</li><li>• Entrada de dados / datasets</li><li>• Pré-processamento</li></ul>
[15:00 - 15:30]	Intervalo
[15:30 - 17:00]	Apresentação de resultados do Hackathon: Segmentação Semântica de Turbiditos em Volumes Sísmicos

Dia 06/11/2024	
[09:30 - 10:30]	<b>Estado da Prática - parte 2</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Detecção de falhas com ML, atributos e aprendizado não supervisionado</li><li>• Detecção de falhas com DL</li><li>• Detecção de canais com DL</li></ul>
[10:30 - 10:45]	Intervalo
[10:45 - 11:45]	<b>Estado da Prática - parte 2</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Segmentação de feições com Foundation Model</li><li>• Estimção de RGT com DL</li></ul>
[11:45 - 13:30]	Almoço
[13:30 - 15:00]	Atividades e discussões para definição dos próximos passos do Projeto
[15:00 - 15:30]	Intervalo
[15:30 - 17:00]	Levantamento inicial dos requisitos para desenvolvimento do produto/software



# ESTADO DA ARTE – PARTE I

- 1. Visão geral da pesquisa bibliográfica**
- 2. Etapa 1 – Planejamento da pesquisa bibliográfica**
- 3. Etapa 2 – Execução do protocolo definido na Etapa1 (atividades e ferramentas utilizadas)**
- 4. Etapa 3 – Resumo a partir das informações extraídas na Etapa 2**
- 5. Conclusões gerais/principais resultados alcançados**



# 1. VISÃO GERAL DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

- A pesquisa bibliográfica é um processo estruturado para identificar os estudos relevantes que melhor respondem o conjunto de questões de pesquisa definidas previamente.
- Cada etapa compreende atividades executadas, utilizando-se uma combinação de ferramentas para alcançar os resultados desejados.



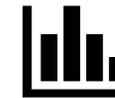
## Etapa 1: Planejamento

Definição do protocolo de busca, que incorpora como atividade inicial a definição das **questões de pesquisa**



## Etapa 2: Execução

Levantamento e padronização de todos os metadados definidos com base no protocolo de busca



## Etapa 3: Resumo

Análise e visualização dos resultados

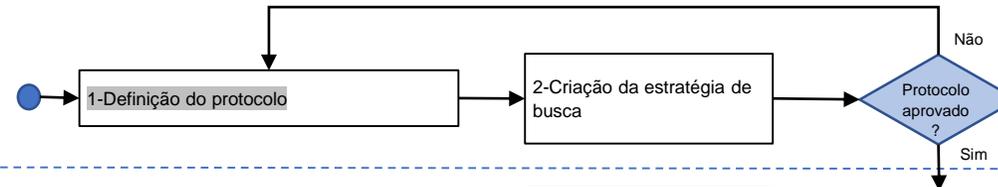


**Garantir a reprodutibilidade, completude e qualidade das informações recuperadas nas buscas, sem vieses**

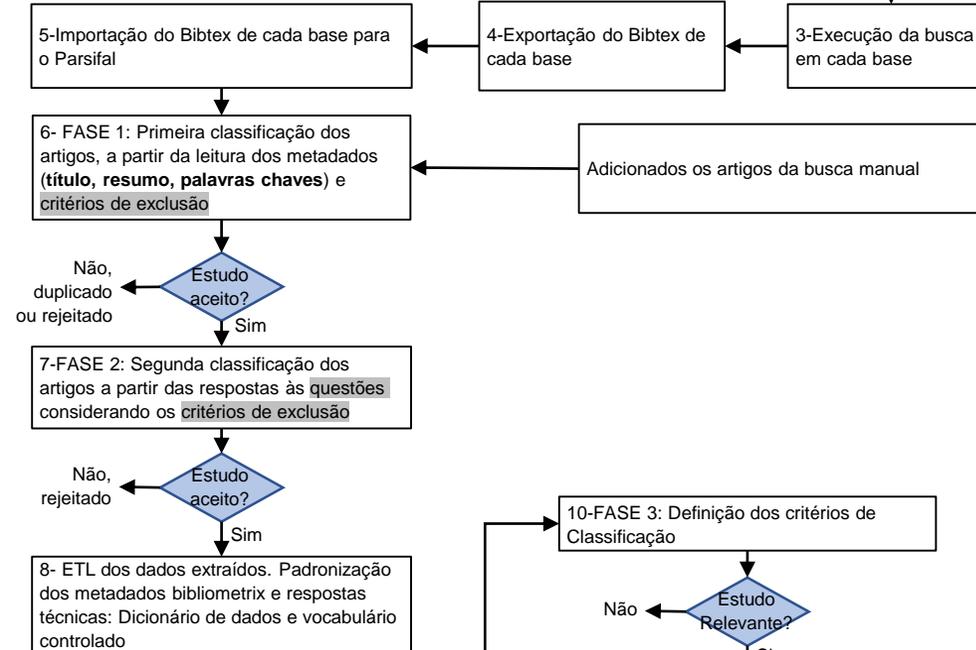


# 1. VISÃO GERAL DA REVISÃO SISTEMÁTICA

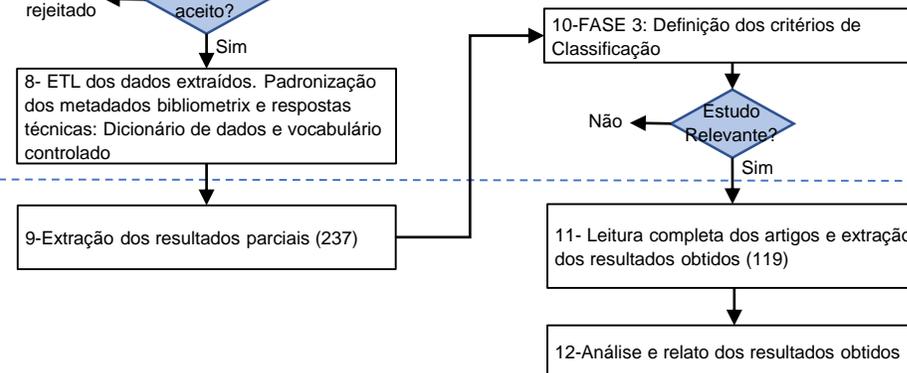
Etapa 1:  
Planejamento



Etapa 2:  
Execução



Etapa 3:  
Resumo



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO



 Ferramenta utilizada:

 Parsifal

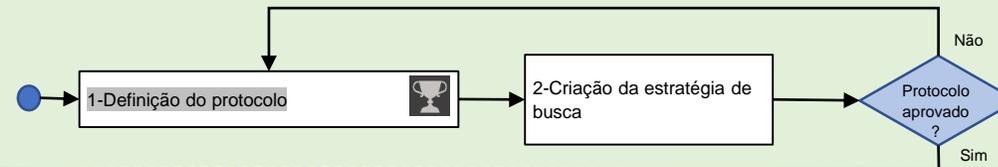
 Atividades/ Protocolo

- Objetivos
- Questões de pesquisa
- Palavras-chaves
- String de busca padrão
- Bases de pesquisa
- Critérios de inclusão e exclusão

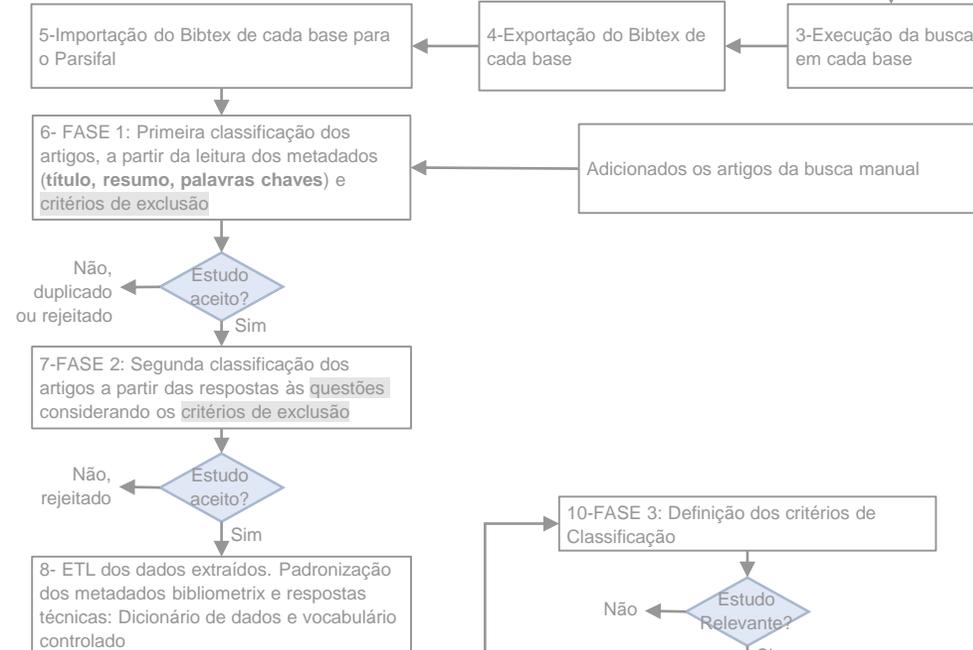
 Resultado da etapa:

- Protocolo da pesquisa

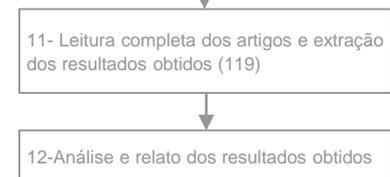
Etapa 1:  
Planejamento



Etapa 2:  
Execução



Etapa 3:  
Resumo



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO



### Parsifal – visão geral



Ferramenta para gerenciamento do processo de revisão bibliográfica, pensada para que grupos de pesquisadores pudessem trabalhar a distância



Gratuita



Colaborativa



**Planning:** planejamento da revisão, envolve: objetivo, questões de pesquisa, palavras chaves, string de busca, bases, critérios de rejeição/aceite.



**Conducting:** seleção da bibliografia que será utilizada, envolve: busca, importação bibitex, seleção/exclusão dos estudos, entre outros...



**Reporting:** resultados alcançados, informações extraídas da bibliografia.



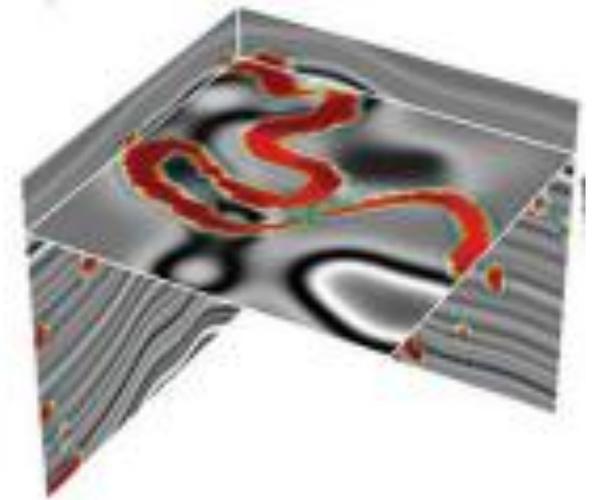
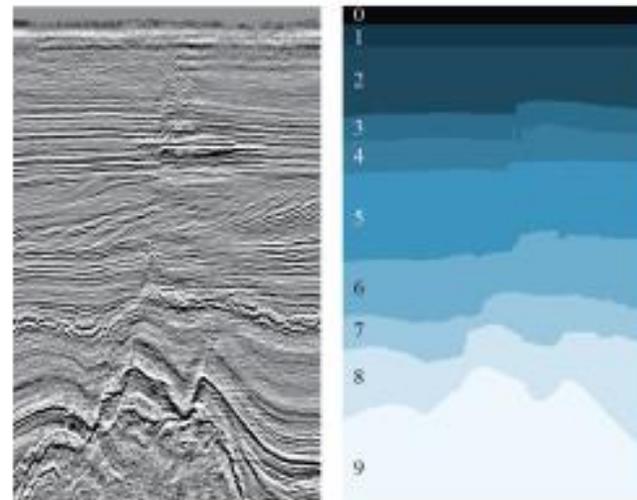
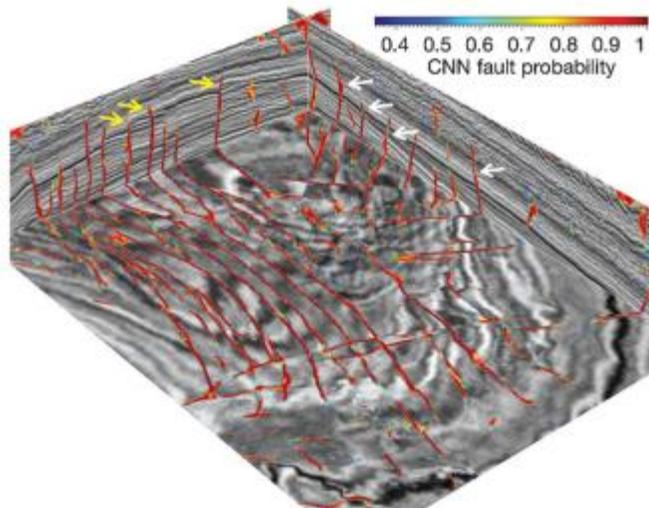
## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



### **Objetivo da pesquisa bibliográfica:**

Explorar e identificar os principais métodos de inteligência artificial para a interpretação de feições sísmicas

Identificação de fáceis/estruturas geológicas



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



### Questões de pesquisa:

Quais as **técnicas de Deep Learning e ou Machine Learning** utilizadas na detecção de feições geológicas mencionadas no estudo?

Quais **tipos de feições geológicas** foram extraídas como resultado da aplicação das técnicas de machine learning/IA ?

Quais **atributos sísmicos** são utilizados em técnicas de Machine Learning para extração de feições geológicas?  
Em caso afirmativo, quais são os atributos utilizados nas análises?

Quais são os **datasets** utilizados (sintéticos ou dados de campo)? Em qual etapa do estudo são utilizados?

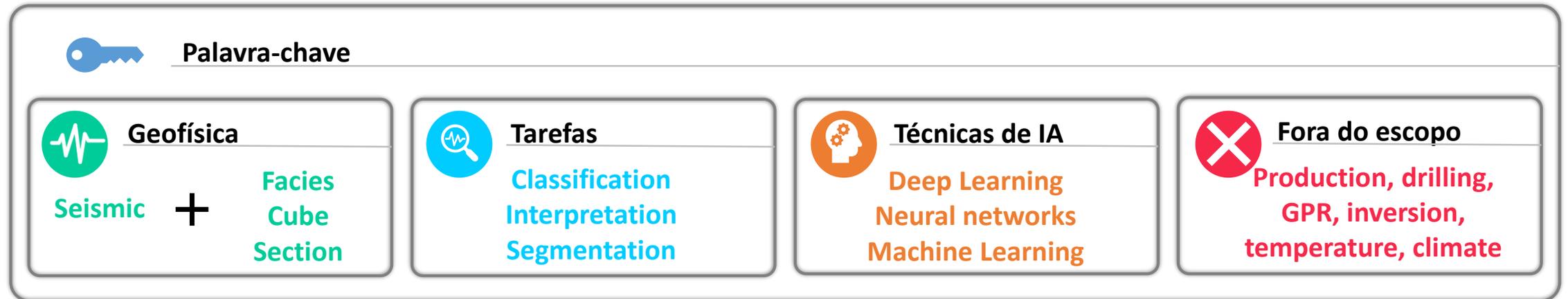
O estudo trata da ocorrência de feições geológicas em qual **tipo de rocha e ambiente deposicional**?



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



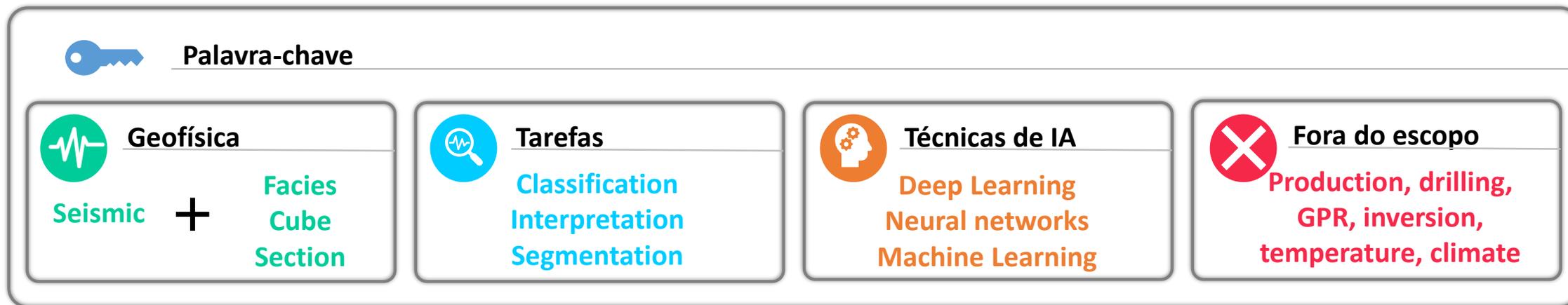
### Palavras-chaves e string de busca padrão:



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



### Palavras-chaves e string de busca padrão:



### String Padrão

"seismic" AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D) AND

(classification OR interpretation OR segmentation ) AND

("deep learning" OR "neural network\*" OR "machine learning" )

NOT production AND NOT drilling AND NOT GPR AND NOT inversion\* AND NOT (temperature OR climate)

## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



 Bases de pesquisa:



69 artigos



186 artigos



41 artigos



275 artigos



64 artigos



21 artigos



290 artigos



95 artigos



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – PROTOCOLO



### Critérios :

Processo de filtragem usando critérios específicos para selecionar estudos relevantes

#### Critérios de exclusão



1. Estudo indisponível em formato pdf
2. Estudo não é de geofísica
3. Resumo expandido, estudo incompleto
4. Estudo em línguas diferentes de EN, PT
5. Anais de congresso
6. De geofísica, mas fora do escopo
7. Duplicado
8. Técnica de IA com aplicação fora do escopo

#### Critérios de inclusão



1. Aplicação
  2. Comparação
  3. Revisão
  4. Conjunto de dados sísmicos disponível (campo ou sintético)
- Técnicas de ML ou DL para identificação de feições/ estruturas geológicas em dados sísmicos.



# 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – RESULTADOS ALCANÇADOS



## Protocolo / Roteiro para pesquisa bibliográfica

**ipt** INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

**125 ANOS** 1899 - 2024

1/7

Projeto Petrobras – Identificação de feições geológicas em dados sísmicos por meio de IA

**MINUTA**  
ROTEIRO PARA A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Atualizado em: 24.04.2024  
Elaborado por: Aline Heleno, Cristina Silva, Elisa Sales, Thiago Cavalcante

**Protocolo da pesquisa**

A pesquisa bibliográfica será realizada em três etapas, incluindo suas respectivas atividades, conforme esquematizado na figura abaixo.

```
graph TD
    subgraph "Etapa 1: Planejamento"
        S1[1-Definição do problema] --> S2[2-Seleção da estratégia de busca nas fontes de informação (SEO, IEEE, etc.)]
        S2 --> D1{Protocolo adotado?}
        D1 -- Não, alterar protocolo --> S2
        D1 -- Sim --> S3
    end

    subgraph "Etapa 2: Execução"
        S3[3-Execução da busca em cada fonte] --> S4[4-Exportação dos estudos obtidos em cada fonte para arquivos (BibTeX)]
        S4 --> S5[5-Importação dos arquivos relativos a cada fonte para o Parsifal]
        S5 --> S6[6-Primeira classificação dos estudos, a partir da leitura dos metadados (título, resumo), visando a inclusão e exclusão]
        S6 --> D2{Estudo repetido ou descartado?}
        D2 -- Não --> S7
        D2 -- Sim --> S6
        S7[7-Segunda classificação dos estudos considerando a leitura da introdução, resultados e conclusões, além das respostas às questões com seus respectivos pesos] --> D3{Estudo repetido?}
        D3 -- Não --> S8
        D3 -- Sim --> S7
        S8[8-Tercera classificação dos artigos com base em sua leitura na íntegra, visando-se os mais relevantes para o projeto] --> D4{Estudo repetido?}
        D4 -- Não --> S9
        D4 -- Sim --> S8
    end

    subgraph "Etapa 3: Resumo"
        S9[9-Elaboração dos resultados obtidos] --> S10[10-Análise e relato dos resultados obtidos]
    end

    S10 --> A1[Atividades executadas no Parsifal]
    S10 --> A2[Atividades executadas fora do Parsifal]
```

Figura - Roteiro adotado para execução da pesquisa bibliográfica (Fonte: adaptado de Cavalcante, 2019)

Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Butantã  
São Paulo | SP | CEP 05508-901  
Tel. (11) 3767-4000 | ipt@ipt.br

www.ipt.br



## 2. ETAPA 1: PLANEJAMENTO – RESULTADOS ALCANÇADOS



### Protocolo desenvolvido no Parsifal para trabalho colaborativo

#### Palavras-chaves

Keywords and Synonyms		
To edit or remove a certain keyword or synonym you may click on it's description to enable the field.		
Keyword	Synonyms	Related to
Artificial intelligence		Population
CNN	convolutional neural network	Population
Deep learning		Population
OBIA	Object-based image analysis	Population
RNN	Recurrent neural network	Population
algorithm	code	Population
channel	canal paleo channel	Population
classification		Population
dataset	simulated data synthetic data	Population
fault	falha	Population
features extraction		Population
interpretation	new interpretation	Population
machine learning	ML aprendizado de máquina	Population
neural networks		Population

#### Bases

Sources	
Name	URL
01. SEG Library	<a href="https://library.seg.org/">https://library.seg.org/</a>
02. Earth doc	<a href="https://www.earthdoc.org/">https://www.earthdoc.org/</a>
03. One Petro	<a href="http://https://onepetro.org">http://https://onepetro.org</a>
04. IEEE	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/">https://ieeexplore.ieee.org/</a>
05. Scopus	
06. Web of Science	
07. ACM Digital Library	
08. Science Direct (Elsevier)	
09. Consensus	

#### Selection Criteria

Inform your inclusion or exclusion criteria and press Enter to add.

