



20 a 24 de agosto de 2018

Centro de Convenções Sul América - Rio de Janeiro - RJ

CARACTERIZAÇÃO DA MINERALIZAÇÃO EPIGENÉTICA DE COBRE NA REGIÃO DE NOVA PRATA DO IGUAÇU POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA E TOMOGRAFIA COM NÊUTRONS

Filgueira, D.A.¹; Garda, G.M.¹; Pugliesi, R.²; Pereira, M.A.S.²; Sayeg, I.J.¹

¹Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo; ²Centro do Reator de Pesquisas do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares



Objetivos

Métodos

Caracterizar a mineralização de cobre em rochas basálticas da região de Nova Prata de Iguaçu

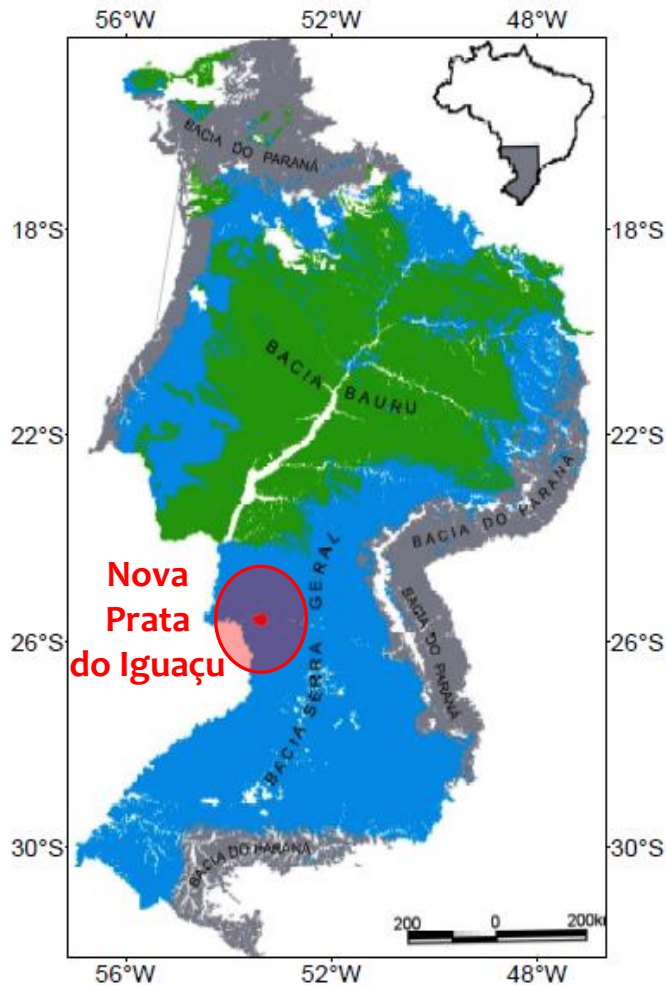
Microscopia Eletrônica de Varredura

Difração de Raios-X

Tomografia com Nêutrons

Área de Estudo

Contexto Geológico Regional



Província Vulcânica Paraná (PVP) – Etendeka (Peate et al. 1992)

Predominam basaltos tholeiíticos continentais, perfazendo aproximadamente 90% do volume.

