

# CONFEÇÃO DE ATLAS DE MINERAIS DE MINÉRIO COM ENFOQUE DIDÁTICO E DE RELEVÂNCIA ECONÔMICA

**Palavras-Chave:** Minerais de minério, Petrografia, Microscopia em luz refletida

**Autores/as:**

**Helena Pivoto Paiva - Universidade Estadual de Campinas**

**MSc. Marco Aurelio Marques Pereira (coorientador) - Universidade Estadual de Campinas**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carolina Penteado N. Moreto (orientadora) - Universidade Estadual de Campinas**

---

## INTRODUÇÃO:

O Brasil é um país produtor de diversos bens minerais e detém notada relevância no cenário internacional. No âmbito econômico, a classe dos minerais metálicos é a mais representativa e correspondeu a aproximadamente 89% do valor total da produção nacional em 2021 (ANM, 2023). Desta classe, onze substâncias somaram 99,7% do valor total da produção, estimado em 312,9 bilhões de reais em 2021, sendo elas: ferro, ouro, cobre, alumínio, cromo, estanho, manganês, nióbio, níquel, vanádio e zinco. Além disso, o ferro é a substância de destaque deste grupo devido sua significativa participação econômica, e com a maior parte da produção localizada nos estados de Minas Gerais e Pará (ANM, 2023).

Paralelamente, uma importante ferramenta para estudar minerais de minério é a petrografia, em destaque a microscopia de luz refletida, utilizada para caracterizar minerais metálicos em função da opacidade que apresentam na microscopia de luz transmitida. Contudo, a microscopia de minerais metálicos é pouco difundida e não está incorporada em disciplinas obrigatórias da grade curricular de cursos de geologia no Brasil. Publicações internacionais abordam o tema “microscopia de minerais de minério” de forma robusta e extensa, o que pormenoriza os principais minerais metálicos (Pracejus, 2015; Castroviejo, 2023). Adicionalmente, as publicações nacionais dão enfoque nos processos de formação dos depósitos (Figueiredo, 2014), gerando uma lacuna que aborde essencialmente o reconhecimento dos principais minerais metálicos por meio da ferramenta de microscopia.

Logo, o objetivo desta pesquisa é a confecção de um atlas de minerais de minério, incluindo quinze minerais (sulfetos e óxidos) comumente encontrados em depósitos metálicos brasileiros. Com isso, almeja-se a difusão de conhecimento em mineralogia de minérios com ênfase a alunos de graduação em Geologia, além de interessados em estudos na área de metalogênese, de forma didática, acessível e simplificada, tendo como ferramenta básica a petrografia de luz refletida.

## **METODOLOGIA:**

No início do desenvolvimento do projeto, uma ampla pesquisa bibliográfica foi realizada em acervo didático sobre identificação mineralógica de minérios. Grande parte dessa pesquisa consistiu em consultar o estudo mineralógico guiado dos autores Spry e Gedlinske (1987) e Uytendogaardt e Burke (1971), e os livros dos autores Pracejus (2015) e Marshall, Anglin e Mumin (2004). Logo em seguida, foram selecionadas seções delgadas dos principais minerais de minério com enfoque nos minerais metálicos contidos no acervo do grupo de pesquisa em Metalogênese do Instituto de Geociências da UNICAMP. As informações diagnósticas de cada mineral metálico expressam natureza óptica, estrutural e ou morfológica e são apresentadas em forma de uma tabela.

Os minerais contemplados no atlas foram caracterizados através da microscopia de luz refletida, com foco no preenchimento da respectiva ficha e na obtenção de imagens ilustrativas, que variam em quantidade a depender do mineral e as características relevantes a serem apresentadas, como variação de hábito por exemplo. As informações diagnósticas foram também copiladas da base didática, e segue a organização de Pracejus (2015) e Castroviejo (2023).

Por fim, todo material inventariado está reunido no Atlas digital. As informações estão catalogadas de forma simplificada de acordo com o modelo base para cada mineral que conta com: uma ficha simplificada com as características diagnósticas, isto é, a ficha-padrão; e fotos da lâmina delgada em luz refletida com legenda explicativa e identificação da abreviação dos minerais na própria foto. Para a organização gráfica das imagens foi utilizado o *software* CorelDRAW versão 2022. Enquanto o Atlas foi confeccionado com base no código LATEX através da plataforma Overleaf.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

O desenvolvimento deste projeto teve como produto final a elaboração do Atlas no formato digital, o qual reúne quinze minerais catalogados com suas respectivas informações. Este Atlas será disponibilizado através de um ebook de acesso gratuito online tendo como

público alvo alunos de graduação em Geologia e interessados em metalogênese. Os minerais selecionados para a confecção do Atlas estão elencados abaixo (Tabela 1) de acordo com sua Classe, isto é, minerais que pertencem à classe dos Sulfetos ou Óxidos, e elemento químico predominante.