Inclusion Criteria	Exclusion Criteria
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<ul style="list-style-type: none"><li>1. Revisão ou comparação de técnicas de IA</li><li>2. Conjunto de dados disponível</li><li>3. Técnicas supervisionadas</li><li>4. Técnicas não supervisionadas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>1. Estudo indisponível em formato pdf</li><li>2. Estudo não é de geofísica</li><li>3. Resumo expandido, estudo incompleto</li><li>4. Estudos em línguas diferentes de EN, PT</li><li>5. Anais de congresso</li><li>6. De geofísica, mas fora do escopo</li><li>7. Duplicada</li></ul>
<input type="button" value="remove selected"/>	<input type="button" value="remove selected"/>

#### Crítérios de seleção

# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

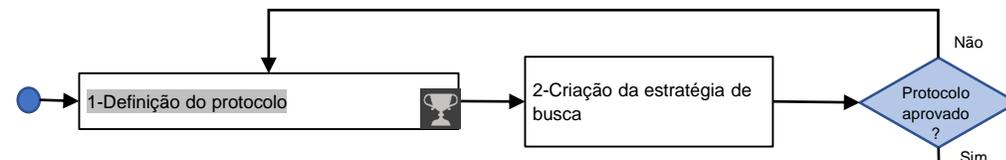
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

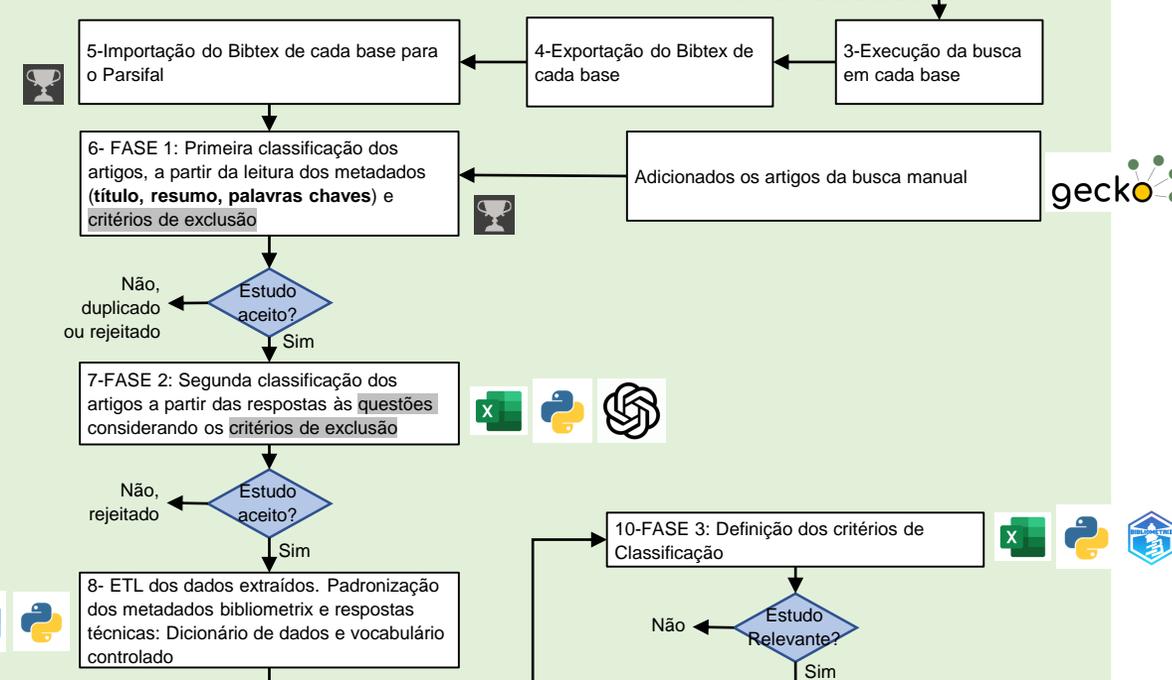
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

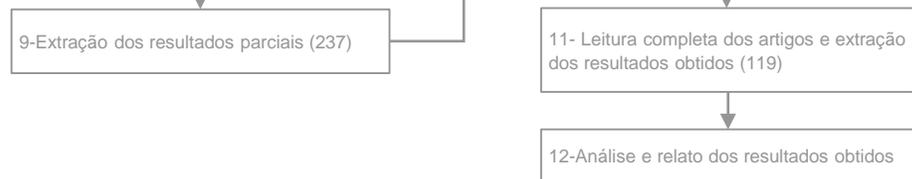
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

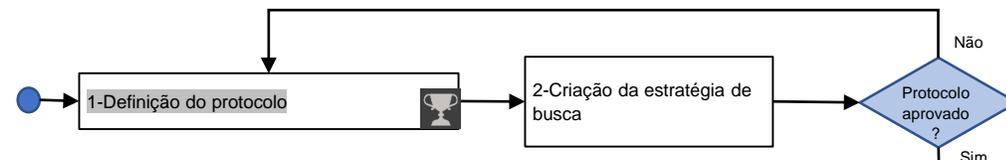
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

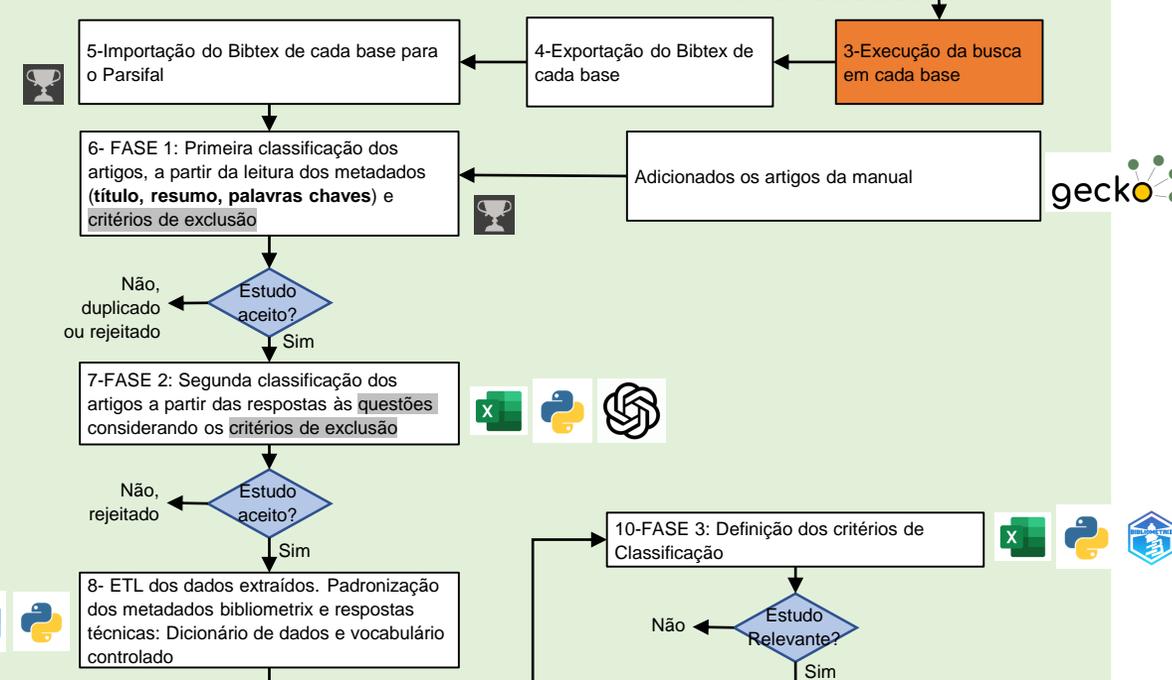
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

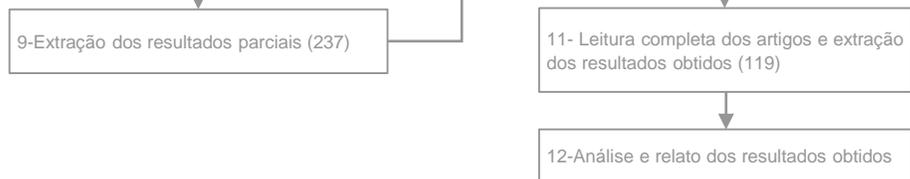
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



Exemplo de refinamento da string padrão

Web of Science

String	# Artigos
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation OR interpretation)	486
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation OR interpretation) NOT (earthquake)	451
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation OR interpretation) NOT (earthquake OR microseismic)	447
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation) NOT (earthquake OR microseismic OR "seismic event*" OR "seismic inversion" OR "drilling")	213
seismic AND (facies OR cube OR section OR 2D OR 3D OR "salt dome") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR CNN OR "neural network*") AND (classification OR segmentation) NOT (earthquake OR microseismic OR "seismic event*" OR "seismic inversion" OR "drilling" OR bridge OR temperature OR pressure OR Concrete OR probabilistic OR tomography)	186 (importado no Parsifal)



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

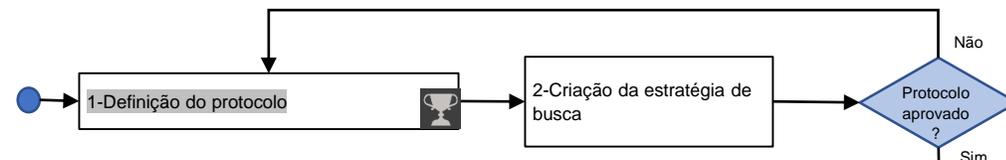
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

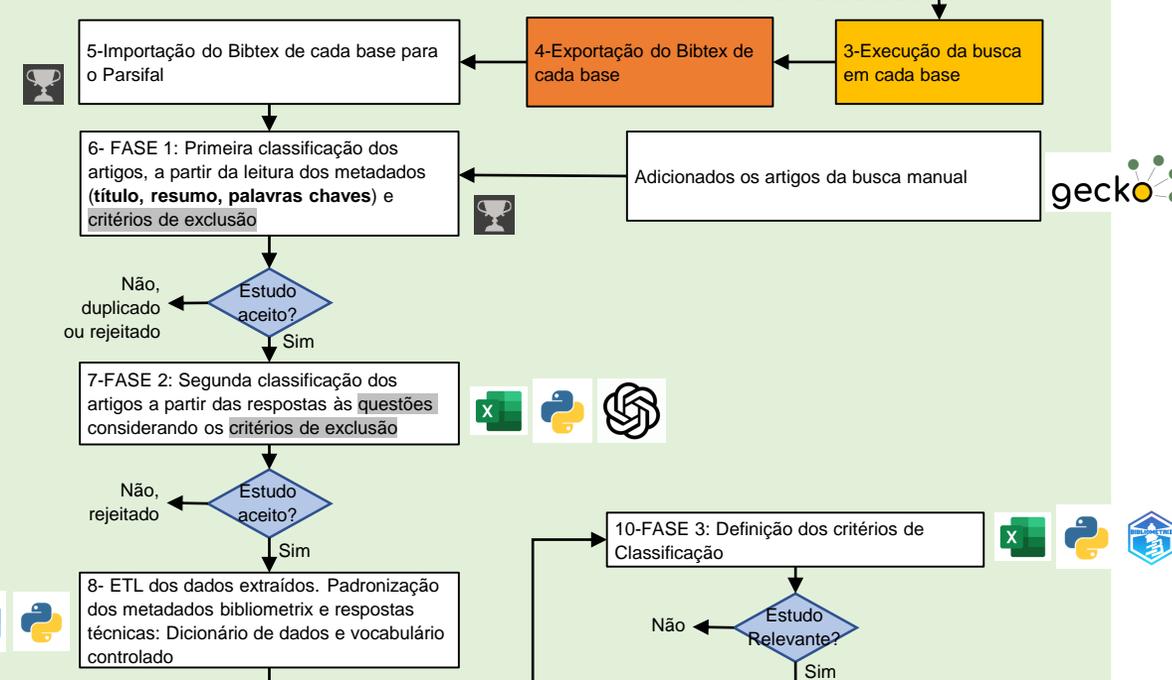
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

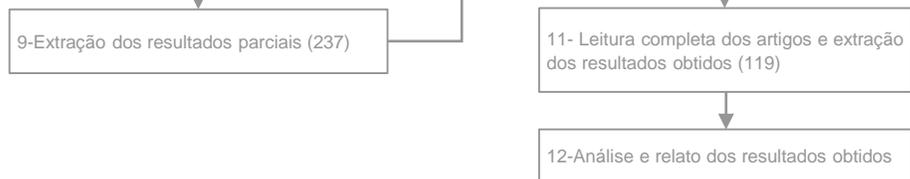
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

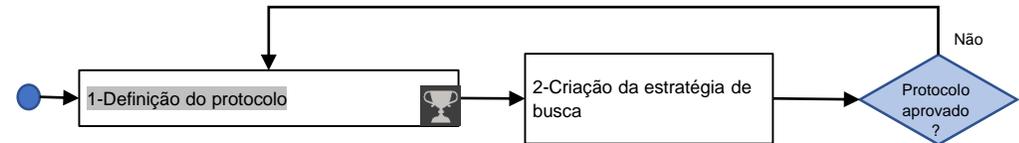
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

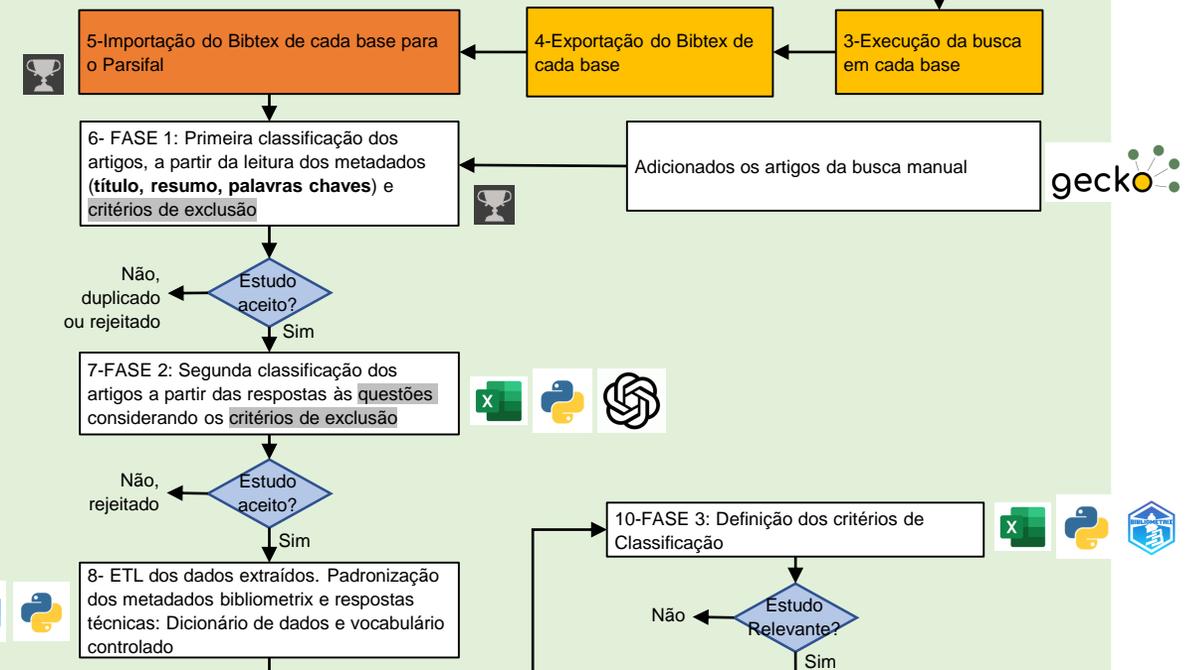
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

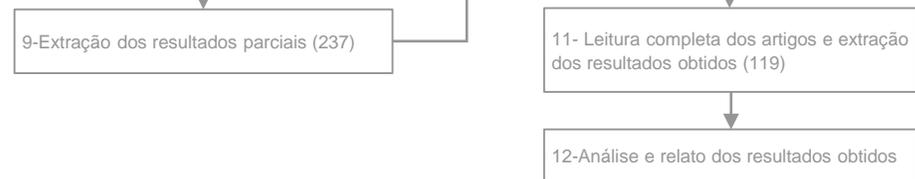
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO - FERRAMENTAS



## Importa bibtex

Parsiful Blog About Help

### Petrobras IA Feições

Review Planning **Conducting** Reporting

1. Search 2. Import Studies 3. Study Selection 4. Quality Assessment 5.

Source	Imported Studies	
01. SEG Library	275	Import
02. Earth doc	21	Import
03. One Petro	95	Import
04. IEEE	41	Import
05. Scopus	290	Import
06. Web of Science	186	Import
07. ACM Digital Library	69	Import
08. Science Direct (Elsevier)	83	Import
09. Consensus	64	Import

1124 artigos

## Etapa conducting

Parsiful Blog About Help

### Petrobras IA Feições

Review Planning **Conducting** Reporting

1. Search 2. Import Studies 3. Study Selection 4. Quality Assessment 5. Data Extraction 6. Data Analysis

Review settings

### Study Selection

All Sources 01. SEG Library 02. Earth doc 03. One Petro 04. IEEE 05. Scopus 06. Web of Science 07. ACM Digital Library 08. Science Direct (Elsevier) 09. Consensus

Find Duplicates Export Articles

Action: Select... Go 0 of 1124 selected

Show: All Accepted Rejected Unclassified Duplicated

	Bibtex Key	Title	Author	Journal	Year	Added by	Added at	Status
<input type="checkbox"/>		Application of Multi-Scale Fracture Identification in a Shale Gas Reservoir in Southwest China—A Case Study	Qin, Qiuping and Jiang, Tingxue and Zeng, Yongjian and Bian, Xiaobing	None	2024	thiagoyuji	24 Apr 2024 11:31:56	Unclassified
<input type="checkbox"/>		Impact of Unsupervised Machine Learning and Seismic Attributes	Alabbad, Maltham and Alkhalifah, Hussain and Awfi, Sami	None	2024	thiagoyuji	24 Apr 2024 11:31:56	Unclassified

# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

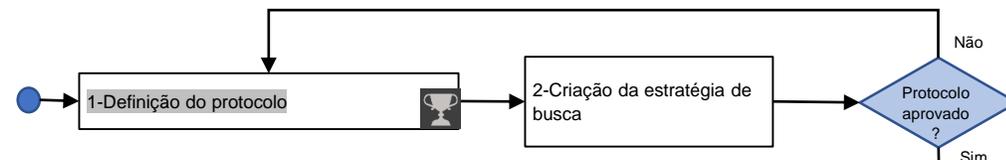
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

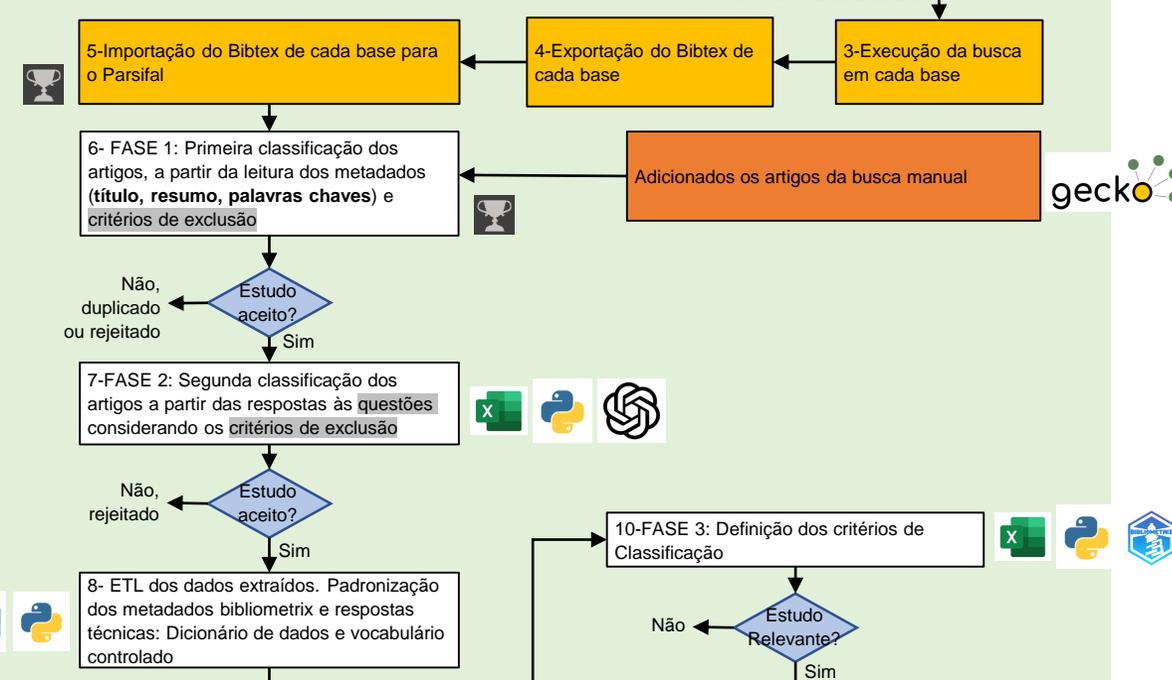
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

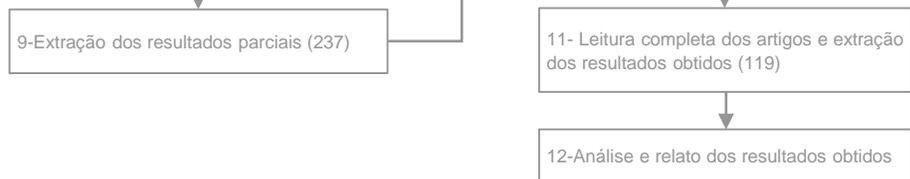
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



## 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



### Artigos adicionados à revisão

#### Busca manual

15  
artigos

- Inclusão feita pelos pesquisadores durante o processo de revisão.
- Identificação a partir de grupos de pesquisa relevantes e cocitados
- Utilização de ferramentas como o Citation Gecko.