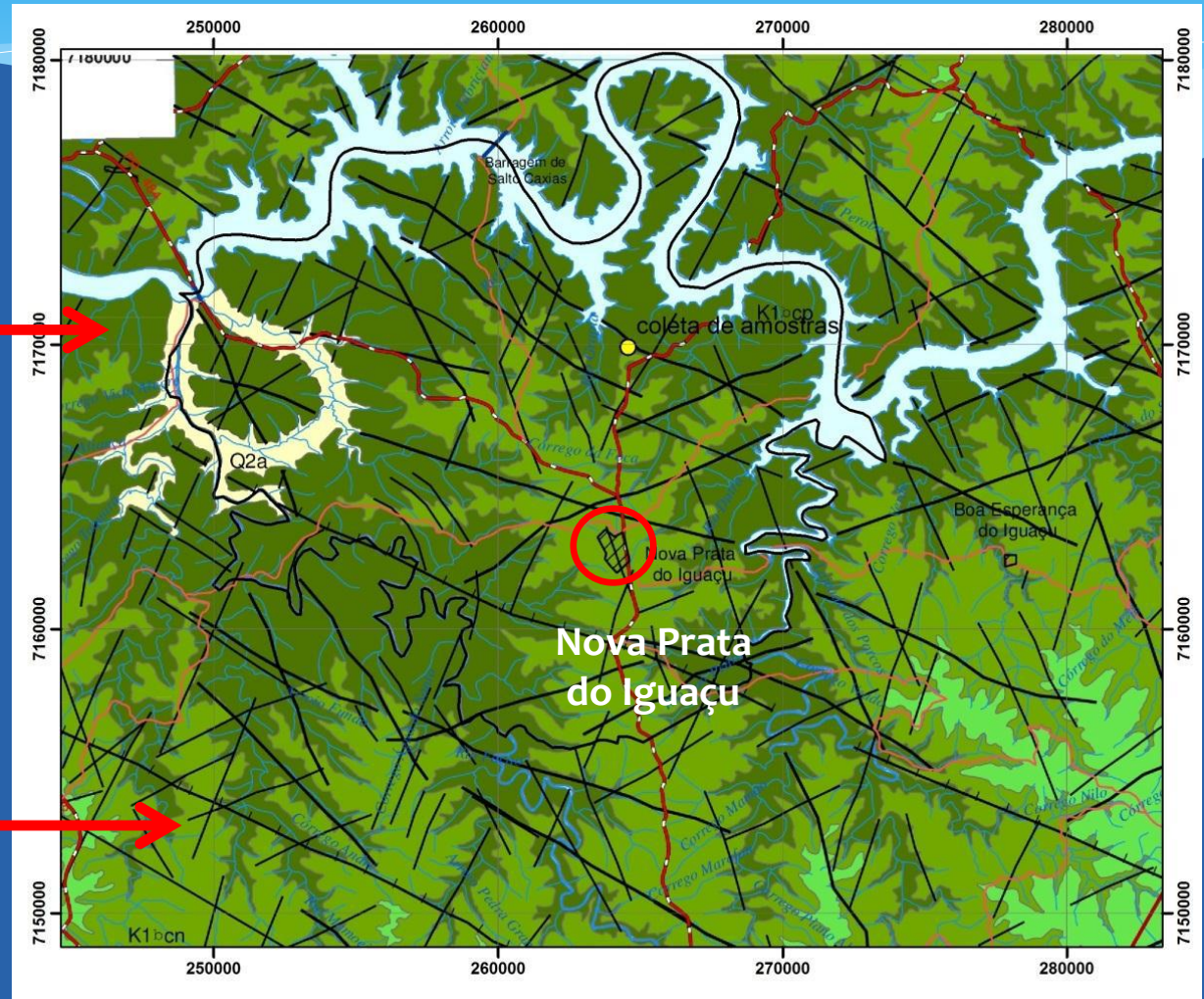
Geoquimicamente a PVP é subdividida tendo como critério o teor de TiO_2 .

Área de Estudo

Contexto Geológico Local

Fácies Capanema
tipo Paranapanema
(TiO₂ intermediário)

Fácies Campos Novos
tipo Esmeralda
(TiO₂ baixo)