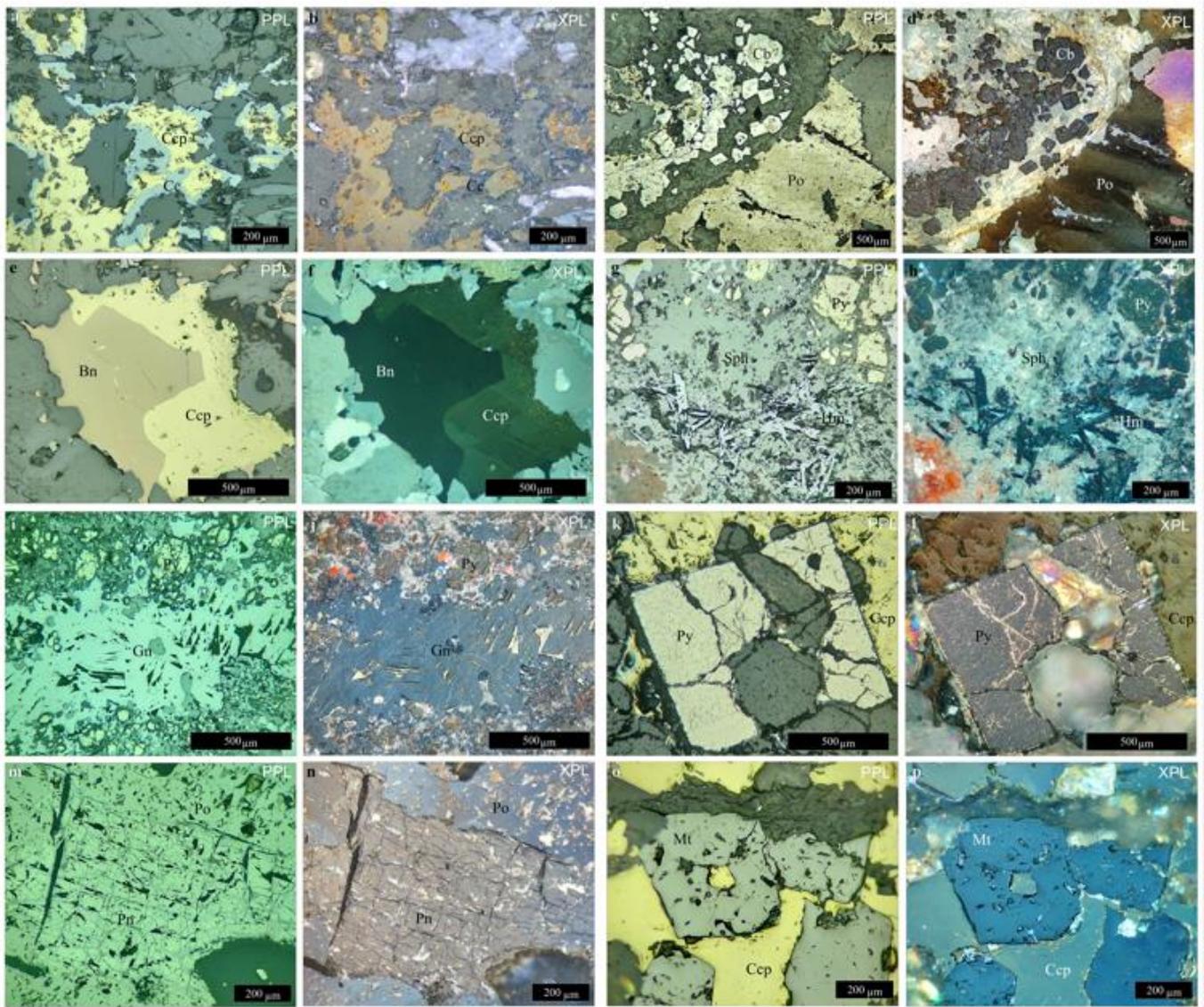
**Tabela 1.** Minerais selecionados para o estudo, de acordo com sua Classe e elemento químico predominante.