#### Citation Gecko – visão geral



Ferramenta que ajuda a encontrar e conectar artigos acadêmicos relacionados. A partir de um conjunto de artigos base, ele permite explorar citações e cocitações, mapeando visualmente a rede de referências e identificando artigos relevantes que podem ter sido ignorados em buscas tradicionais



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO

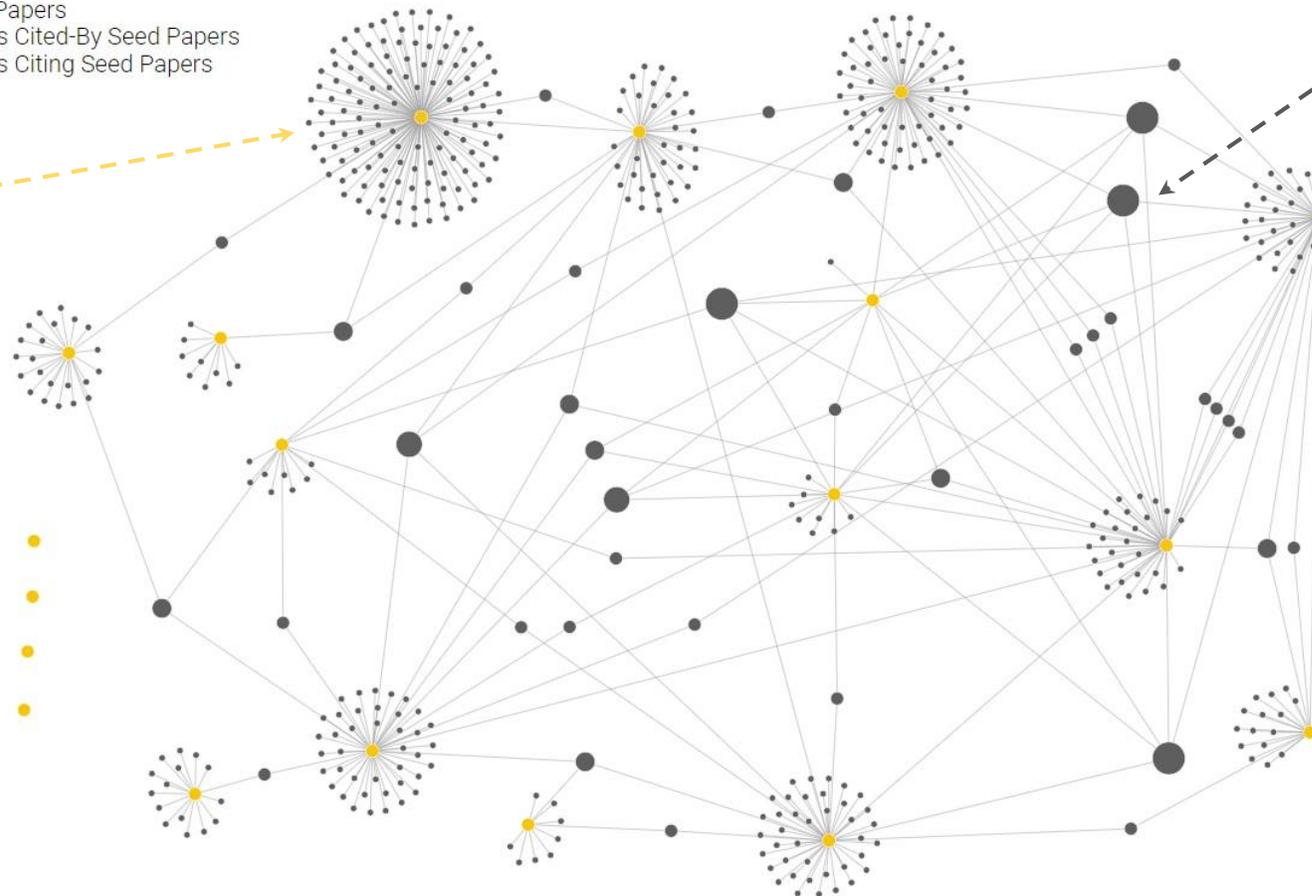
## Ferramentas de Análise

Gecko: utilizado para a identificação de artigos relevantes e grupos de pesquisa

- Seed Papers
- Papers Cited-By Seed Papers
- Papers Citing Seed Papers

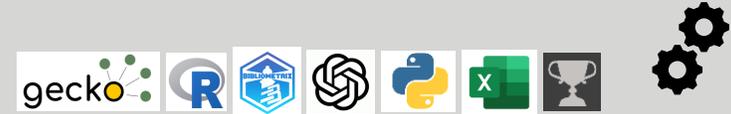
Seismic facies analysis: Past, present and future  
Xu, 2022  
*Earth-Science Reviews*  
(seed paper)

SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation  
Badrinarayanan, 2017  
*IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*  
(paper cited by seed paper)



Grafo mostrando os artigos citados pelos 20 estudos (seed papers), selecionados na pesquisa exploratória

# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

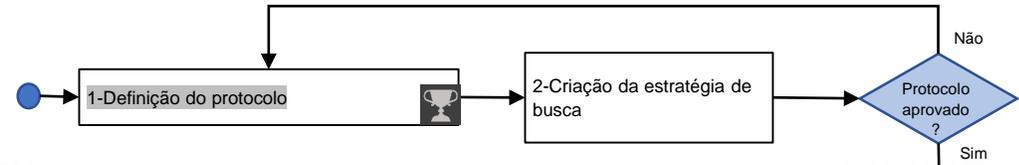
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

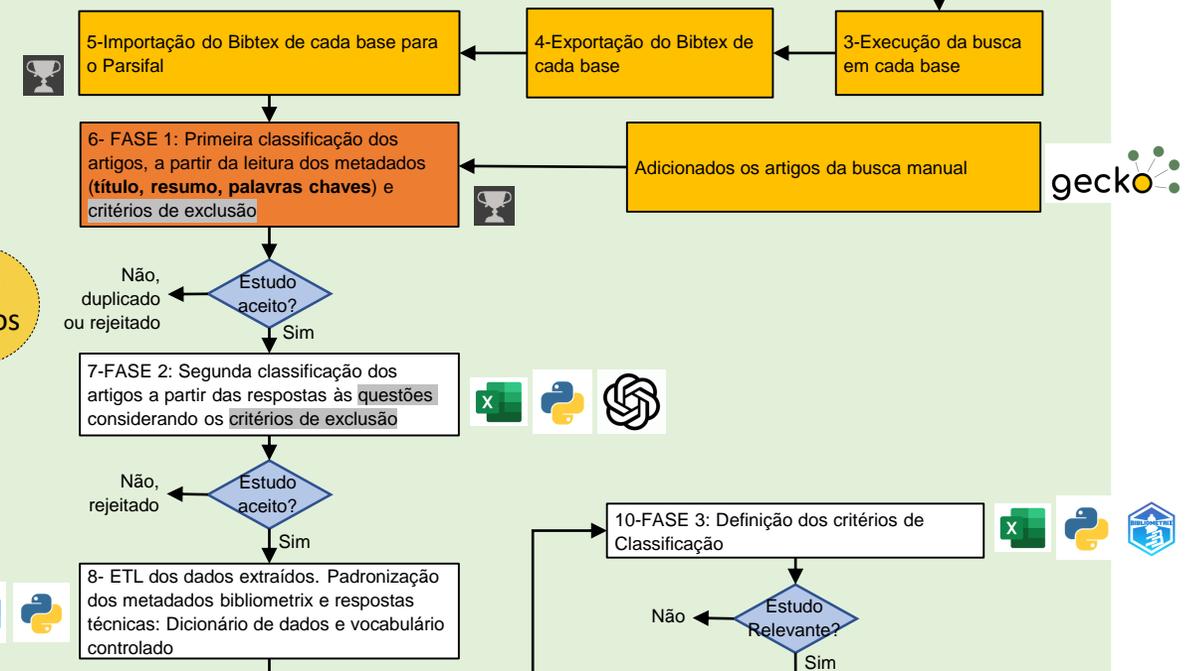
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

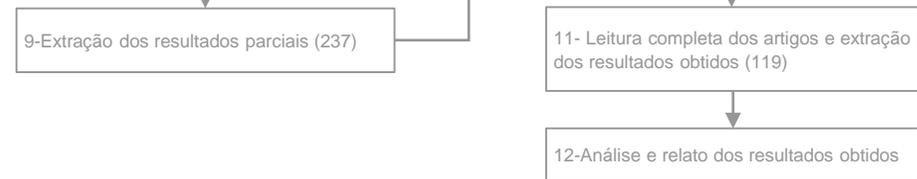
### Etapa 1: Planejamento



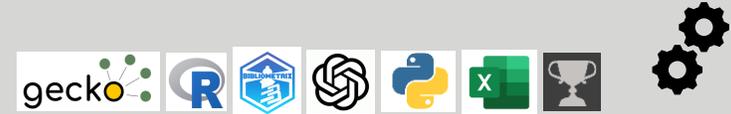
### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

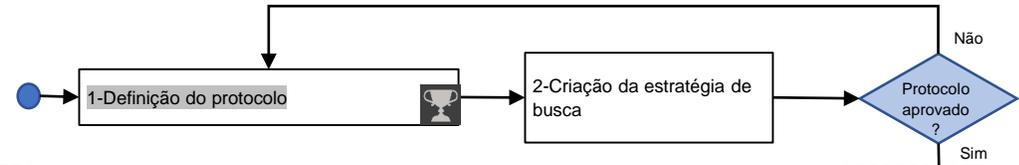
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

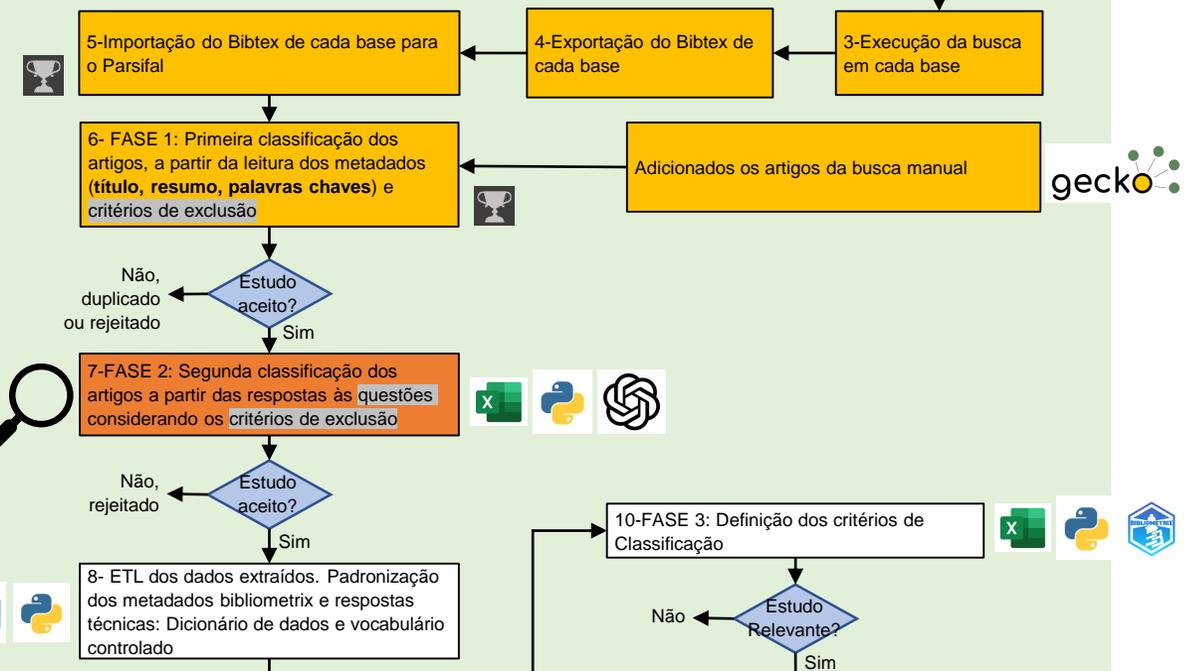
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

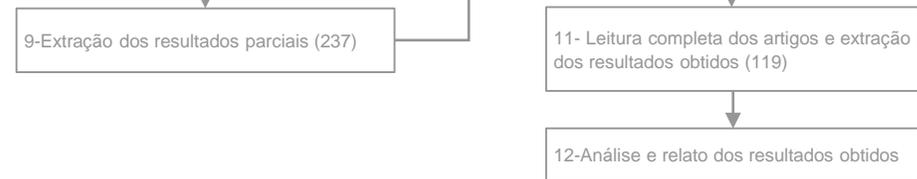
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



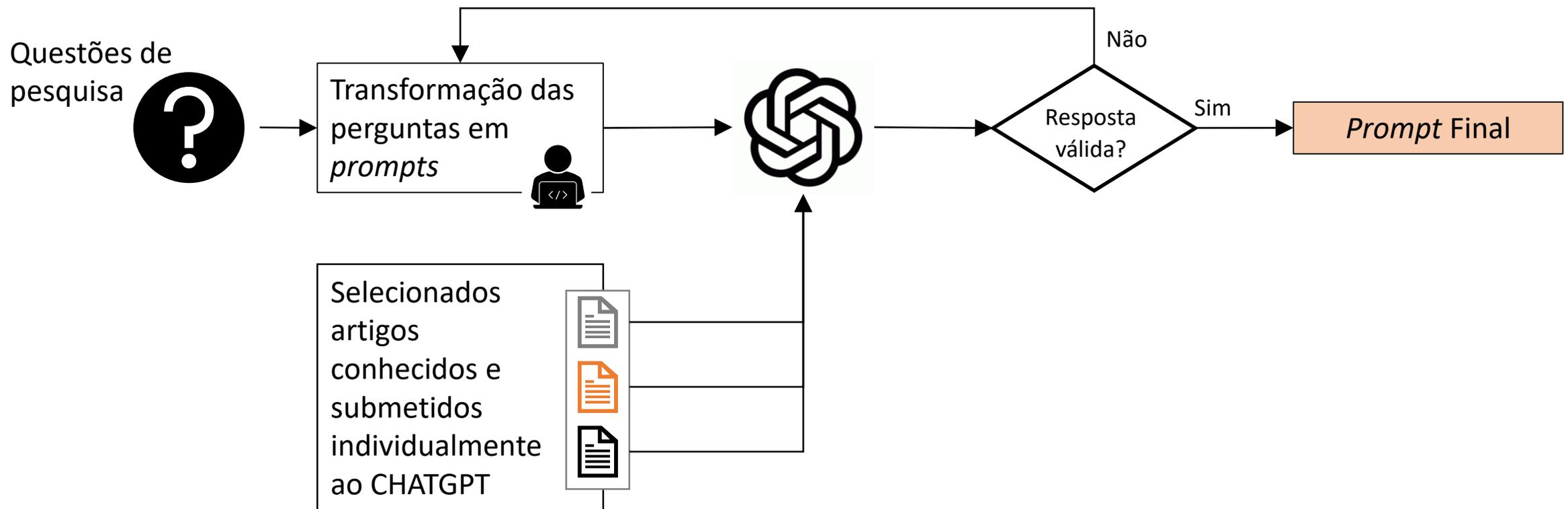
### Etapa 3: Resumo



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



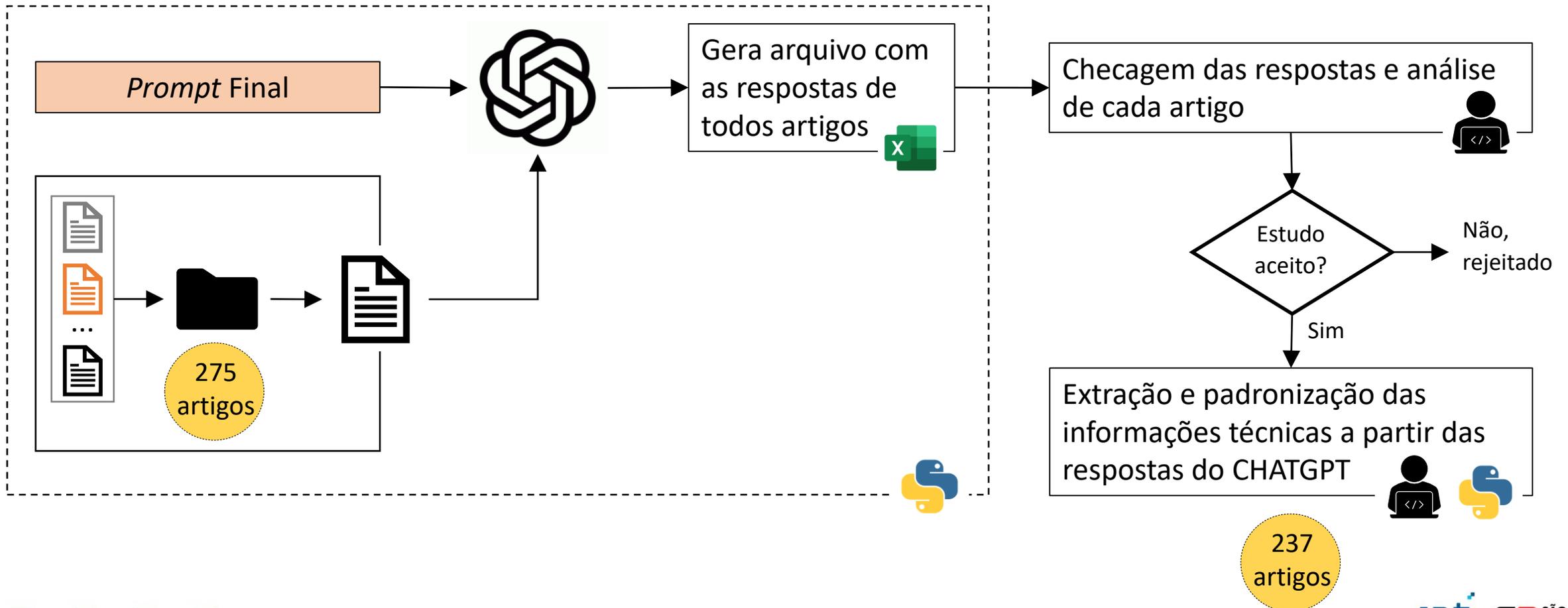
#### Obtendo as respostas dos questionamentos – FASE 2



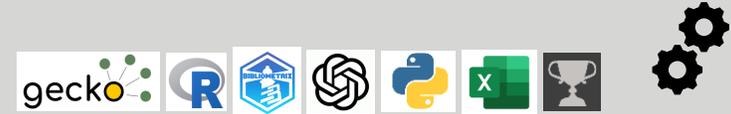
### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Obtendo as respostas dos questionamentos – FASE 2



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

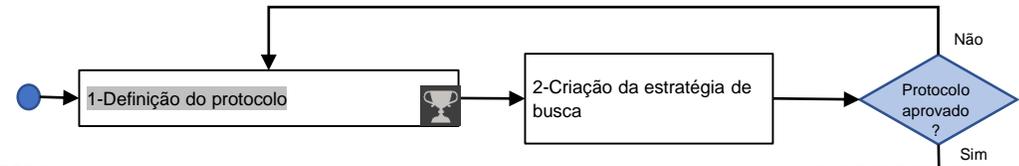
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

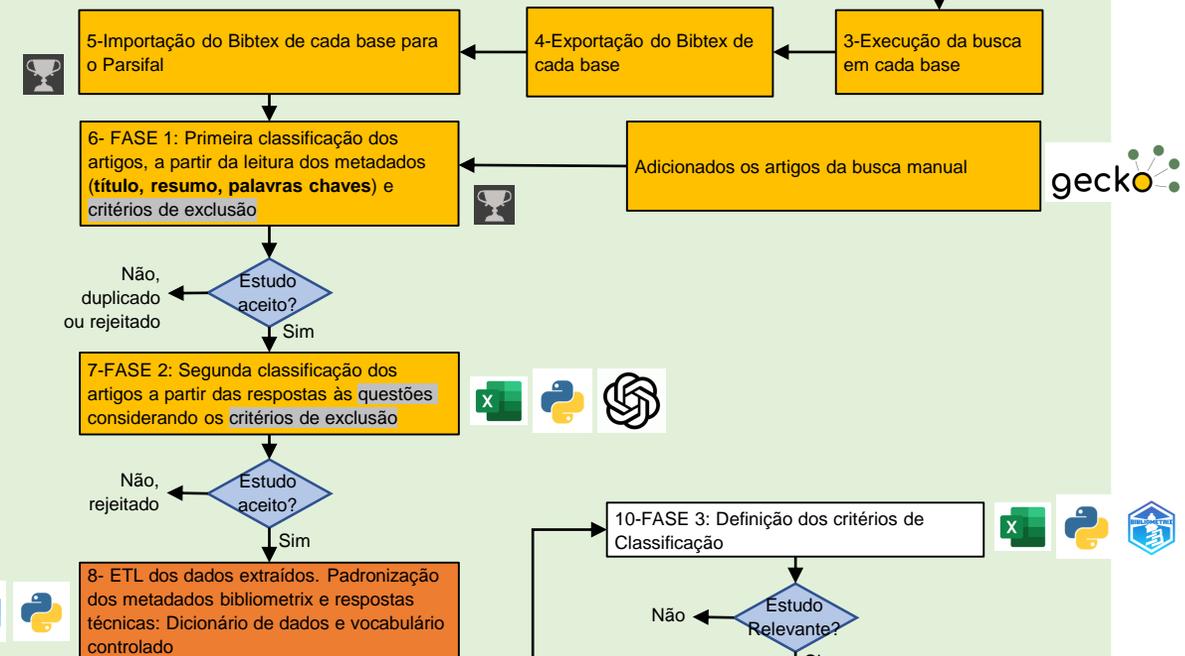
## Resultados:

- Filtragem, e priorização dos artigos
- Dados técnicos e metadados
- Dicionários

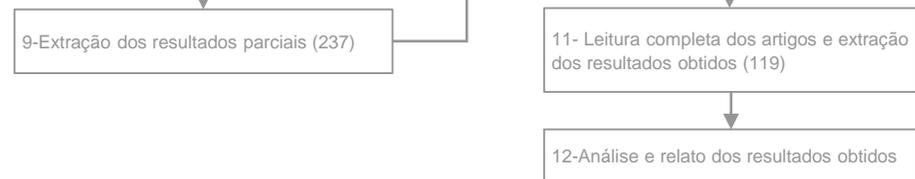
### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



### Etapa 3: Resumo



# ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Obtendo dados dos artigos – ETL (extração, transformação, carregamento)

### Informações extraídas:

<b>Técnicos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Técnicas de IA</li><li>• Feições geológicas</li><li>• Atributos sísmicos</li><li>• Tipos de rocha</li><li>• Ambiente deposicional</li><li>• Dados sísmico de campo e sintéticos utilizados</li></ul>	  <b>CHATGPT</b>
-----------------	--	--

<b>Metadados</b>	<b>Outros</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bases de pesquisa</li><li>• Instituições e pesquisadores/grupos de pesquisa</li><li>• Palavras-chave</li></ul>	 
	<b>Qualitativo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Número de citações (autores, artigo, fontes)</li><li>• Ano de publicação (artigos)</li><li>• Quantidade de artigos publicados (fontes)</li></ul>	 <b>BIBTEX</b>



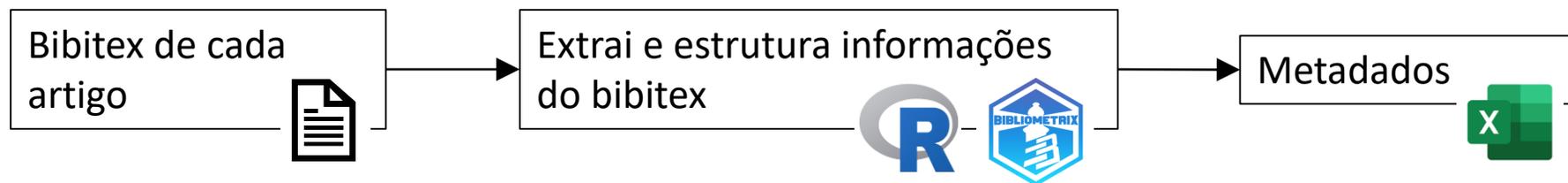
### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Bibliometrix – visão geral



Ferramenta de análise bibliométrica desenvolvida em R que auxilia na avaliação da literatura científica. Ela permite a análise de padrões de citação, cocitação, redes de colaboração entre autores e outras métricas bibliográficas. Facilita a visualização e interpretação de grandes volumes de dados bibliográficos, auxilia na identificação líderes em áreas de pesquisa e mapear campos de estudo.