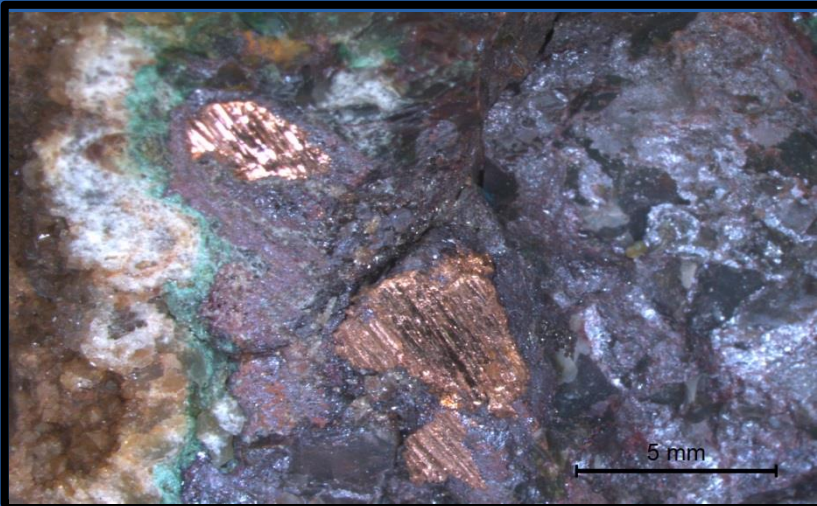
A Mineralização de Cobre na Área de Estudo



Afloramento NPI-03



Cobre nativo



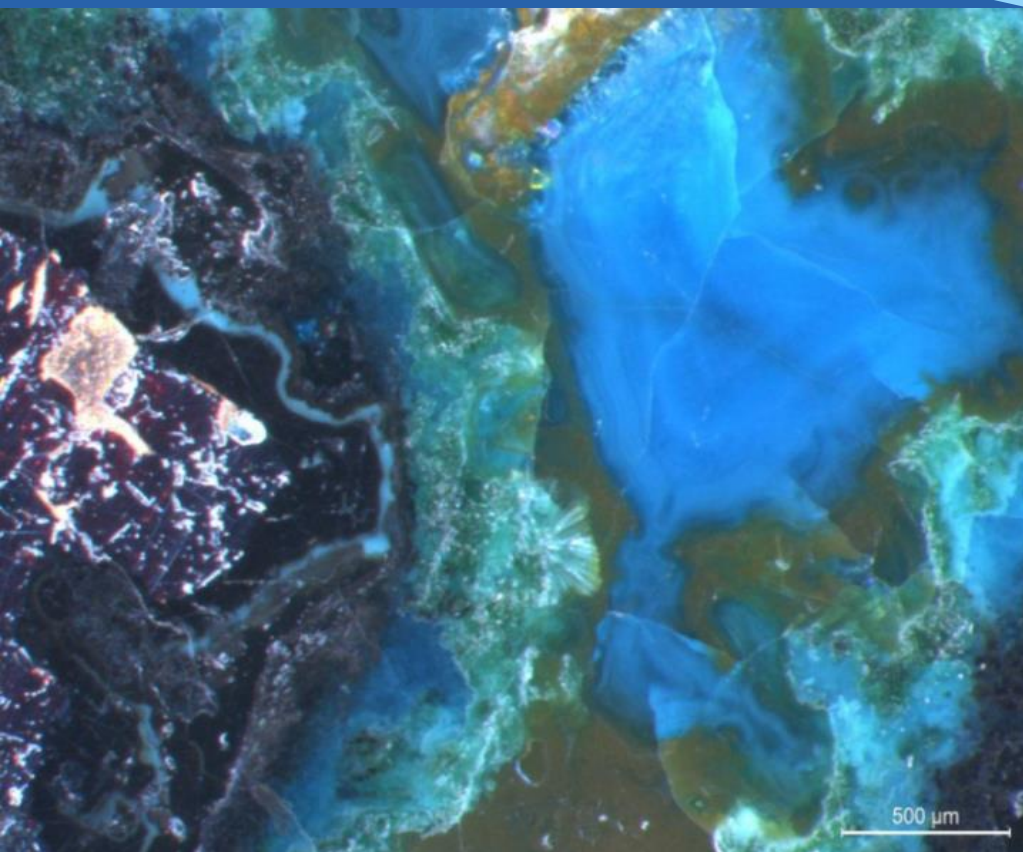
Cobre nativo e óxidos de cobre



Crisocola

Microscopia Eletrônica de Varredura

A Crisocola



Fotomicrografia de luz refletida, luz plano-paralela
(amostra NPI-06)

