



**2º SIMPÓSIO DE  
PÓS-GRADUAÇÃO DO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
USP**

**Boletim de Resumos**

**2021**

**2º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
USP**

ISBN: 978-65-86403-03-9

01



9 786586 403039

---

## CONTRIBUIÇÕES DA GEOLOGIA À INDÚSTRIA 4.0

Gonçalves, A.N., Andrade, F.R.D.

Pós-Doutorado – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências

### RESUMO

Durante a 1<sup>a</sup> Revolução Industrial (1760-1850) foi desenvolvido o motor a vapor cuja matriz energética era baseada na queima de carvão, o principal recurso mineral consumido pela indústria à época. A 2<sup>a</sup> Revolução Industrial (1850-1945) ficou marcada pela introdução dos motores a combustão, além da popularização da eletricidade. Nessa fase, o petróleo foi progressivamente substituindo o carvão como matriz energética para a produção industrial, enquanto o minério de ferro foi cada vez mais consumido pela siderurgia ascendente. Após a 2<sup>a</sup> Guerra Mundial foi iniciada a 3<sup>a</sup> Revolução Industrial (1945-2004), que foi baseada em alta demanda de recursos naturais, surgimento das pautas ambientais, além de significativa diversificação da tecnologia, com disseminação da robótica, biotecnologia, informática, eletrônica e das telecomunicações. Como aspecto em comum das três primeiras revoluções industriais, os avanços tecnológicos puderam ser conduzidos pela grande disponibilidade de recursos minerais e da tecnologia para explorá-los adequadamente, permitindo a disponibilização de energia e matéria-prima para as inovações científicas dos respectivos períodos. Diferentemente do contexto até então observado, as tecnologias habilitadoras da 4<sup>a</sup> Revolução Industrial, também chamada de Indústria 4.0, possuíram seus fundamentos teóricos desenvolvidos antes de haver materiais para torná-los economicamente viáveis, pois são tecnologias que demandam desempenho de seus componentes que nem sempre é fornecido pelos materiais tradicionais a preços competitivos. Dessa forma, com o objetivo de se popularizar essas novas tecnologias, a nanotecnologia possui um papel relevante, uma vez que os materiais de baixa dimensionalidade são capazes de fornecer propriedades até então inéditas – dada a elevada energia superficial combinada com o confinamento dos elétrons em sua estrutura – e de interesse para a Indústria 4.0. Nesse sentido, a Geologia deve ocupar seu nicho junto à produção de nanomateriais, fomentando a sua produção direta a partir de recursos minerais, evitando-se, sempre que possível, a necessidade de matérias-primas sintéticas onerosas. Por esse motivo, a Nanotecnologia Mineral tem a responsabilidade de reduzir a distância entre as tecnologias habilitadoras da 4<sup>a</sup> Revolução Industrial e os materiais de alto desempenho que permitirão a popularização dessas inovações tecnológicas por meio de seus pilares fundamentais: (i) nanomateriais são um elemento-chave para a disseminação de dispositivos de alta performance e durabilidade; (ii) a produção de nanomateriais a partir de precursores minerais deve dispensar processos complexos de síntese; (iii) a tecnologia deve estar focada nas propriedades e aplicações dos minerais nanométricos, independentemente de sua heterogeneidade composicional e defeitos cristalinos; (iv) a produção deve focar materiais de alto valor agregado quando comparados às *commodities* minerais tradicionais; (v) as operações devem funcionar em escalas espaciais reduzidas e buscando reduzir a produção de resíduos sólidos; (vi) o processamento dos minérios deve ser simples e reproduzível para o mesmo depósito mineral; e (vii) os nanomateriais são materiais intrinsecamente finos e pouco volume de minério é capaz de produzir nanopartículas abundantemente.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; Geologia industrial; Nanotecnologia mineral.