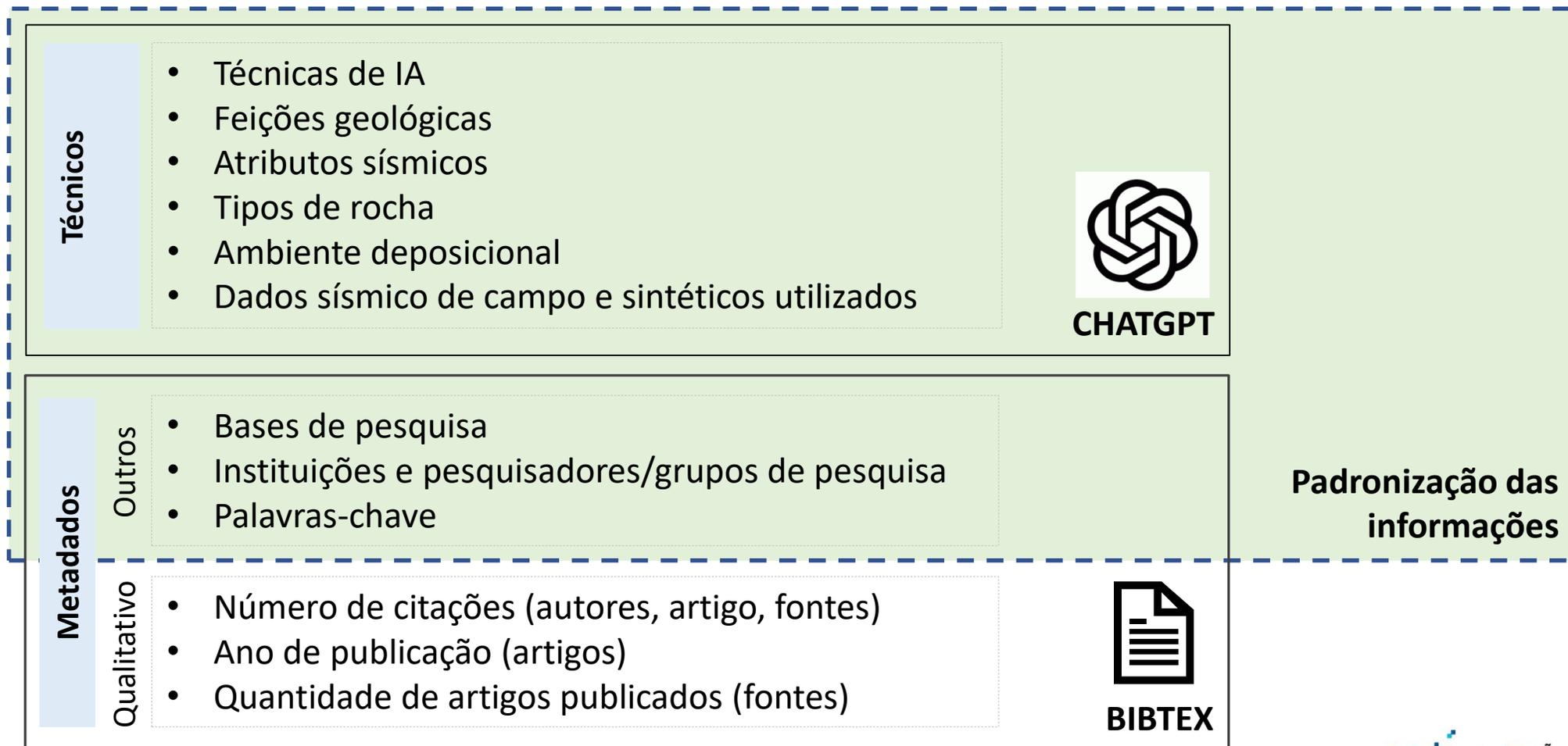


# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Obtendo informações dos artigos – ETL

Padronização das informações:

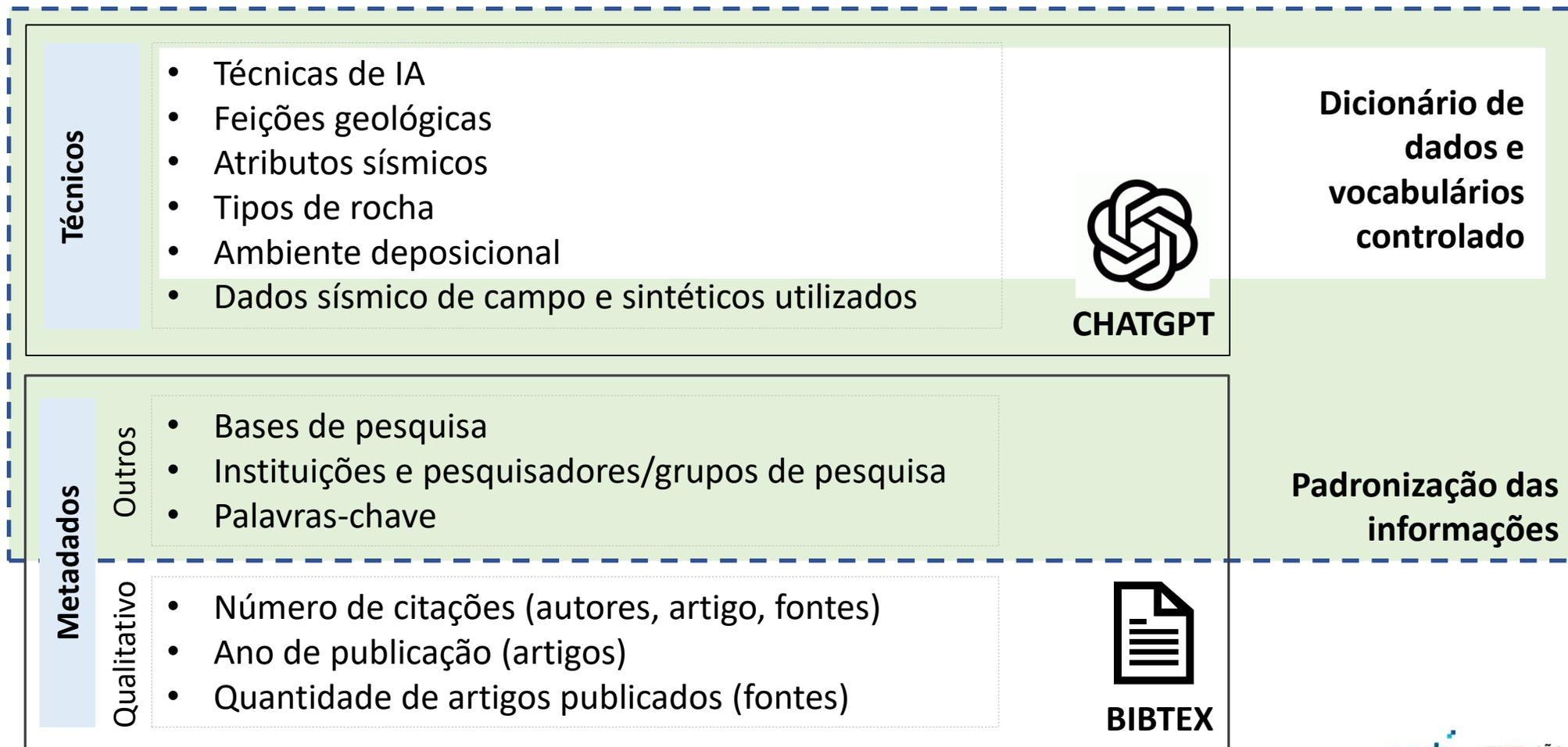


### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Obtendo informações dos artigos – ETL

Dicionário de dados e vocabulário controlado:



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Obtendo informações dos artigos – ETL

Dicionário e vocabulário controlado:

Técnicos

- Técnicas de IA
- Feições geológicas
- Atributos sísmicos
- Tipos de rocha
- Ambiente deposicional
- Dados sísmico de campo e sintéticos utilizados



CHATGPT

Dicionário e vocabulários controlado

Metadados

Outros

- Bases de pesquisa
- Instituições e pesquisadores/grupos de pesquisa
- Palavras-chave

Qualitativo

- Número de citações (autores, artigo, fontes)
- Ano de publicação (artigos)
- Quantidade de artigos publicados (fontes)



BIBTEX

Padronização das informações

Critérios qualitativos para classificação FASE 3

# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



## Ferramentas utilizadas:

- Parsifal
- Excel
- Python
- ChatGPT
- Bibliometrix
- Rstudio
- Citation Gecko

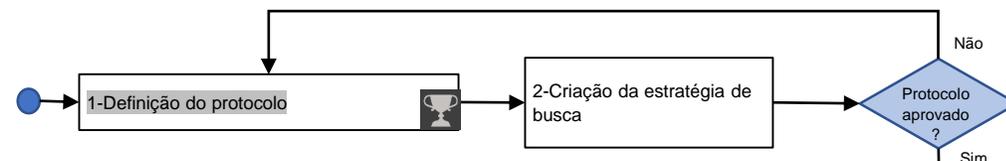
## Atividades:

- Execução da busca
- Gerar e importar o Bibtex
- Fases de classificação e priorização dos artigos
- ETL

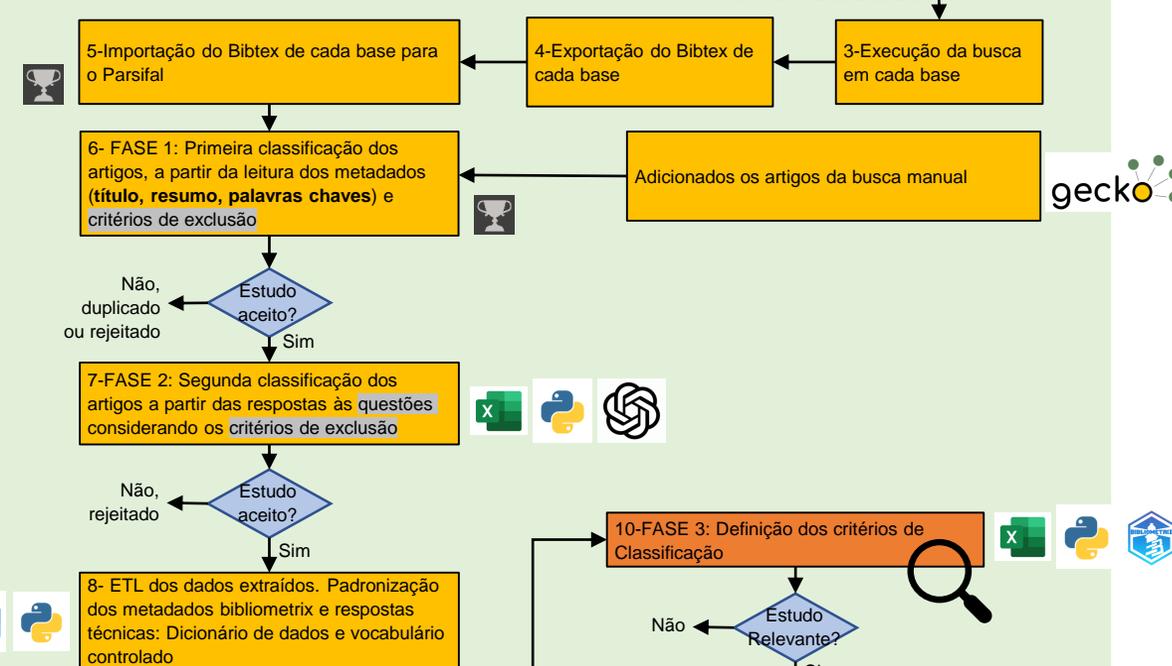
## Resultados:

- Filtragem e priorização dos artigos
- Dados técnicos, metadados e dicionários

### Etapa 1: Planejamento



### Etapa 2: Execução



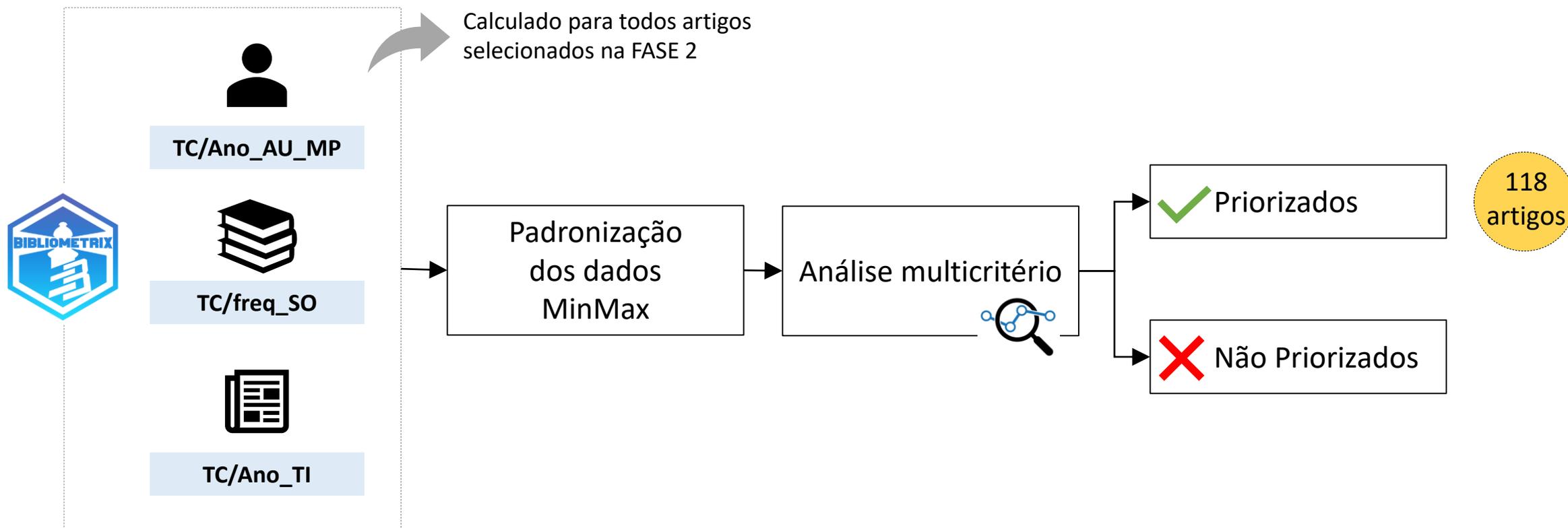
### Etapa 3: Resumo



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO



#### Priorização/ Classificação dos artigos – FASE 3



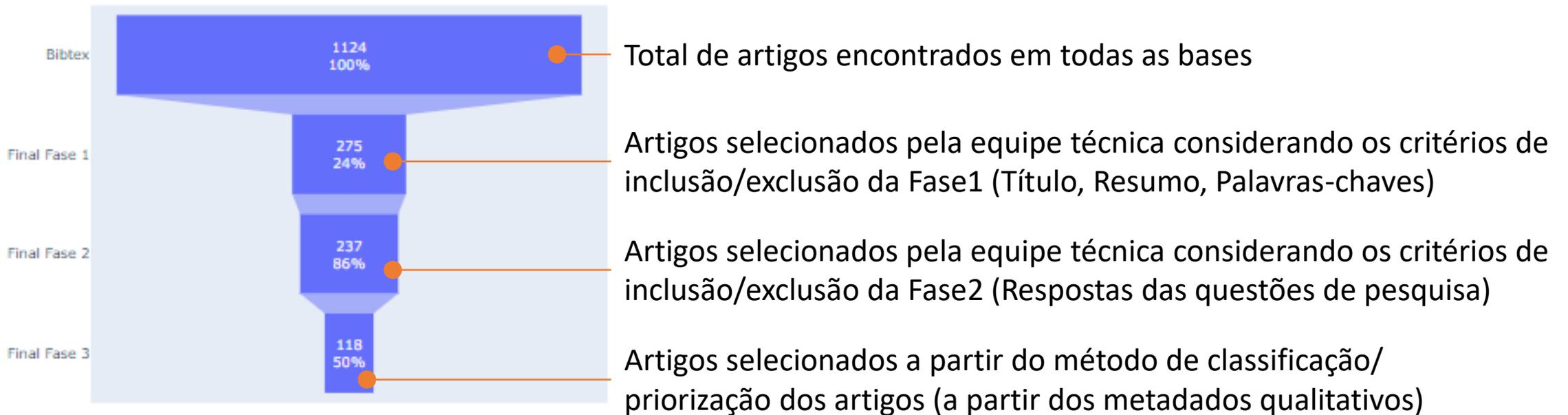
TC – número de citação; Ano – tempo de publicação; freq – número de artigos publicados;  
AU – autor; SO – base; TI - artigo



### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO – RESULTADOS ALCANÇADOS



#### Filtro



# 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO – RESULTADOS ALCANÇADOS



## Lista dos artigos priorizados

### **Seismic fault detection based on multi-attribute support vector machine analysis**

*Haibin Di\*, Muhammad A. Shafiq, and Ghassan AlRegib*

*Center for Energy and Geo Processing (CeGP), Georgia Institute of Technology*

### **Improving seismic fault detection by super-attribute-based classification**

Haibin Di<sup>1</sup>, Mohammad Amir Shafiq<sup>2</sup>, Zhen Wang<sup>2</sup>, and Ghassan AlRegib<sup>2</sup>

### **A comparison of classification techniques for seismic facies recognition**

Tao Zhao<sup>1</sup>, Vikram Jayaram<sup>2</sup>, Atish Roy<sup>3</sup>, and Kurt J. Marfurt<sup>1</sup>

### **Seismic Foundation Model (SFM): a new generation deep learning model in geophysics**

Hanlin Sheng<sup>1</sup>, Xinming Wu<sup>1\*</sup>, Xu Si<sup>1</sup>, Jintao Li<sup>1</sup>, Sibao Zhang, and Xudong Duan

<sup>1</sup>School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China,

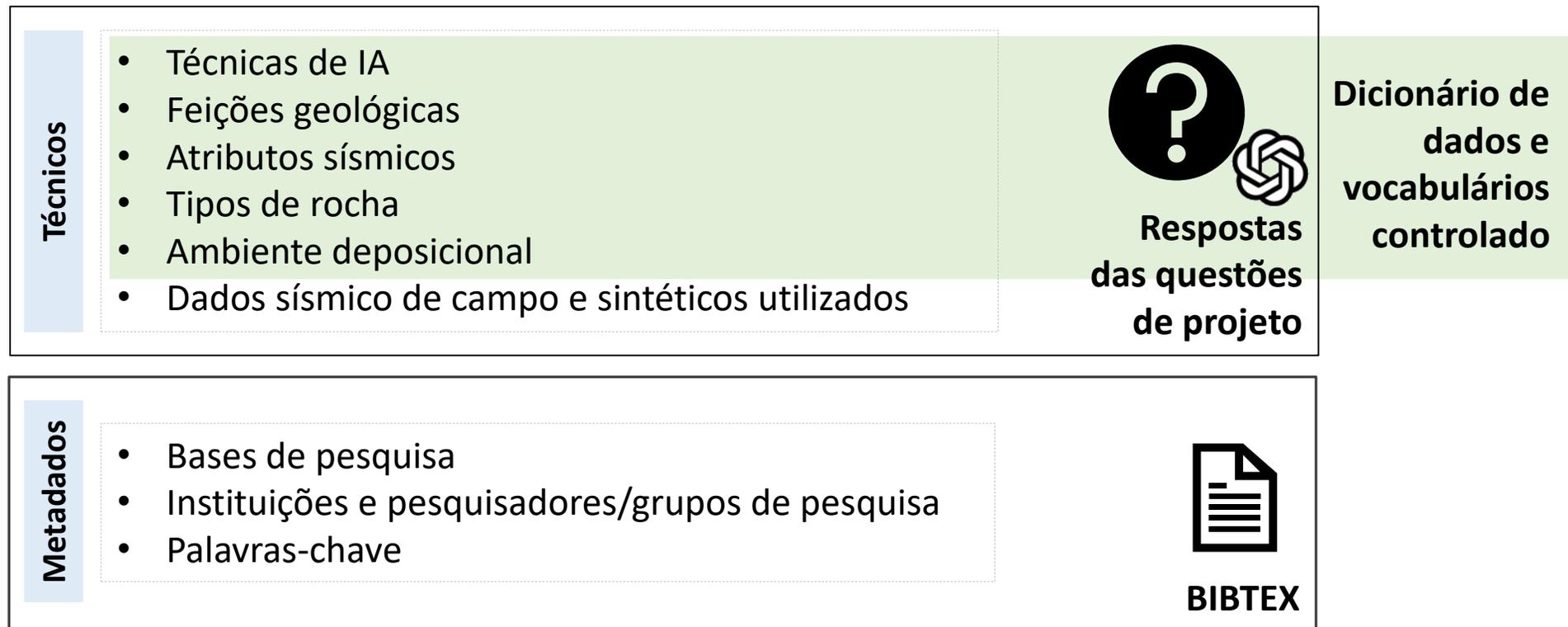
Hefei, China.



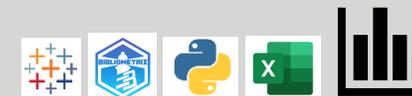
### 3. ETAPA 2: EXECUÇÃO – RESULTADOS ALCANÇADOS



#### Dados técnicos, metadados e dicionários



# 4. ETAPA 3: RESUMO



## Ferramentas utilizadas:

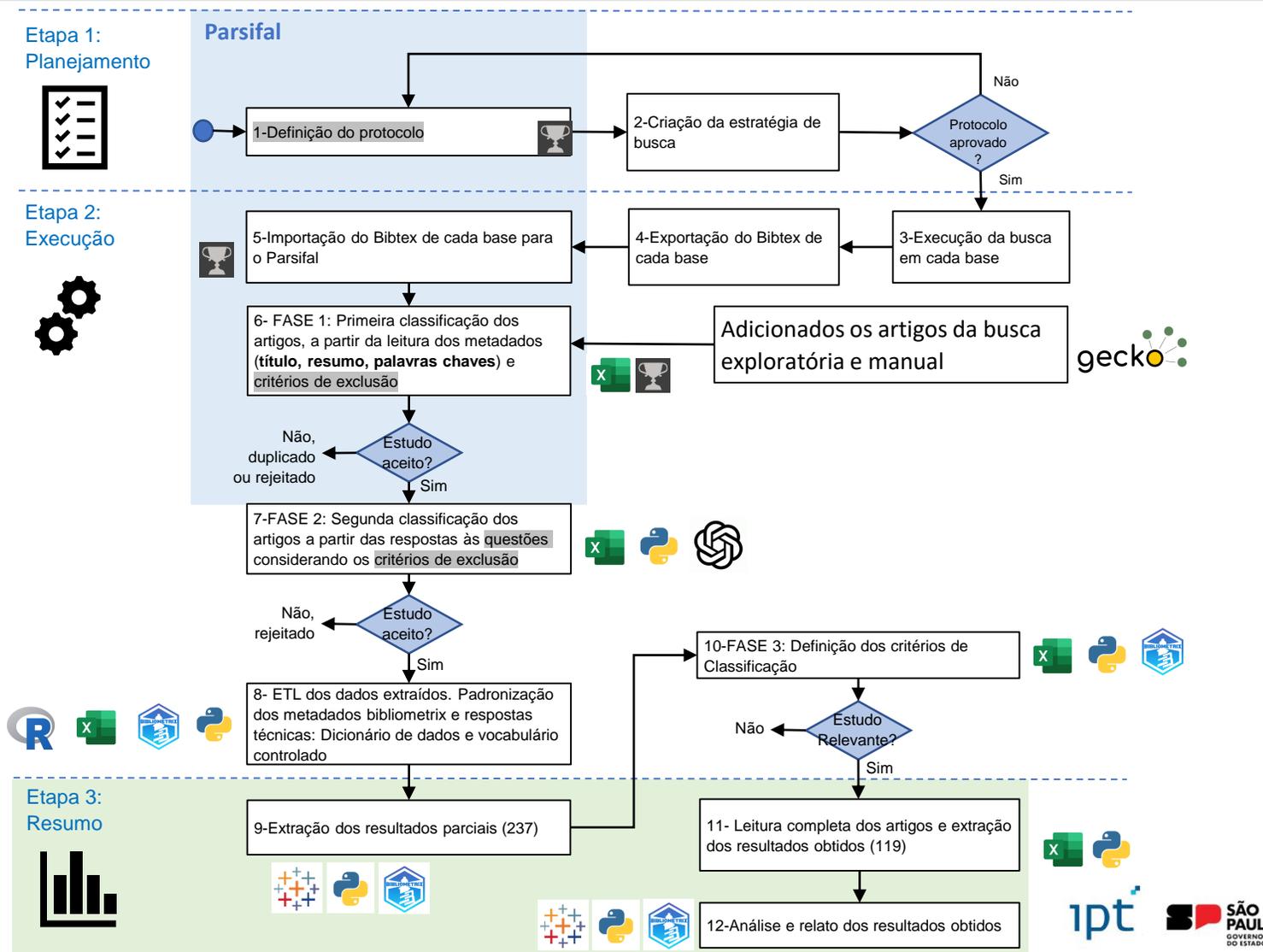
- Excel
- Python
- Bibliometrix
- Tableau

## Atividades:

- Fichas de Leitura
- Visualização dos resultados a partir das informações extraídas na Etapa 2