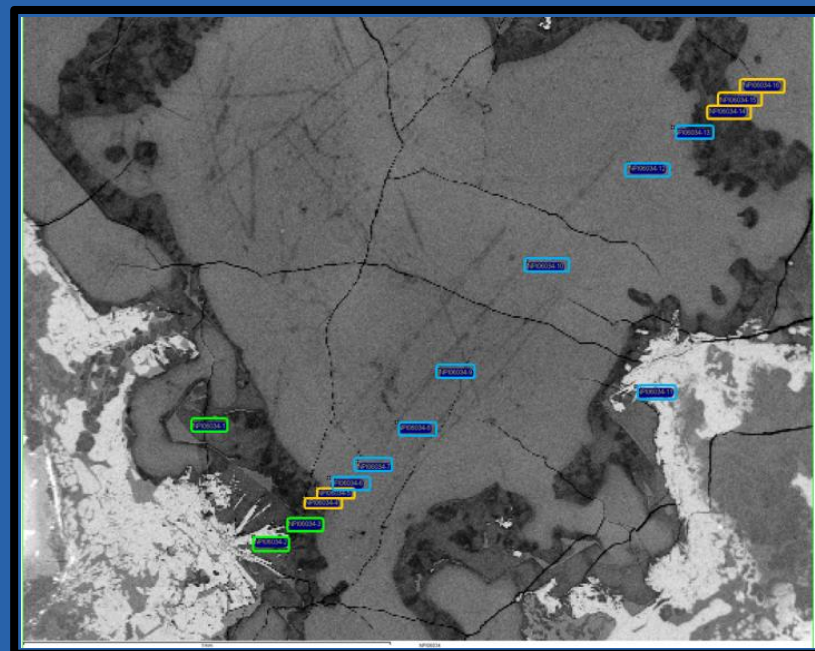
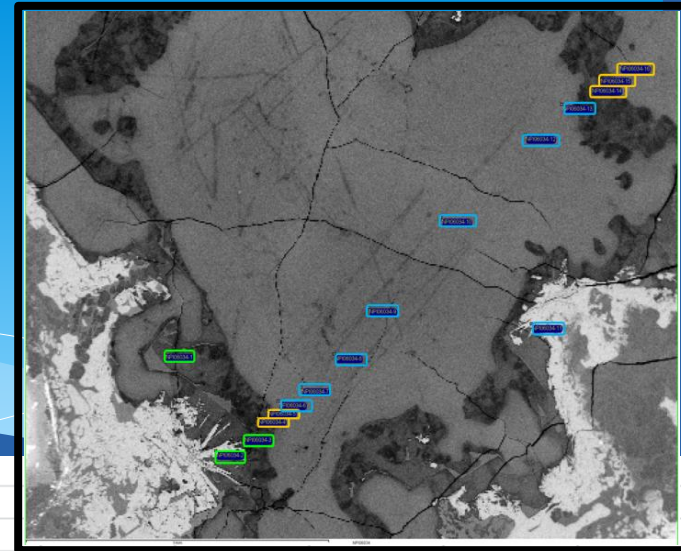


Imagem de elétrons retroespalhados
(amostra NPI-06)