Sulfetos de Ferro	Sulfetos de Cobre	Sulfetos de Níquel	Outros Sulfetos	Óxidos de Ferro
Pirita	Bornita	Millerita	Arsenopirita	Hematita
Pirrotita	Calcocita	Pentlandita	Cobaltita	Magnetita
	Calcopirita		Esfalerita	
	Covelita		Galena	
			Molibdenita	

Para ilustrar o resultado final do Atlas, são mostrados abaixo alguns exemplos. Na Figura 1 observa-se a ficha padrão preenchida de um dos sulfetos de ferro, a pirrotita. E, em seguida tem-se um compilado de imagens (Figura 2) de alguns minerais contidos no Atlas.

<b>Pirrotita</b>	
Composição Química:	$Fe_{(1-x)}S$ ( $x=0-0.17$ )
Polimorfo com:	-
Sistema Cristalino:	monoclínico e pseudo-hexagonal
Cor de Reflexão:	tons acastanhados
Pleocroísmo:	fraco a ausente
Anisotropia:	forte, variando de marrom escuro a cinza azulado
Reflexão Interna:	não apresenta
Hábito:	tabular, granular, maciço, lamelar, placoide
Macla:	-
Dureza:	3,5 - 4
Clivagem:	-
Fratura:	subconchoidal a irregular

**Figura 1.** Ficha com propriedades ópticas em luz refletida da pirrotita, exemplo de sulfeto de ferro.



**Figura 2.** Fotomicrografias de alguns dos minerais de minério incluídas no atlas. (a) e (b) Calcopirita maciça com bordas de substituição de calcocita na cor azul-acinzentado; (c) e (d) Aglomerado de cristais euédricos de cobaltita em associação com pirrotita; (e) e (f) Bornita com exoluções de calcopirita em contato com cristal de calcopirita. Destaque para a macla da calcopirita em XPL; (g) e (h) Esfalerita maciça com inclusões de cristais aciculares de hematita e cristais de pirita; (i) e (j) Galena maciça com inclusões de cristais subédricos de pirita; (k) e (l) Cristal cúbico de pirita, cor cinza-amarelado em associação com calcopirita. Destaque para a anisotropia fraca em tons violeta na pirita em XPL; (m) e (n) Pentlandita cor creme claro de hábito tabular em contato com pirrotita; (o) e (p) Magnetita euédrica associada à calcopirita. PPL: luz refletida plana e XPL: luz refletida cruzada. Bn: bornita, Cc: calcocita, Ccp: calcopirita, Cb: cobaltita, Sph: esfalerita, Gn: galena, Hm: hematita, Mt: magnetita, Pn: pentlandita, Py: pirita, Po: pirrotita.

## CONCLUSÕES:

O Atlas de minerais de minério vem contribuir ao ensino da petrografia de minerais metálicos. A construção do acervo pedagógico contido no Atlas permitiu a discente, adquirir habilidades no campo da microscopia de minerais de minério de modo a capacitá-la para caracterizar os principais minerais metálicos. O produto compilado e inventariado, poderá ser consultado por interessados e iniciantes à metalogênese, de modo a permitir acesso online ao ebook e difundir o conhecimento dos principais minerais metálicos.

---

## BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Anuário Mineral Brasileiro**: principais substâncias metálicas - 2022. Brasília: ANM, 2023. 23 p.

CASTROVIEJO, R. A. **Practical Guide to Ore Microscopy**—Volume 1. Springer, Cham. 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-12654-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-12654-3_8).

FIGUEIREDO, B. R. **Minérios e Ambientes**. Editora Unicamp, 2014.

MARSHALL, D.; ANGLIN, C. D.; MUMIN, H. **Ore mineral atlas**. Geological Association of Canada - Mineral Deposits Division. 2004.

Mindat. Disponível em: <[www.mindat.org](http://www.mindat.org)> Acesso em: 20 julho 2023.

Mineralogy Database. Disponível em: <[www.webmineral.com](http://www.webmineral.com)> Acesso em: 20 julho 2023.

PRACEJUS, B. **The ore minerals under the microscope** - An optical guide. 2.ed. Elsevier, 2015. 1098p.

SPRY, P. G.; GEDLINSKE, B. L. **Tables for the determination of common opaque minerals**. 1987.

UYTENBOGAARDT, W.; BURKE, E. A. J. **Tables for microscopic identification of ore minerals**. 2.ed. Elsevier, 1971.