## Resultados:

- Cruzamento das informações obtidas
- Respostas das questões de projeto



# 4. ETAPA 3: RESUMO



## Ficha de leitura:

ID	228
TÍTULO	FAULTNET3D: PREDICTING FAULT PROBABILITIES, STRIKES, AND DIPS WITH A SINGLE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
REFERÊNCIA	WU X;SHI Y;FOMEL S;LIANG L;ZHANG Q;YUSIFOV A. FAULTNET3D: PREDICTING FAULT PROBABILITIES, STRIKES, AND DIPS WITH A SINGLE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK. IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, 9138-9155, 2019
DOI	10.1109/TGRS.2019.2925003
ANO DE PUBLICAÇÃO	2019
AUTORES	WU X;SHI Y;FOMEL S;LIANG L;ZHANG Q;YUSIFOV A
NÚM. DE PÁGINAS	9138-9155
PALAVRAS-CHAVE	seismic facies; cube; synthetic data; field data; fault / falha; classification; features extraction; artificial intelligence; neural network; CNN - convolutional neural network; random forest
NÚMERO DE CITAÇÕES	88
TÉCNICA DE IA	CNN
FEIÇÕES GEOLÓGICAS	Fault
ATRIBUTOS SÍSMICOS	
TIPOS DE ROCHA	
AMBIENTE DEPOSICIONAL	
DADOS DE CAMPO	sim;Campos Basin 3D; Opunake 3D; Maui 3D
DADOS SINTÉTICOS	sim;nan
ELABORADA POR	Felipe Silva Sillés
ATUALIZADA EM	08/10/2024
RESUMO Ideia geral do artigo	O estudo propôs a utilização de uma rede neural convolucional (CNN) para estimar simultaneamente probabilidades de falhas, strikes e dips diretamente de uma imagem sísmica. A tarefa envolveu a construção de um modelo CNN de 7 camadas para classificar strikes e dips de falhas em um cubo sísmico local e obter a probabilidade de classificação ao mesmo tempo. Os resultados mostraram que, mesmo treinado apenas com conjuntos de dados sintéticos, o modelo CNN pode ser aplicado para estimar com precisão as probabilidades de falhas, strikes e dips em imagens sísmicas de campo adquiridas em levantamentos totalmente diferentes. O diferencial inovador do artigo é a capacidade de uma única CNN estimar simultaneamente três parâmetros de falhas, o que melhora a precisão e a continuidade das imagens de falhas. Os desafios enfrentados incluíram a criação de um grande número de cubos sísmicos sintéticos para treinamento e a necessidade de melhorar a continuidade das características de falhas nas imagens finais. Atividades futuras podem incluir a adaptação do modelo para detectar falhas com ângulos de dip mais baixos e a estimativa de deslocamentos de falhas.
1. O ARTIGO FAZ UMA COMPARAÇÃO ENTRE TÉCNICAS DE IA? SE SIM, QUAIS TÉCNICAS SÃO COMPARADAS E SOB QUAIS CONDIÇÕES? (Sugestão: incluir referências relativas às técnicas citadas, informações sobre essa comparação, extrair imagens do artigo contendo gráficos, tabelas, etc.)	Sim. Técnicas comparadas: C3, C2, planarity, structure-oriented planarity, structure-oriented semblance, fault likelihood, optimal surface voting, FaultSeg3D. Resultado da comparação: A técnica proposta (CNN-based method) apresentou melhor desempenho em obter uma detecção de falhas precisa e limpa. Melhor desempenho: CNN-based method.
2. SÃO APRESENTADOS RESULTADOS SOBRE O DESEMPENHO DO MÉTODO E/OU TÉCNICA DE IA CITADOS NO ARTIGO? (Sugestão: incluir informações relativas ao desempenho mencionado, como por exemplo imagens de tabelas e/ou gráficos extraídos do artigo, métricas)	Métricas utilizadas: Precisão-recall, curvas ROC. Desempenho/accurácia: A precisão-recall mostrou que o método de classificação baseado em CNN forneceu as maiores precisões para todas as escolhas de recall. As curvas ROC indicaram que o método de classificação baseado em CNN teve o melhor desempenho em termos de precisão de detecção de falhas, superando outras

3. CITAR OS ATRIBUTOS SÍSMICO QUE FORAM RELEVANTES PARA O TRABALHO?	O artigo utiliza atributos como base de comparação para o método desenvolvido baseado em CNN Atributos sísmicos: Semblance, coherency
4. SÃO SUGERIDOS TRABALHOS FUTUROS RELATIVOS AO ESTUDO EM QUESTÃO? NO MÉTODO PROPOSTO, APONTA MELHORIAS ALCANÇADAS OU ASPECTOS A MELHORAR? O AUTOR CITA QUAIS SÃO OS PONTOS FRACOS E INDICA COMO TRATÁ-LOS?	Desafios não solucionados: D2: O artigo não aborda diretamente a questão dos dados sísmicos de baixa qualidade limitando a precisão. D5: O método proposto é computacionalmente caro, exigindo um tempo significativo para processar volumes sísmicos completos. D6: A dificuldade de interpretação dos modelos de DL ("caixa-preta") não foi abordada no artigo.
5. O ARTIGO MENCIONA A UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE, FERRAMENTA OU OUTRO RECURSO COMPUTACIONAL? (AASPI, informações disponíveis no github, etc.)	Foram utilizados: NVIDIA Titan Xp GPU para treinamento e validação do modelo CNN
6. O ARTIGO INFORMA CARACTERÍSTICAS DA INFRAESTRUTURA COMPUTACIONAL?	Características da infraestrutura: O treinamento do modelo CNN foi realizado utilizando uma GPU NVIDIA Titan Xp. O treinamento do modelo 2D levou cerca de 8.8 minutos para 12 épocas, enquanto o treinamento do modelo 3D levou cerca de 4 horas para 12 épocas. A GPU foi essencial para acelerar o processo de treinamento e validação dos modelos.
7. RELEVÂNCIA PARA O TRABALHO (Responder considerando: relevante, mediantemente, não relevante)	relevante
8. RELEVANTE PARA QUÊ?	cnn multithread
9. ESSE ARTIGO ESTA ENTRE OS 5 MELHORES ARTIGOS? JUSTIFIQUE	sim, estimativa simultânea de probabilidades de falha, direções e inclinações
LISTA DE CITAÇÕES E COMENTÁRIOS Indicar citações que julgar relevantes, trechos que expressam pontos fundamentais do artigo.	"We simultaneously estimate fault probabilities, strikes, and dips directly from a seismic image by using a single convolutional neural network (CNN). In this method, we assume a local 3-D fault is a plane defined by a single combination of strike and dip angles." "We construct a 7-layer CNN to classify the fault strike and dip in a local seismic cube and obtain the classification probability at the same time. By sliding the classification window within a full seismic image, we are able to obtain a lot of overlapping fault cubes which are stacked to compute three full images of enhanced and continuous fault probabilities, strikes, and dips." "To train the CNN model, we propose an effective and efficient workflow to automatically create 900 000 synthetic seismic cubes and the corresponding fault class labels. Although trained with only synthetic data sets, our CNN model can be applied to accurately estimate fault probabilities, strikes, and dips within field seismic images."
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS Relevantes	

## 4. ETAPA 3: RESUMO

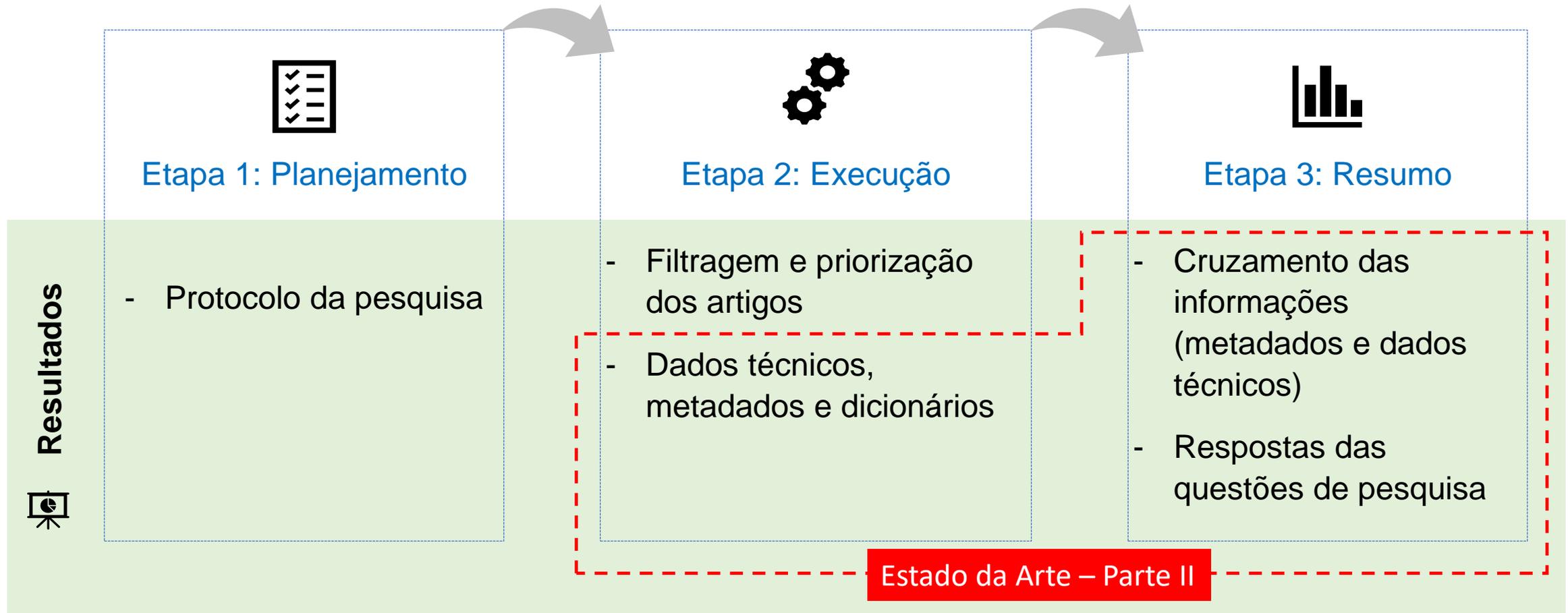


### Desafios:

- D1, falta de datasets anotados para treinar modelos de DL ou ML.
- D2, dados sísmicos de baixa qualidade limitam a precisão.
- D3, incertezas na interpretação de feições geológicas.
- D4, problemas de generalização de modelos treinados com dados sintéticos.
- D5, alto custo computacional dos modelos de DL ou ML.
- D6, dificuldade de interpretação dos modelos de DL ("caixa-preta") ou ML.
- D7, problemas de classificação desbalanceada dos datasets.
- D8, falta de critérios adequados para avaliação de desempenho/acurácia.
- D9, falta de acesso aberto a dataset e ou código implementado.
- D10, métodos de DL ou ML omitem restrições geológicas conhecidas.
- D11, problemas de interoperabilidade dos modelos de DL ou ML com interpretações manuais (por exemplo, falhas sísmicas detectadas não podem ser carregadas em um software de interpretação sísmica).
- D12, dificuldade de generalização do modelo de DL ou ML para identificação de outras feições geológicas não tratadas no artigo.



# 5. CONCLUSÃO/ PRINCIPAIS RESULTADOS ALCANÇADOS





---

# PETROBRAS

## IDENTIFICAÇÃO DE FEIÇÕES GEOLÓGICAS EM DADOS SÍSMICOS POR MEIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

ESTADO DA ARTE – PARTE II

05.11.2024

# ESTADO DA ARTE – PARTE II

## ETAPA 3: RESUMO – RESULTADOS ALCANÇADOS

### Sumário

1. Retrospectiva: resultados produzidos nas etapas anteriores
2. Tratamento das informações extraídas dos artigos
3. Resultados obtidos a partir dos artigos selecionados
4. Resultados extraídos de artigos de maior relevância
5. Considerações e próximas atividades



# 1. RETROSPECTIVA: RESULTADOS PRODUZIDOS NAS ETAPAS ANTERIORES

Nas etapas anteriores, foram obtidos dois conjuntos de dados:

- um conjunto contendo 237 artigos, cuja análise dos respectivos metadados e dos dados técnicos possibilitou o entendimento do contexto e evolução do estado da arte;
- outro conjunto reunindo 119 artigos examinados detalhadamente (subconjunto do primeiro), extraindo-se informações relativas aos desafios, oportunidades, trabalhos futuros, arquitetura da solução, desempenho, recursos computacionais, entre outros.



## 2. TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DOS ARTIGOS

### 2.1 Dicionário de dados

- **Metadados dos artigos:** estabelecimento de uma lista de atributos comuns às diversas bases de dados pesquisadas, incluindo: autores, título, ano de publicação, DOI, fonte (periódicos, artigos de congresso, etc.), instituições\*, palavras-chaves\*, entre outros
- **Dados técnicos:**
  - Técnicas de inteligência artificial
  - Feições geológicas
  - Atributos sísmicos
  - Tipos de rocha
  - Ambiente deposicional
  - Conjunto de dados de campo
  - Conjunto de dados sintéticos

A partir dos dados técnicos extraídos dos artigos, foram adotadas denominações padronizadas para contabilizar as ocorrências relativas a técnicas de IA, feições geológicas, conjunto de dados, entre outras. Essa padronização também foi feita para atributos relativos aos metadados dos artigos, tais como instituições, palavras-chaves, fonte, etc.



## 2. TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DOS ARTIGOS

### TÉCNICAS DE IA: Terminologia adotada para a denominação de grupos e técnicas mencionados nos artigos selecionados

Grupo	Técnicas
<b>Classic ML</b>	Adaboost; ANN; Bayesian Classifier; Clustering; Decision Tree; Ensemble; Extra Tree; Gaussian Process; Gradient Boosting; KNN; LDA; Linear Regression; Logistic Regression; MLP; Naive Bayes; Neural Network; PNN; QDA; Random Forest; Ridge Regression; SVM; XGBoost
<b>Clustering</b>	Clustering; DBScan; Feature Agglomeration; Gaussian Mixture Model; GTM; Hierarchical Clustering; ICA; K-means; Mean Shift; SOM; Spectral Clustering
<b>DL</b>	2D CNN; 2D Unet; 3D ASPP; 3D CNN; 3D Resnet; 3D Saltnet; 3D Unet; 3D Usegnet; ASPP; Attention Convolutional Module; Attention Module; Attention NN; Autoencoder; Bayesian Segnet; CNN; Conditional GAN; Contrastive Learning; DARTS; Deep Convolutional Embedding Clustering; Deep NN; DeepLabv3; Directed Acyclic Graph NN; DNN; Dual task CNN; Efficientnet; Explainable AI; Faster R-CNN; GAN; Graph Attention Network; Graph Convolutional Network; LSTM; MLP-Mixer; Neural Style Transfer; PSP Net; R-CNN; Representation Learning; Resnet; Restricted Boltzmann Machine; RNN; Segformer; Segnet; Self-Supervised Learning; Shufflenet; Transfer Learning; Transformer; Transformer/Unet; Unet; USegformer; VGG
<b>Fuzzy</b>	Fuzzy System
<b>Image Processing</b>	3D Graph-Cut; Edge Detection; Frangi Filter; Gabor Filter; Hough Transform; Interpolation; Local Binary Pattern; LoG; Morphological Operations; Skeletonization; Superpixel; Thresholding
<b>Loss Function</b>	Balanced Cross Entropy; Combined Loss; Coral; Cosine Loss; Dice Loss; Discriminative Loss; Focal Loss; Focal Tversky Loss; Horizon Sequence-Constrained Loss; L1 loss; Logarithmic Loss; Lovász-Softmax Loss; Masked Loss; Md Loss; Negative Log-Likelihood; Partial Loss; Total Variation Loss
<b>Metaheuristics</b>	Neighborhood Search; Swarm
<b>Optimizer</b>	Adam; SGD
<b>Preprocessing</b>	Data Augmentation; Maximum Entropy Wigner-Ville Distribution; PCA; Relieff; Subspace Learning; Thalweg Automated Labeling; t-SNE; UMAP; Variational Mode Decomposition; Wavelet Transform
<b>Semi Supervised</b>	Data Distillation; Few Shot Learning; Iterative Semi Supervised Learning; Labeled/Unlabeled Data Mixup; Mean Teacher; Pseudo Labels; Weakly Supervised Learning
<b>Statistics</b>	Anova; Monte Carlo; RANSAC
<b>Time series</b>	DTW
<b>Unsupervised</b>	Contrastive Learning; Unsupervised ANN



## 2. TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DOS ARTIGOS

**FEIÇÕES GEOLÓGICAS:** Terminologia adotada para a denominação de grupos e classificação de feições citadas nos artigos selecionados

Grupo	Classificação
Carbonate	Build-up Karst Reef
DHI	Bright Spot Gas Chimney Sand Gas
Evaporite	Salt
Facies	Litofacies Seismic Facies Sequence Stratigraphy
Fault	Fault
Siliciclastic	Channel Mass Transport Turbidite
Stratigraphic	Stratigraphic Sequences
Structural	Anticline Fold



## 2. TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DOS ARTIGOS

### 2.2 Ferramentas utilizadas para visualização dos dados e análise



Parsifal



Excel



Python



Bibliometrix



Rstudio



Tableau

### 2.3 Apresentação dos resultados

Os gráficos e tabelas, reunidos nos Itens 3 e 4 adiante, apresentam parte das informações extraídas dos artigos analisados, utilizando-se as ferramentas citadas no Item 2.2. Podem conter informações ligadas aos metadados dos artigos, dados técnicos e dicionário de dados.

Além disso, os resultados referem-se a um dos seguintes conjuntos que contém:

- 237 artigos selecionados nas etapas anteriores (Item 3) ou
- 119 artigos considerados mais relevantes, dos quais foram extraídas informações mais detalhadas, tais como desafios, oportunidades, arquitetura da solução, entre outras (Item 4).

### 3. RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DOS ARTIGOS SELECIONADOS

a) **Metadados dos artigos:** título, resumo, autores, ano de publicação, instituições, fontes de informação (periódicos, congressos), palavras-chave, entre outras informações.

#### Principais informações

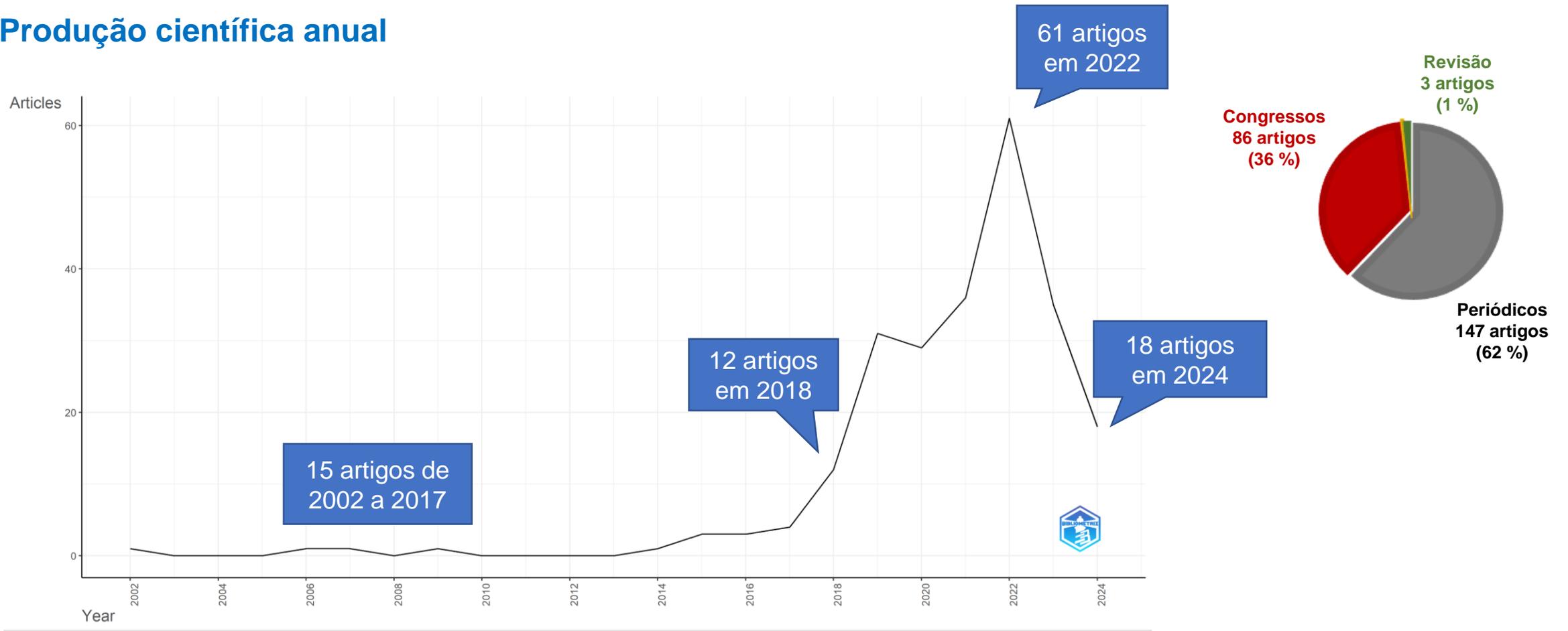


b) **Dados técnicos:** técnicas de IA, feições geológicas, atributos, tipos de rocha, ambiente deposicional, conjunto de dados de campo e sintéticos.



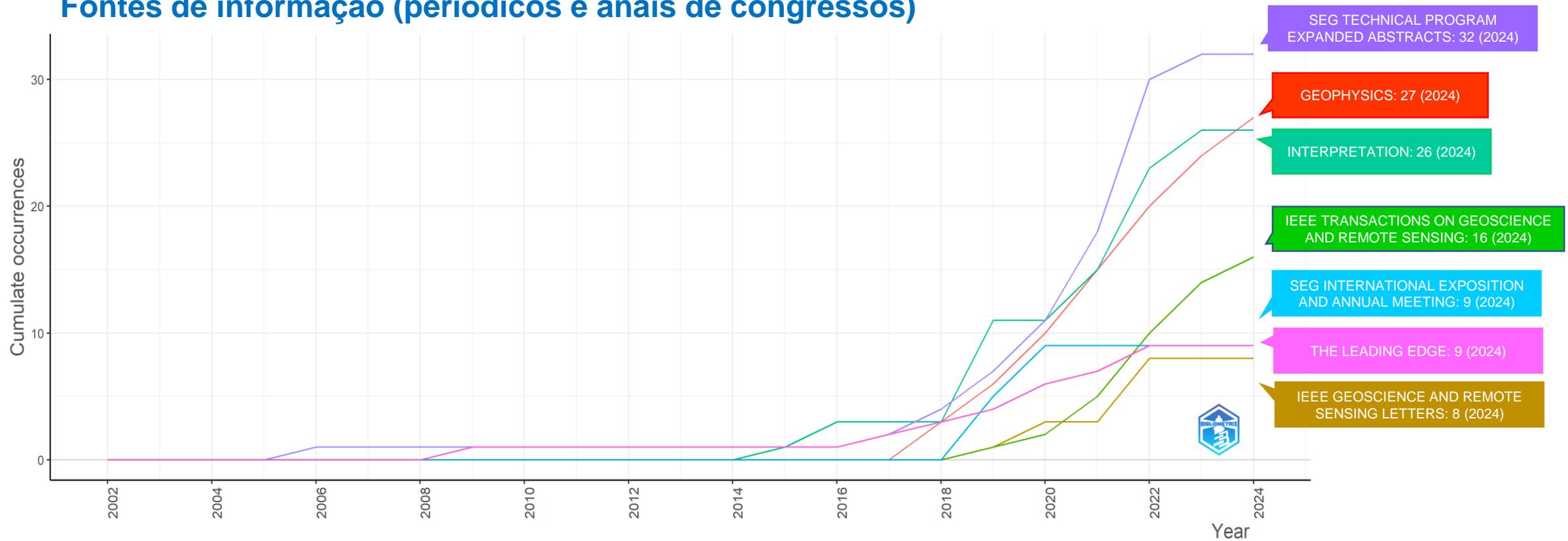
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Produção científica anual



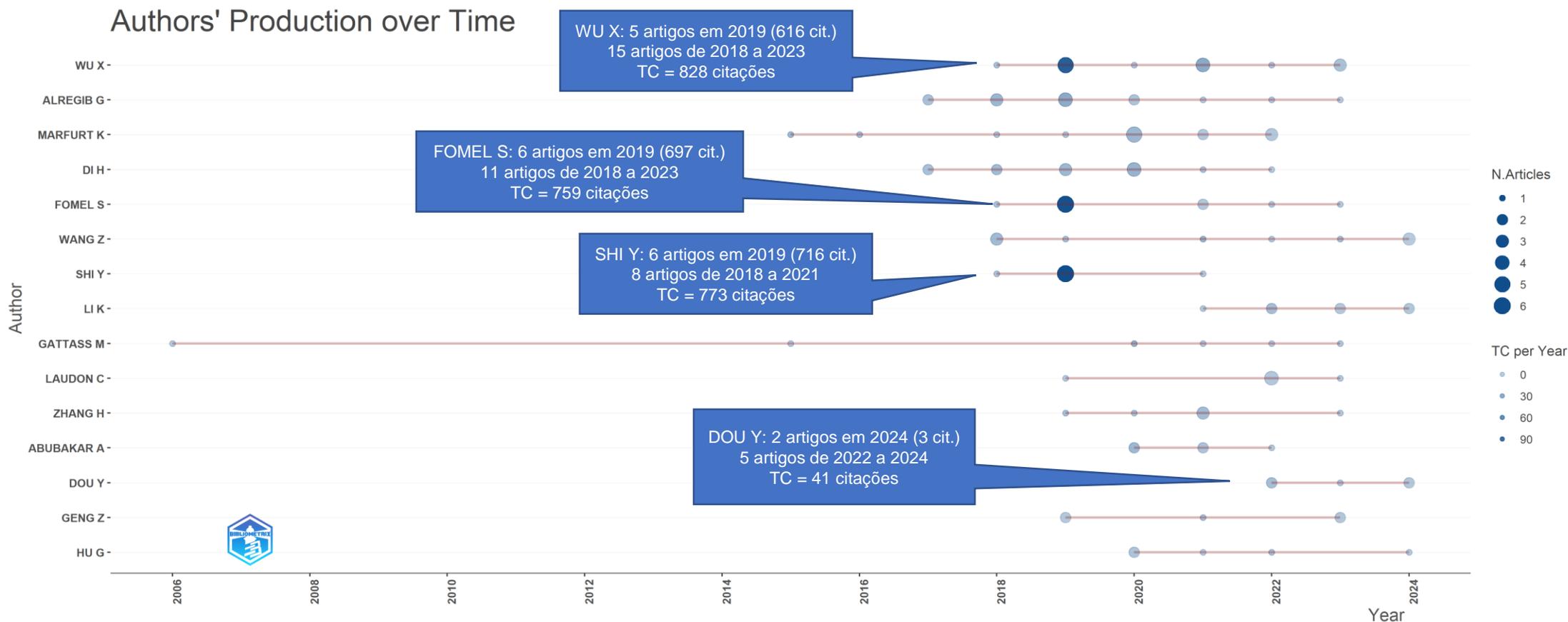
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Fontes de informação (periódicos e anais de congressos)



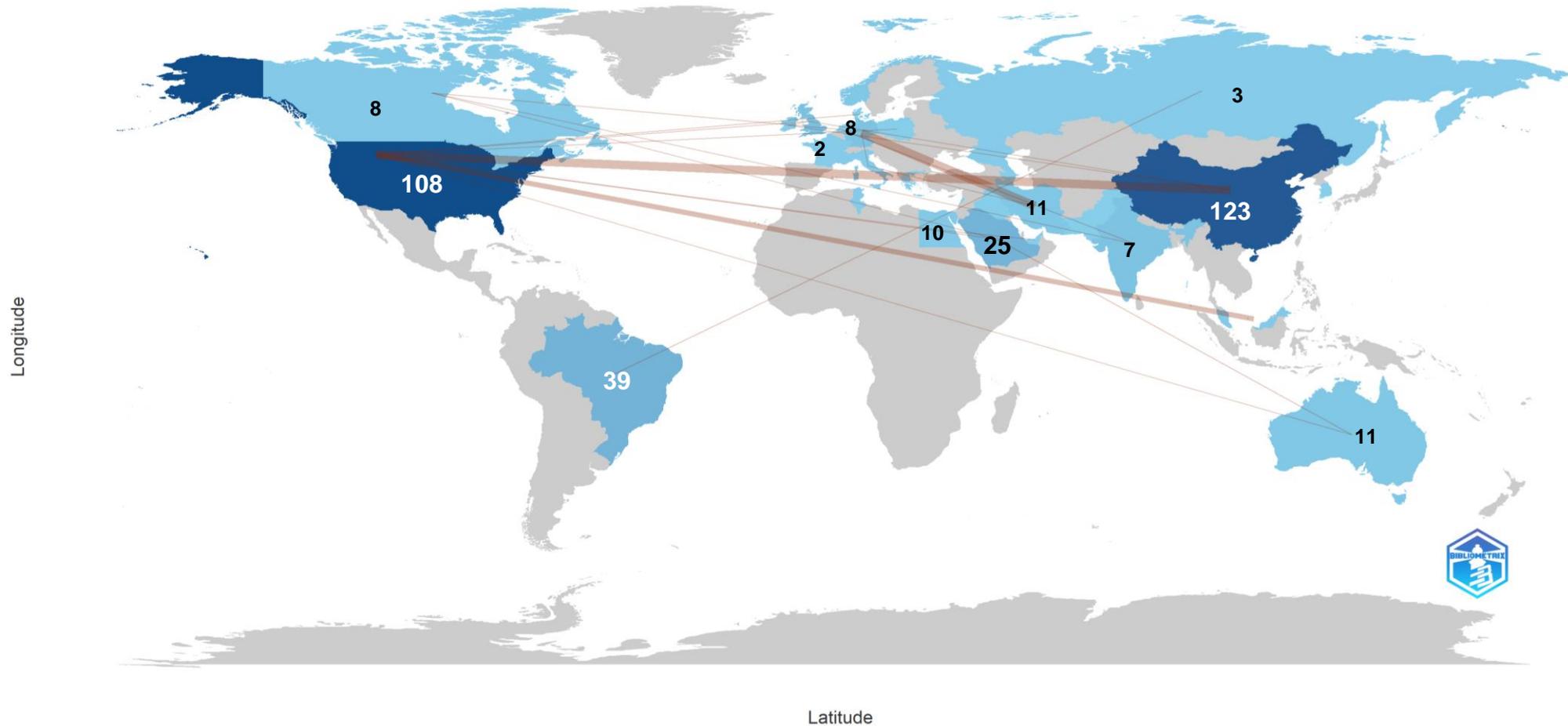
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Autores: produção científica e impacto considerando o total de citações (TC)



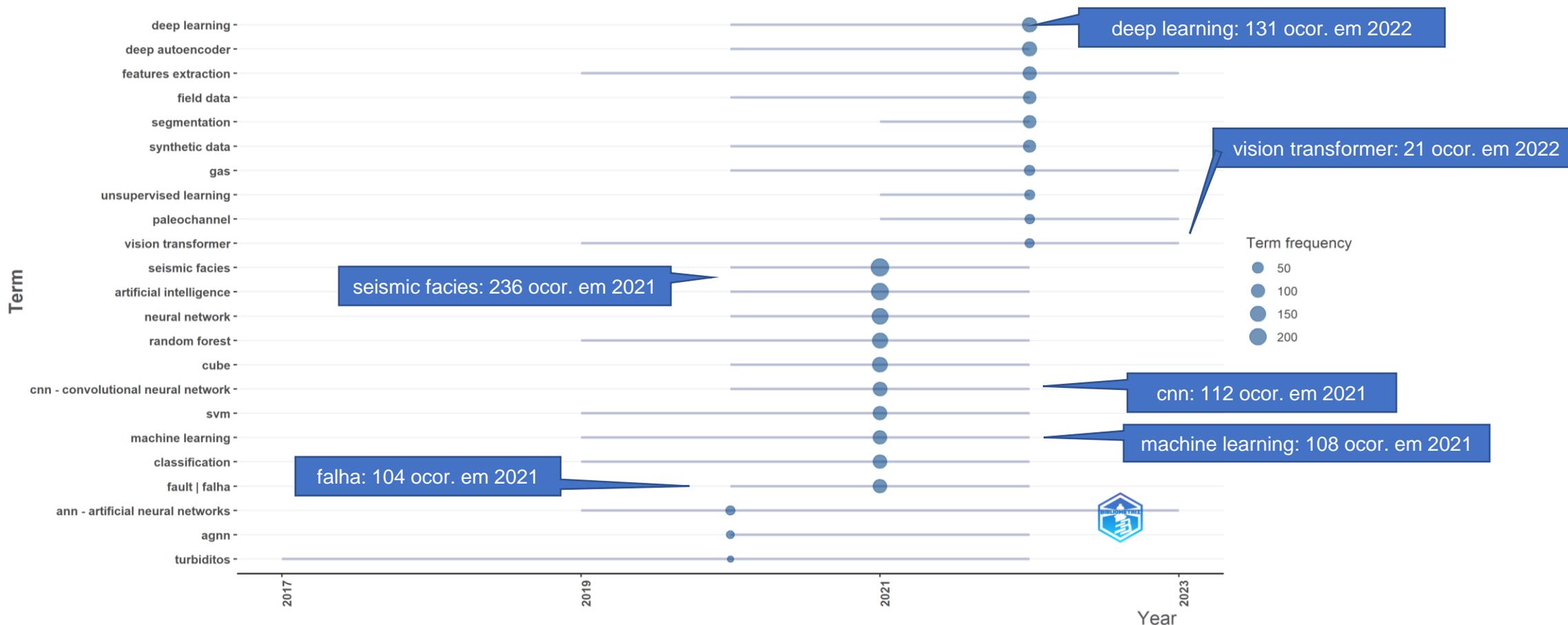
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Produção científica por país (número de artigos) e colaboração



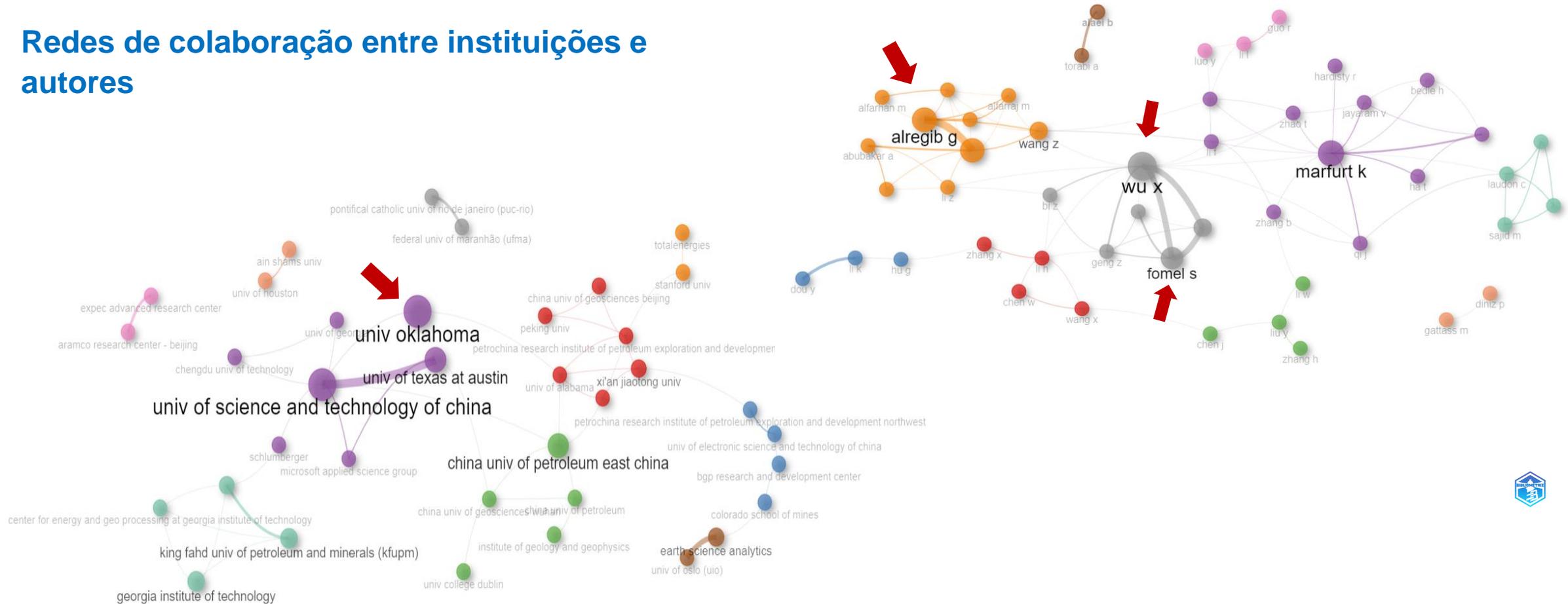
# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Tendência de tópicos considerando ocorrência anual de palavras-chave (*term frequency*)



# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Redes de colaboração entre instituições e autores



# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

The screenshot shows the homepage of the Computational Interpretation Group (CIG). The header is dark green with the group name and tagline. A navigation bar includes links for home, people, research, publication, teaching, software, collaboration, news, and alumni. The main content area features a 'Home' section with a paragraph about the group's research focus. To the left is a 3D seismic volume image. To the right is a 'CONTACT' section with the group head's name and email. Below that is an 'AFFILIATION' section listing the group's affiliation with the University of Science and Technology of China. At the bottom, there is a 'We currently focus on AI for geoscience problems:' section with a list of research areas.

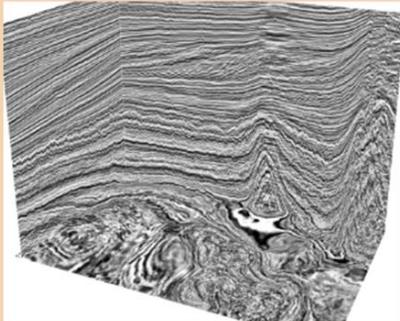
## Computational Interpretation Group

—with AI for geoscience

[home](#) [people](#) [research](#) [publication](#) [teaching](#) [software](#) [collaboration](#) [news](#) [alumni](#)

### Home

The Computational Interpretation Group (CIG) is a research group that collaborates with industry, government agencies, and academic institutions to advance research in exploration geophysics, monitoring, and artificial intelligence. Financially supported by global sponsors, our students engage in diverse research topics and have the freedom to choose those that align best with their interests and expertise.



Initially founded for seismic interpretation, CIG has expanded its scope to include computer-assisted processing and interpretation of datasets across diverse fields such as exploration geophysics, well-logging, seismology, planetary science, and oceanography.

For instance (left), we developed **softwares** that efficiently and accurately interpret critical geologic features of faults, unconformities, horizons, geobodies, and facies in 3D seismic volumes. We further used these features, combined with well-log properties, domain knowledge, and human interactions, to build subsurface models.

#### CONTACT

Group Head: **Xinming Wu** (伍新明)  
Email: [xinmwu@ustc.edu.cn](mailto:xinmwu@ustc.edu.cn)

#### AFFILIATION

- Geophysics Faculty@USTC
- School of Earth and Space Sciences
- University of Science and Technology of China

#### ABROAD COLLABORATIONS

- TCCS
- CWP
- BEG
- RING

**We currently focus on AI for geoscience problems:**

- seismic structural interpretation;
- seismic stratigraphic interpretation;
- seismic geobody interpretation;
- reservoir property estimation;
- seismic facies characterization;
- subsurface model building;

<https://cig.ustc.edu.cn/main.htm>

The screenshot shows the homepage of the Attribute-Assisted Seismic Processing & Interpretation (AASPI) group. The header includes the University of Oklahoma logo and the group name. A navigation bar lists links for home, about, documentation, products, annual meetings, and contact. The main content area features a large 'AASPI CURRENT WORKPLAN' banner. Below this is an 'AASPI SOFTWARE UPDATES' section with a paragraph about the group's focus. At the bottom, there are four circular icons representing different software updates: 2024 Statement of Work (pdf), 2023 Accomplishments (pdf), 2024 Workplan (pdf), and Previous Enhancements.

## Mewbourne College of Earth and Energy

### ATTRIBUTE-ASSISTED SEISMIC PROCESSING & INTERPRETATION

The UNIVERSITY of OKLAHOMA

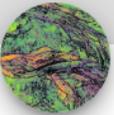
[HOME](#) [ABOUT](#) [DOCUMENTATION](#) [PRODUCTS](#) [ANNUAL MEETINGS](#) [CONTACT](#)

# AASPI CURRENT WORKPLAN

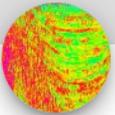
### AASPI SOFTWARE UPDATES

At AASPI, fostering robust collaboration with our sponsors and collaborators is a top priority. We are dedicated to sharing our workplans and software enhancements, and actively seeking their feedback to refine our strategies. Understanding the seismic imaging and reservoir characterization challenges encounter in subsurface characterization enables us to tailor student research projects to address real-world problems.

Also, we welcome seismic and well log donations, providing our students with invaluable hands-on experience in tackling genuine data and imaging problems. This not only enriches their academic journey but also equips them with practical skills for their futures in energy subsurface characterization.



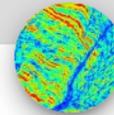
2024 Statement of Work (pdf)



2023 Accomplishments (pdf)



2024 Workplan (pdf)



Previous Enhancements

<https://www.ou.edu/mcee/labs/aaspi/about/current-workplan>



# 3.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Ghassan AlRegib

Olives - Omni Lab for Intelligent Visual Engineering and Science

---

Home Blog CSIP Team Research Publications ▾ **ML4SEISMIC** ▾ Courses and Tutorials Georgia Tech courses AI Makerspace Competitions ▾ Software & Datasets Demos Activities Contact

---

# ML4SEISMIC

## Center for Machine Learning for Seismic Industry Partners Program

The Presentations for 2023 ML4SEISMIC are available now [\[HERE\]](#)

<https://alregib.ece.gatech.edu/ml4seismic/>



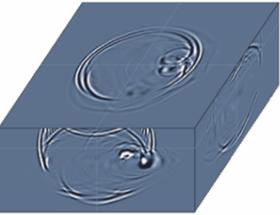
Home Staff Research Publications Software Members Bureau Search

### Fall 2024 Sponsor Meeting

TCCS will hold the Fall 2024 Sponsor Meeting on November 7-8 in Austin, Texas. Hosted by the Bureau of Economic Geology, it will be held at the VR Conference Room.

Representatives from the participating companies are invited to register for the meeting using following [link](#)

The **Texas Consortium for Computational Seismology** is a joint initiative of the **Bureau of Economic Geology** and the Center for Numerical Analysis at the **Oden Institute for Computational Engineering and Sciences** at The University of Texas at Austin. Its mission is to address the most important and challenging research problems in computational geophysics as experienced by the energy industry while educating the next generation of research geophysicists and computational scientists.



TCCS develops novel methods for seismic data analysis with focus on both resource exploration and carbon capture and storage. Areas of research focus include optimizing data acquisition with simultaneous sources, automating seismic interpretation, increasing the resolution of seismic reservoir characterization, and estimating subsurface properties using full-waveform inversion.

TCCS has pioneered new developments in several application areas:

- Deep-learning methods for seismic interpretation, including automatic detection of lithofacies and geobodies
- Deep-learning methods for seismic data processing and imaging, including noise attenuation, computational wave propagation, and least-squares seismic migration
- Optimal-transport methods for seismic full-waveform inversion
- Shaping regularization for improving acquisition and imaging with simultaneous sources
- Diffraction imaging for increasing the resolution of seismic imaging and reservoir characterization
- Seismic anisotropy and attenuation parameterizations for efficient imaging in complex media



Dr. Sergey B. Fomel

Email: [sergey.fomel@beg.utexas.edu](mailto:sergey.fomel@beg.utexas.edu)

Telephone: 512-475-9573



<https://tccs.beg.utexas.edu/>



## 3.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

### Conjunto de dados de campo e sintéticos mencionados nos artigos



Dataset	Feições Encontradas nos Artigos	Ids artigos
"A" Field 3D (Malay Basin)	Salt; Turbidite; Channel	203; 102; 207
2D seismic survey	Sequence Stratigraphy; Fault	483
3D seismic data from Saudi Arabia	Fault	031
3D survey in the South Atlantic Ocean	Salt	265
AN Field 3D	Sequence Stratigraphy; Turbidite; Channel	329
Arabian Basin 3D	Fault	100
Beatrice oil field	Fault	171
Blake Ridge 3D	Fault	014
Bonaventure 3D	Mass Transport	184
BroadseisTM 3D	Fault	390
Browse Basin	Channel	106
Buzios Field 3D	Build-up; Sequence Stratigraphy; Fault; Salt	445; 415; 472
Campos Basin 3D	Fault	228
Canning 3D	Fault	014; 263
Chengdao Oil Field	Channel	458
Coal Fields Shanxi Province	Sequence Stratigraphy; Fault	217
Costa Rica Margin 3D	Fault	229
Dangerous Grounds 3D (DG)	Sequence Stratigraphy; Turbidite; Channel	329
Delft 3D	Fault	014
Diskos 3D	Fault	218
Eugene Island 3D	Salt	450; 208
Four Gazprom Neft seismic cubes	Sequence Stratigraphy	202

Dataset	Feições Encontradas nos Artigos	Ids artigos
Great South Basin (GSB)	Salt; Fault; Channel; Stratigraphic Sequences; Sequence Stratigraphy; Gas Chimney	335; 003; 404; 455; 446; 269; 196
Groningen Gas field 3D	Fault	271
Gulfaks 3D	Sequence Stratigraphy	417
HC125 work area	Fault	079
Horda Platform 3D	Fault	164
Julia field	Salt	178
KG 3D (Krishna - Godavari Basin)	Fault	223; 222
Kahu-3D	Fault	014
Kerry 3D	Sequence Stratigraphy; Salt; Fault	229; 091; 210; 468; 230; 263; 267; 014; 135; 277; 226
Kokako 3D	Turbidite; Channel	380
Kora	Fault	157
LH Blcock	Fault	403
Laverda 3D	Sequence Stratigraphy; Fault	262
Maui 3D	Fault; Sand Gas; Turbidite; Channel	473; 380; 491; 228
Middle Pennsylvanian Red Fork Formation	Channel	290
NH 3D	Sequence Stratigraphy	417
NH0301 3D	Sequence Stratigraphy; Fault	262
NLOG	Fault; Salt	277
Netherlands Offshore F3 Block	Anticline; Salt; Seismic Facies; Bright Spot; Sand Gas; Fault; Channel; Stratigraphic Sequences; Sequence Stratigraphy; Gas Chimney	152; 233; 226; 433; 419; 191; 318; 407; 104; 232; 400; 077; 367; 004; 222; 243; 001; 444; 291; 120; 052; 255; 287; 455; 215; 202; 224; 405; 486; 014; 435; 021; 040; 392; 114; 062; 414; 135; 008; 427; 196; 070; 369; 391; 402; 010; 386; 151; 206; 401; 330; 229; 245; 397; 100; 324; 174; 363; 016; 131; 230; 123; 489; 418; 425; 201; 430; 424; 051; 216; 129; 416; 409; 446; 482; 091; 258; 410; 316

**Notas:** (1) Na coluna "Ids artigos" estão listadas as identificações atribuídas a cada artigo, recuperado na presente pesquisa bibliográfica.

(2) Outras características dos conjuntos de dados em apresentação futura.



## 3.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

### Conjunto de dados de campo e sintéticos mencionados nos artigos (continuação)

Dataset	Feições Encontradas nos Artigos	Ids artigos
Nimitz	Fault	157
Niobrara Phase 5 multi-client 3D program	Sequence Stratigraphy	298
North Shore 3D	Fault	454
Offshore Gulf of Mexico	Fault	157
Offshore Louisiana 3D	Salt; Turbidite	307; 095; 350
Offshore of Brazil	Salt	265
Onshore Gulf of Mexico	Fault	151
Opunake 3D	Sequence Stratigraphy; Fault	229; 228; 014; 055; 135
Parihaka 3D	Seismic Facies; Salt; Bright Spot; Fault; Channel; Sequence Stratigraphy	425; 030; 106; 233; 482; 012; 262; 258; 098; 014; 075; 136
Parque dos Gaviões	DHI	461; 242; 194
Penobscot 3D	Bright Spot; Salt; Fault; Channel; Sequence Stratigraphy	482; 014; 232; 392; 427; 400
Poseidon 3D	Reef; Fault	303; 014
Rio do Peixe 3D	Fault	105
Riped 3D	Channel	433
Saudi Aramco	Fault	146
Sea Barrents 3D	Fault	164
Shengli Oilfield Branch of Sinopec	Fault	091
Sichuan Basin	Channel	002
Simian Field (Nile Delta)	DHI	241
Solsikke 3D	Sequence Stratigraphy	417

Notas: (1) Na coluna “Ids artigos” estão listadas as identificações atribuídas a cada artigo, recuperado na presente pesquisa bibliográfica.

(2) Outras características dos conjuntos de dados em apresentação futura.



## 4 METADADOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

Apresentação das Informações extraídas dos 118 artigos selecionados na Fase 3, utilizando-se as várias ferramentas citadas (Item 2.2).

**4.1 Metadados dos artigos:** título, resumo, autores, ano de publicação, instituições, fontes de informação (periódicos, congressos), palavras-chave, entre outras informações.

### Principais informações

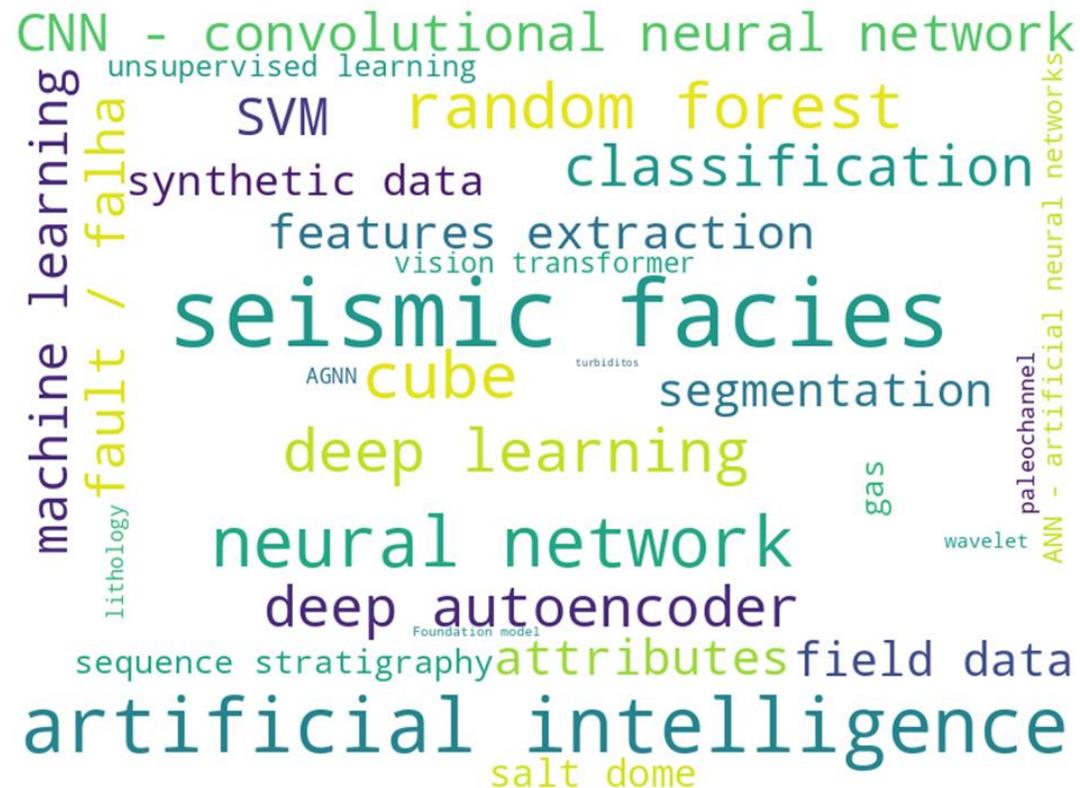


**4.2 Dados técnicos:** técnicas de IA, feições geológicas, atributos, tipos de rocha, ambiente deposicional, conjunto de dados de campo e sintéticos.



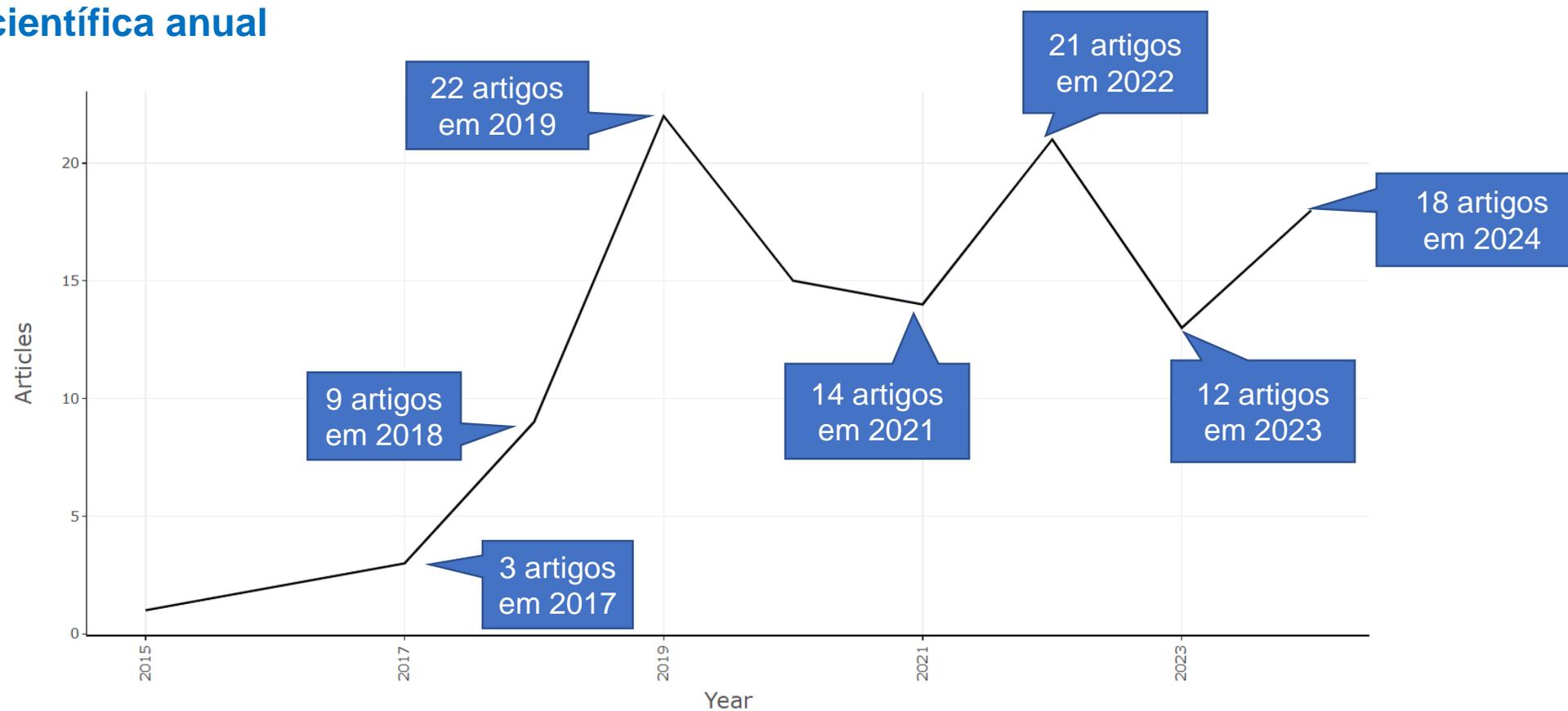
## 4.1 METADADOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

Ocorrência das 29 palavras-chave ligadas aos artigos mais relevantes



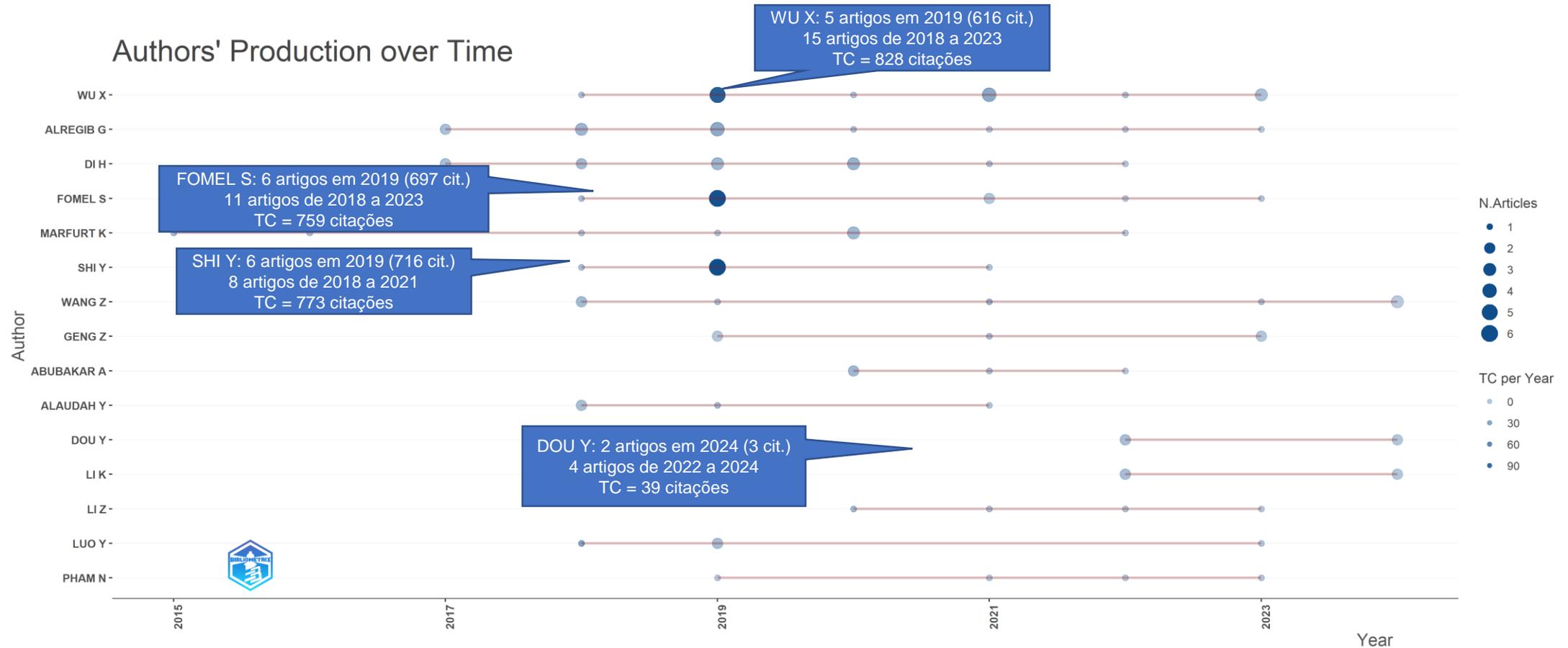
## 4.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

### Produção científica anual



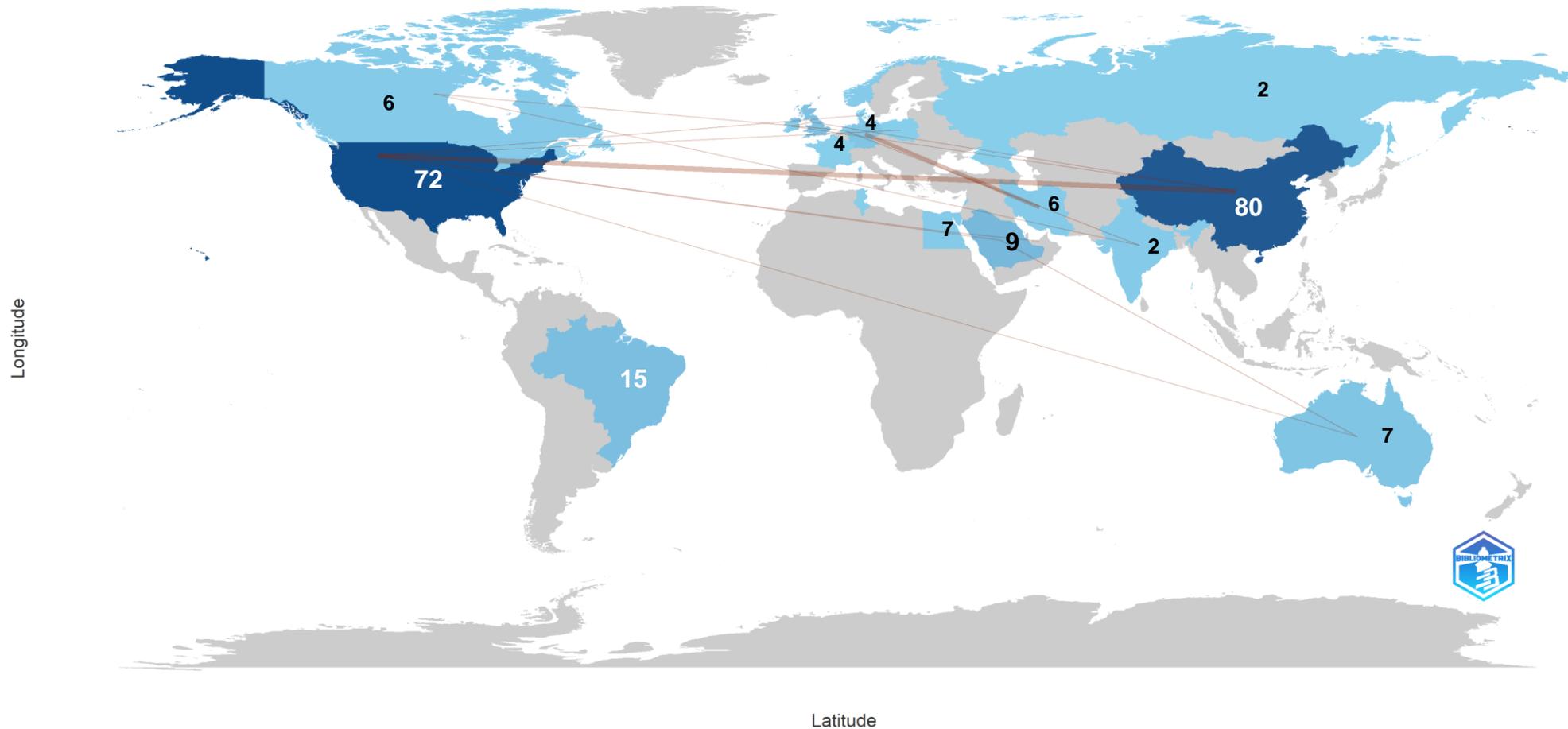
# 4.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Autores: produção científica e impacto considerando o total de citações (TC)



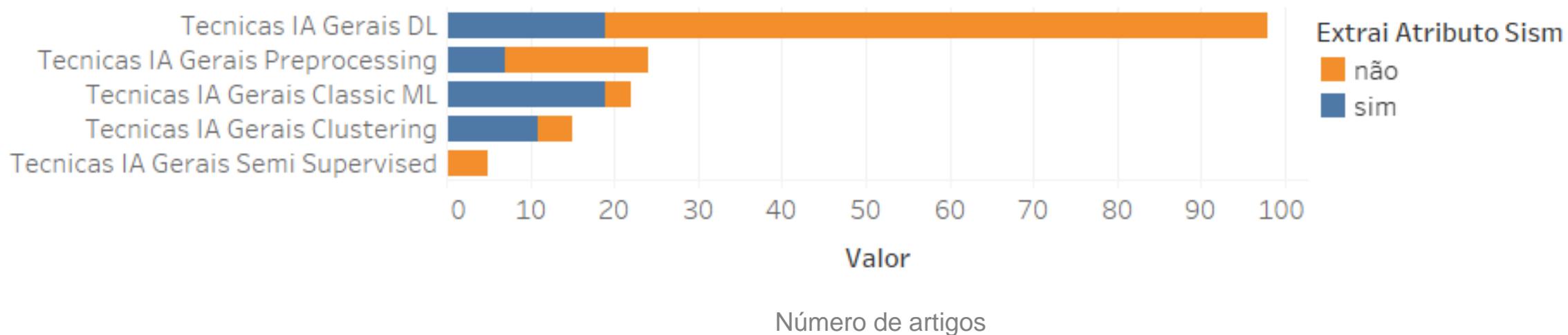
# 4.1 METADADOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

## Produção científica por país (número de artigos) e colaboração



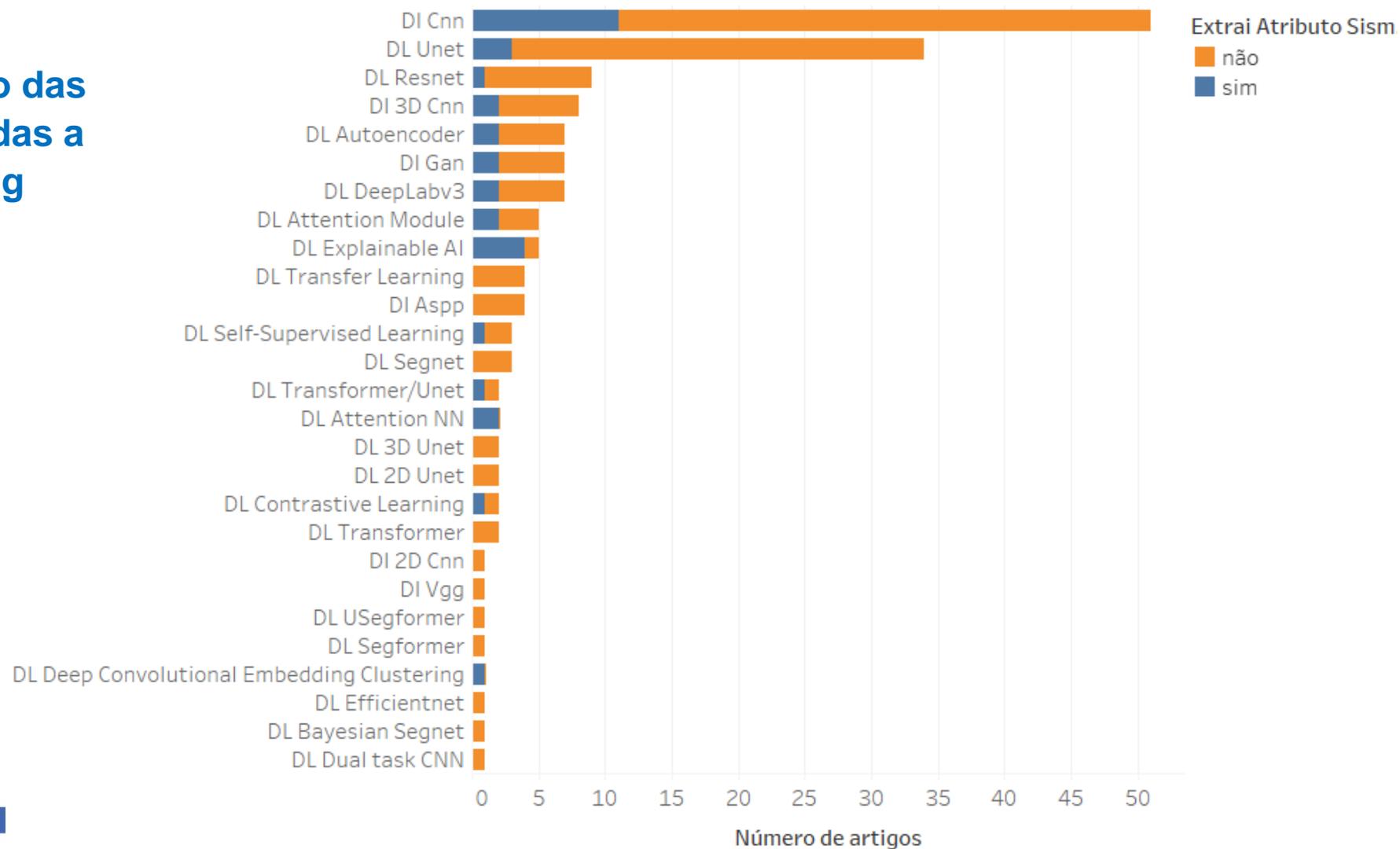
## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### Classificação em grupos mais abrangentes



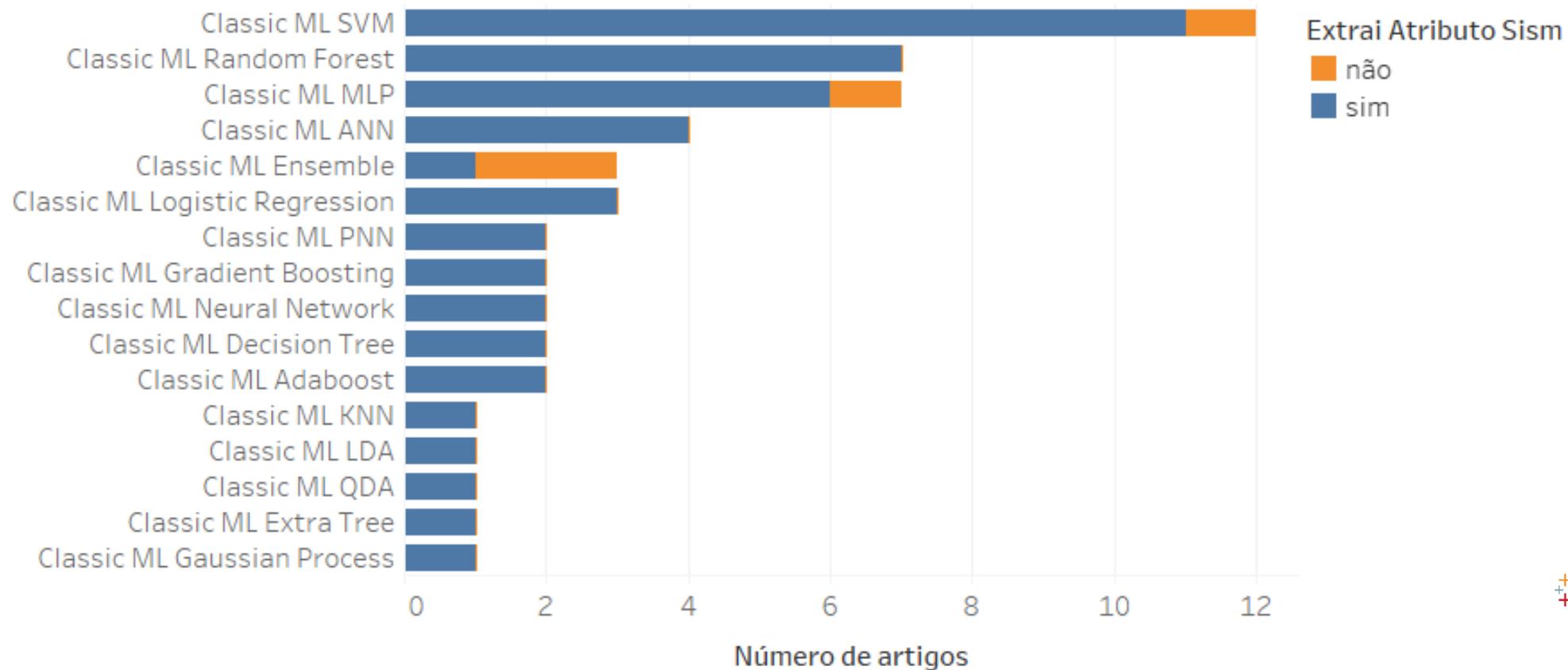
## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### Detalhamento das técnicas ligadas a Deep Learning



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### Detalhamento das técnicas ligadas a aprendizado de máquina



# 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS SELECIONADOS

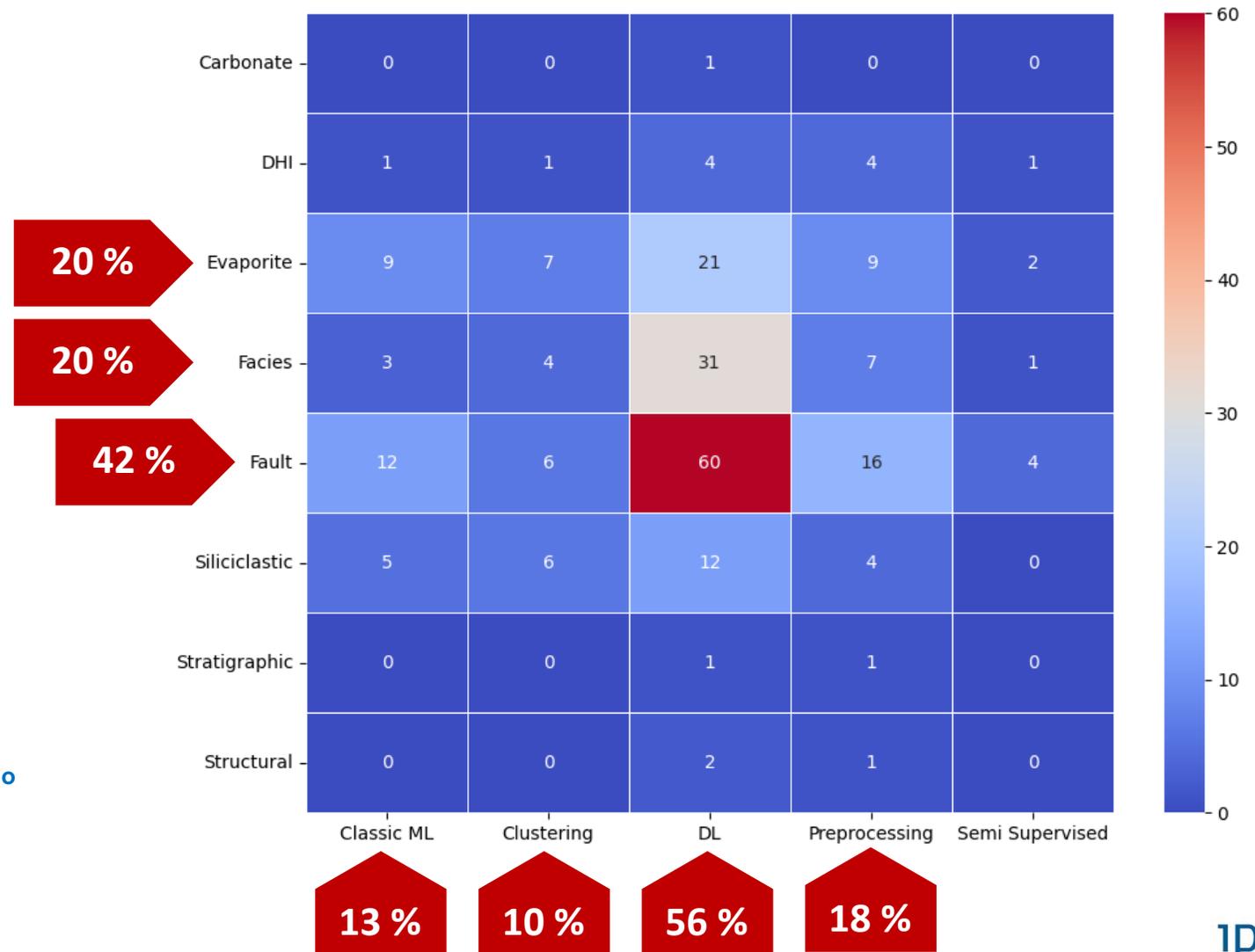
## FEIÇÕES GEOLÓGICAS X TÉCNICAS DE IA

FEIÇÕES GEOLÓGICAS: Terminologia adotada para a denominação de grupos e classificação

Grupo	Classificação
Carbonate	Build-up
	Karst
	Reef
DHI	Bright Spot
	Gas Chimney
	Sand Gas
Evaporite	Salt
Facies	Litofacies
	Seismic Facies
	Sequence Stratigraphy
Fault	Fault
Siliciclastic	Channel
	Mass Transport
	Turbidite
Stratigraphic	Stratigraphic Sequences
Structural	Anticline
	Fold

**Notas:**

- (1) Cada célula contém a quantidade de artigos que citam o atributo e a técnica de IA indicadas na linha e coluna correspondentes.
- (2) Percentagem em relação ao total de ocorrências.



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### FEIÇÕES GEOLÓGICAS X TÉCNICAS DE IA

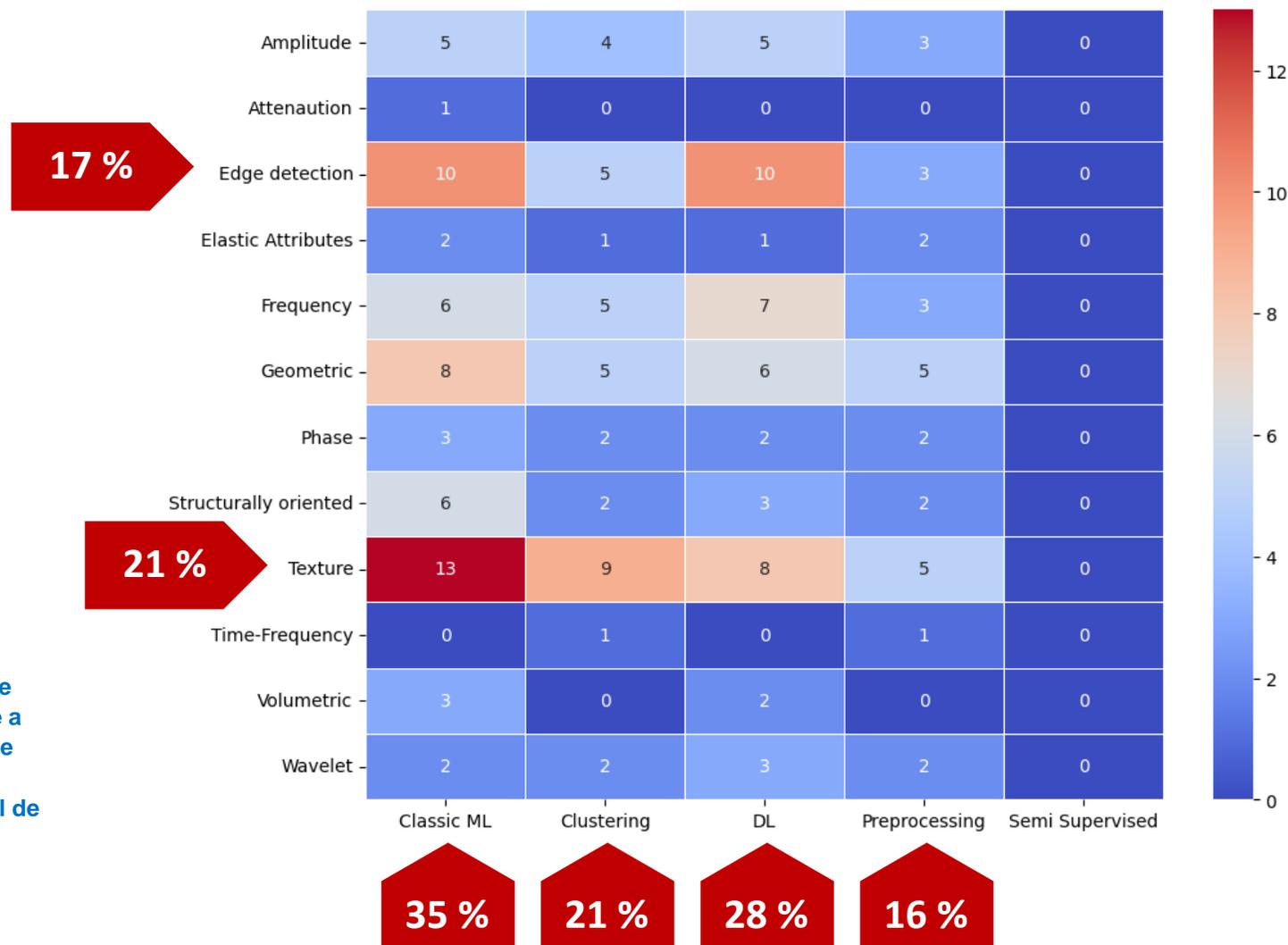
	Classic ML	Clustering	DL	Preprocessing	Semi Supervised
Carbonate	[]	[]	['334']	[]	[]
DHI	['446']	['446']	['174', '196', '446', 'M001']	['174', '196', '446', 'M001']	['174']
Evaporite	['027', '095', '124', '307', '350', '386', '414', '446', '306']	['375', '414', '424', '444', '445', '446', '306']	['027', '122', '125', '145', '174', '196', '283', '307', '350', '363', '369', '386', '402', '424', '430', '446', '486', 'M012', '287', '306', '330']	['095', '145', '150', '174', '196', '386', '430', '446', '306']	['174', '444']
Facies	['282', '446', '306']	['141', '424', '446', '306']	['040', '055', '062', '098', '104', '122', '123', '129', '135', '196', '209', '212', '217', '232', '252', '262', '319', '392', '417', '424', '427', '430', '432', '446', 'M003', 'M006', 'M007', 'M012', '070', '291', '306']	['040', '196', '212', '430', '432', '446', '306']	['232']
Fault	['049', '210', '269', '282', '335', '386', '390', '405', '446', 'M013', '306', '340']	['385', '424', '444', '446', '491', '306']	['004', '005', '031', '040', '045', '049', '055', '085', '091', '105', '115', '135', '136', '145', '151', '171', '174', '176', '196', '210', '217', '219', '228', '229', '230', '245', '252', '262', '269', '283', '363', '381', '385', '386', '402', '403', '404', '405', '406', '407', '408', '410', '424', '430', '446', '481', '100', 'M003', 'M006', 'M007', 'M009', 'M011', '014', '079', '084', '164', '272', '306', '330', '455']	['004', '040', '145', '171', '174', '196', '210', '230', '386', '430', '446', '491', '100', 'M011', '164', '306']	['005', '174', '230', '444']
Siliciclastic	['026', '282', '350', '446', '458']	['026', '141', '290', '385', '446', '473']	['106', '136', '145', '154', '283', '350', '385', '397', '446', '466', 'M004', '035']	['145', '446', '473', '035']	[]
Stratigraphic	[]	[]	['196']	['196']	[]
Structural	[]	[]	['145', '402']	['145']	[]

Nota: os números entre aspas ('nnn') correspondem a uma identificação única, atribuída a cada artigo recuperado na presente pesquisa bibliográfica.



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### ATRIBUTOS X TÉCNICAS DE IA



#### Notas:

- (1) Cada célula contém a quantidade de artigos que citam o atributo e a técnica de IA indicadas na linha e coluna correspondentes.
- (2) Percentagem em relação ao total de ocorrências.



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### ATRIBUTOS X TÉCNICAS DE IA

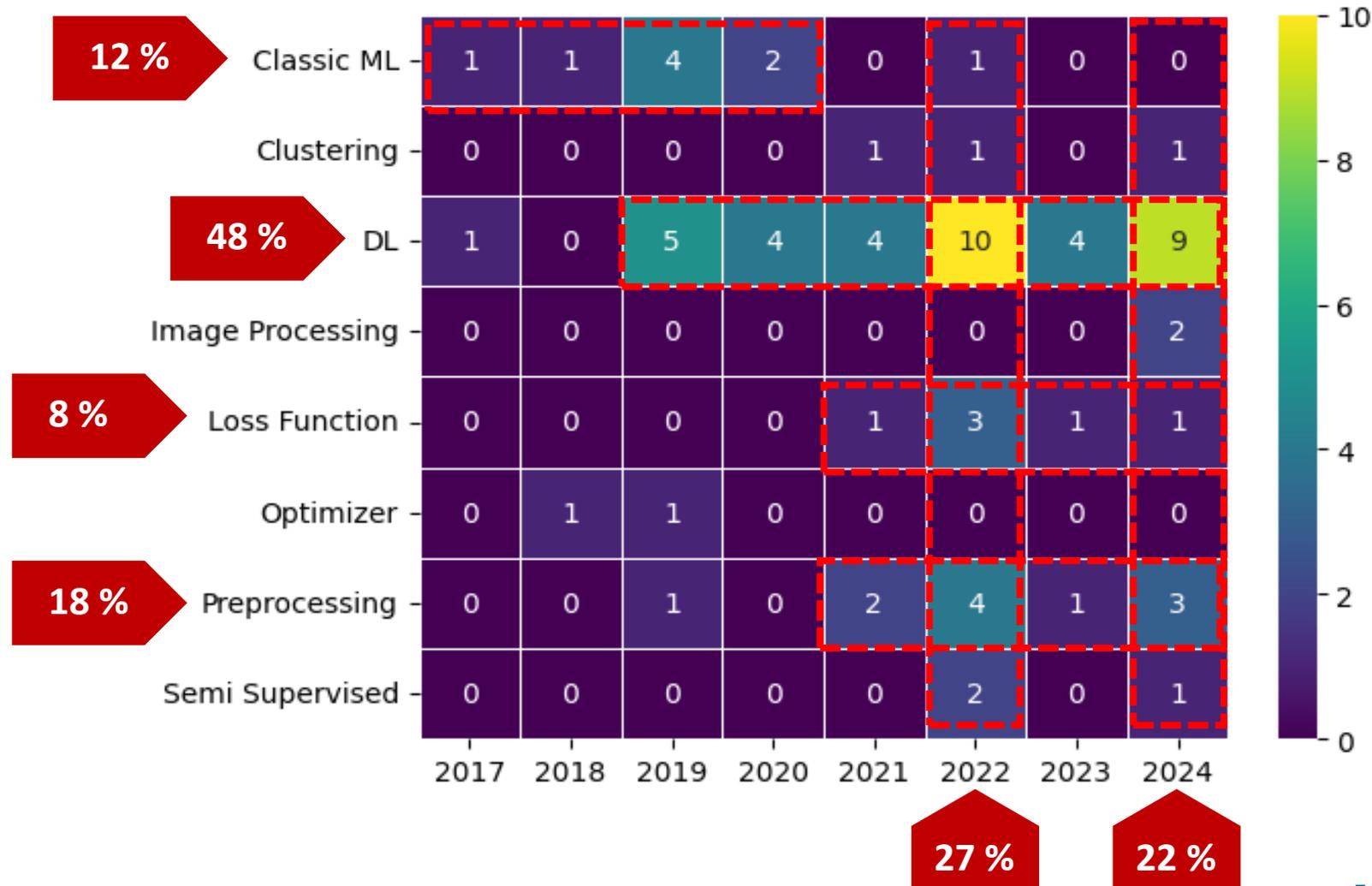
	Classic ML	Clustering	DL	Preprocessing	Semi Supervised
Amplitude	['095', '282', '390', '414', '458']	['385', '414', '424', '473']	['104', '123', '385', '424', '035']	['095', '473', '035']	[]
Attenuation	['390']	[]	[]	[]	[]
Edge detection	['027', '095', '108', '269', '307', '350', '390', '414', '446', 'M013']	['141', '375', '414', '445', '446']	['027', '105', '108', '123', '269', '307', '350', '446', '466', '084']	['095', '150', '446']	[]
Elastic Attributes	['095', '396']	['473']	['084']	['095', '473']	[]
Frequency	['026', '095', '282', '350', '390', '458']	['026', '141', '375', '385', '473']	['062', '104', '209', '350', '385', '466', '035']	['095', '473', '035']	[]
Geometric	['026', '049', '095', '269', '335', '390', '446', 'M013']	['026', '141', '446', '473', '491']	['049', '105', '123', '269', '446', '466']	['095', '150', '446', '473', '491']	[]
Phase	['095', '282', '390']	['424', '473']	['209', '424']	['095', '473']	[]
Structurally oriented	['049', '095', '269', '350', '390', 'M013']	['375', '491']	['049', '269', '350']	['095', '491']	[]
Texture	['026', '027', '095', '108', '124', '269', '282', '307', '350', '414', '446', 'M013', '306']	['026', '141', '375', '414', '424', '445', '446', '491', '306']	['027', '108', '269', '307', '350', '424', '446', '306']	['095', '150', '446', '491', '306']	[]
Time-Frequency	[]	['473']	[]	['473']	[]
Volumetric	['049', '269', 'M013']	[]	['049', '269']	[]	[]
Wavelet	['446', '306']	['446', '306']	['154', '446', '306']	['446', '306']	[]

Nota: os números entre aspas ('nnn') correspondem a uma identificação única, atribuída a cada artigo recuperado na presente pesquisa bibliográfica.



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### TÉCNICAS DE IA X ANO DE PUBLICAÇÃO



**Notas:**

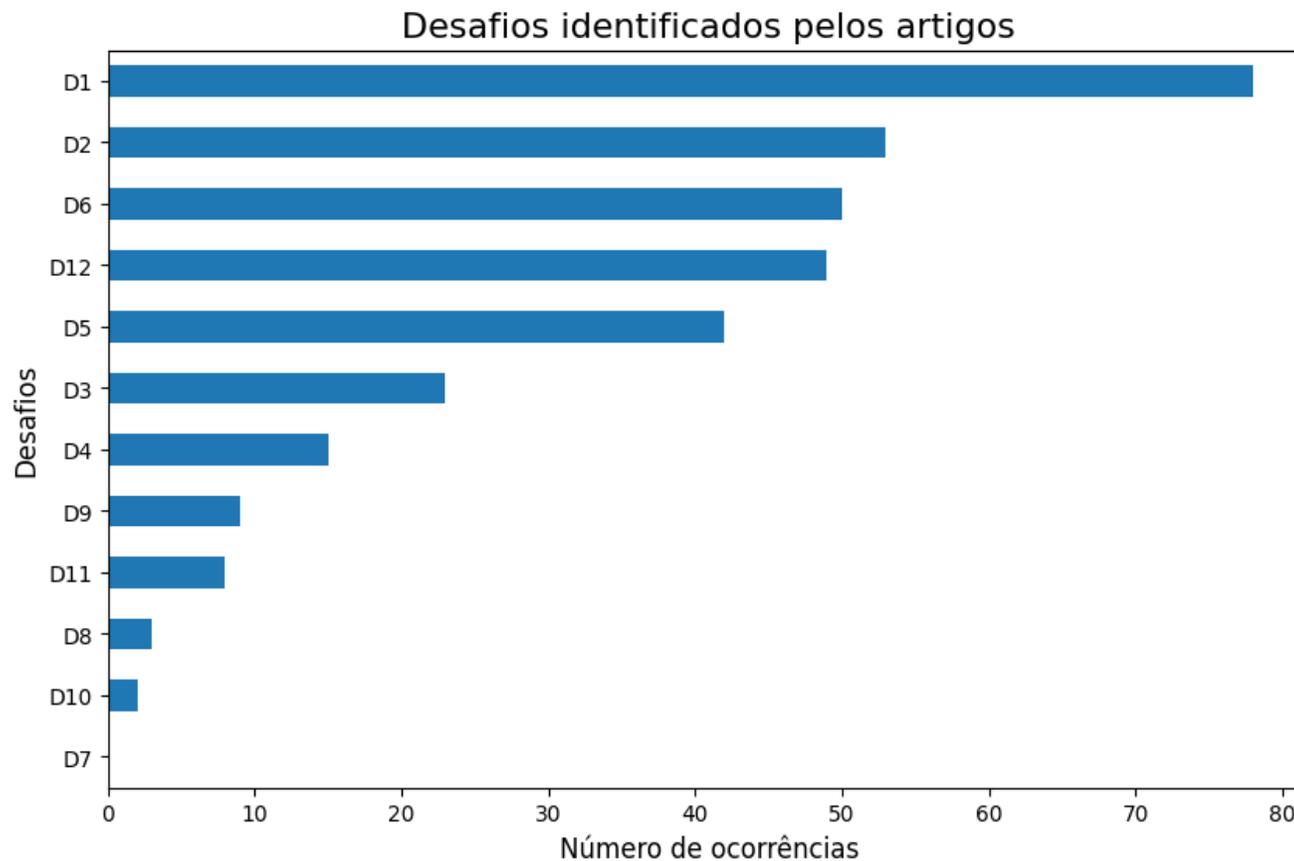
- (1) Cada célula contém a quantidade de artigos que citam a técnica de IA e o ano de sua publicação, indicados na linha e coluna correspondentes.
- (2) Percentagem em relação ao total de ocorrências.



## 4.2 DADOS TÉCNICOS DOS ARTIGOS MAIS RELEVANTES

### DESAFIOS CITADOS EM ARTIGOS

Descrição dos desafios identificados	
D1	Falta de conjunto de dados anotados para treinar modelos de DL ou ML.
D2	Dados sísmicos de baixa qualidade limitando a precisão.
D6	Dificuldade de interpretação dos modelos de DL ou ML.
D12	Dificuldade de generalização do modelo de DL ou ML para identificação de outras feições geológicas não tratadas no artigo.
D5	Alto custo computacional dos modelos de DL ou ML.
D3	Incertezas na interpretação de feições geológicas.
D4	Problemas de generalização de modelos treinados com dados sintéticos.
D9	Falta de acesso ao conjunto de dados e ou código implementado.
D11	Problemas de interoperabilidade de modelos de DL ou ML com interpretações manuais.
D8	Falta de critérios adequados para avaliação de desempenho/acurácia.
D10	Omissão de restrições geológicas conhecidas em métodos de DL ou ML.
D7	Problemas de classificação desbalanceada dos conjuntos de dados.



Os desafios mais citados estão associados a falta de conjunto de dados, qualidade dos dados, interpretação e generalização dos modelos de DL ou ML para identificação de outras feições geológicas e custo computacional.



## 5. CONSIDERAÇÕES E PRÓXIMAS APRESENTAÇÕES

Ao final do processo de classificação e seleção de artigos, foram obtidos dois conjuntos de artigos com as seguintes características:

- um conjunto contendo 237 artigos, cuja análise dos respectivos metadados e dos dados técnicos possibilitou o entendimento do contexto e evolução do estado da arte;
- outro conjunto reunindo 118 artigos examinados detalhadamente (subconjunto do primeiro), extraindo-se informações relativas aos desafios, oportunidades, trabalhos futuros, arquitetura da solução, desempenho, recursos computacionais, entre outros.

Com base nos resultados obtidos observou-se que:

- A partir de 2019, há mais publicações sobre o uso de métodos de DL para identificação de falhas, incluindo a outros componentes na arquitetura da solução, tais como pré-processamento de dados utilizando atributos, função custo, pós-processamento de dados, entre outros, conforme mostrado de maneira esquemática nas apresentações seguintes.



## 5. CONSIDERAÇÕES E PRÓXIMAS APRESENTAÇÕES

- Para enfrentar desafios relativos ao conjunto de dados, tais como falta de dados anotados, baixa qualidade dos dados sísmicos, entre outros, há sugestões para o compartilhamento de conjuntos de dados abertos entre grupos de pesquisa, que poderão ser utilizados para treinamento, teste e validação de modelos; a proposta inclui o compartilhamento de um conjunto de dados padrão que permitirá comparar o desempenho entre soluções diferentes.
- Desenvolvimento de soluções híbridas.

### Próximas apresentações

- Discussão de aspectos geológicos e geofísicos ligados à interpretação de feições geológicas relevantes para a aplicação de técnicas de IA, como atributos, conjuntos de dados sísmicos
- Estado da prática: reprodução de métodos apresentados em artigos, incluindo propostas de alterações.



# Obrigado!



[linkedin.com/school/iptsp/](https://www.linkedin.com/school/iptsp/)



[instagram.com/ipt\\_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)



[youtube.com/@IPTbr/](https://www.youtube.com/@IPTbr/)

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)