Microscopia Eletrônica de Varredura

EDS

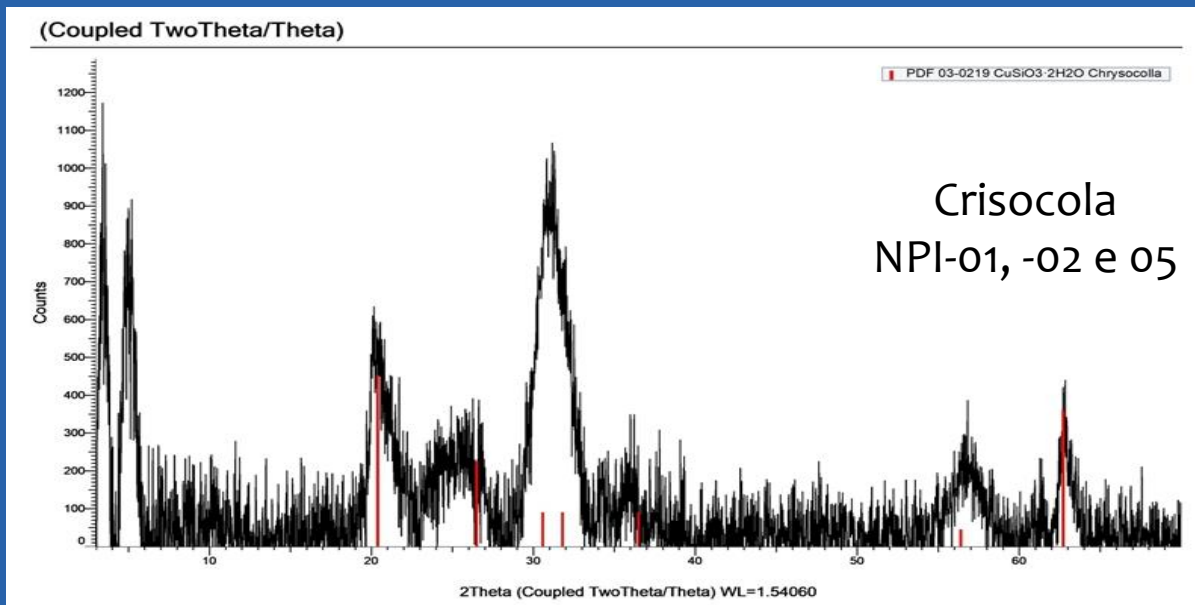


Sample: NPI06													
Type: Default													
ID:													
Processing option : All elements analysed													
All results in weight%													
Spectrum	In stats.	O	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Ti	V	Fe	Cu	Total
NPI06034-1	Yes	35,16		1,32	22,94			0,33			0,58	36,34	96,66
NPI06034-2	Yes	30,49			0,71							55,79	86,98
NPI06034-3	Yes	32,78	0,27	1,75	21,52			0,29			1,05	33,85	91,51
NPI06034-4	Yes	34,1	0,31	2,93	22,59		0,12	0,36			2,17	31,58	94,17
NPI06034-5	Yes	32,66	0,24	1,54	21,62		0,06	0,35			1,02	34,87	92,36
NPI06034-6	Yes	29,41			20,59	0,08		0,23			0,18	40,14	90,61
NPI06034-7	Yes	27,25			19,64	0,07		0,18				40,28	87,43
NPI06034-8	Yes	10,53			9,61			0,14		0,11		38,1	58,5
NPI06034-9	Yes	30,36			22,65			0,1		0,14		41,28	94,52
NPI06034-10	Yes	32,09			22,61			0,17		0,17		41,44	96,48
NPI06034-11	Yes	27,83			0,45							53,8	82,08
NPI06034-12	Yes	32,71			21,85	0,08		0,15		0,13		40,25	95,18
NPI06034-13	Yes	32,59			21,01			0,17		0,17		39,14	93,07
NPI06034-14	Yes	33,1		1,71	21,34			0,29			1,04	33,04	90,52
NPI06034-15	Yes	38,12	0,32	3,95	21,28		0,09	0,31	0,17		2,88	27,19	94,32
NPI06034-16	Yes	34,98			22,18			0,21		0,12	0,2	39,13	96,82

Difração de Raios-X

Identificação de Minerais Secundários

	analcima	calcita	feldspato	quartzo	goethita	malaquita	cuprita
NPI-01							
NPI-02							
NPI-03							
NPI-04							
NPI-05							
NPI-07							



Agradecimentos
especiais ao
Prof. Dr. Daniel Atencio

Tomografia com Nêutrons

Por que nêutrons?



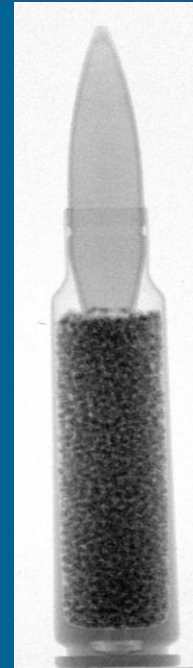
metal

pólvora

luz



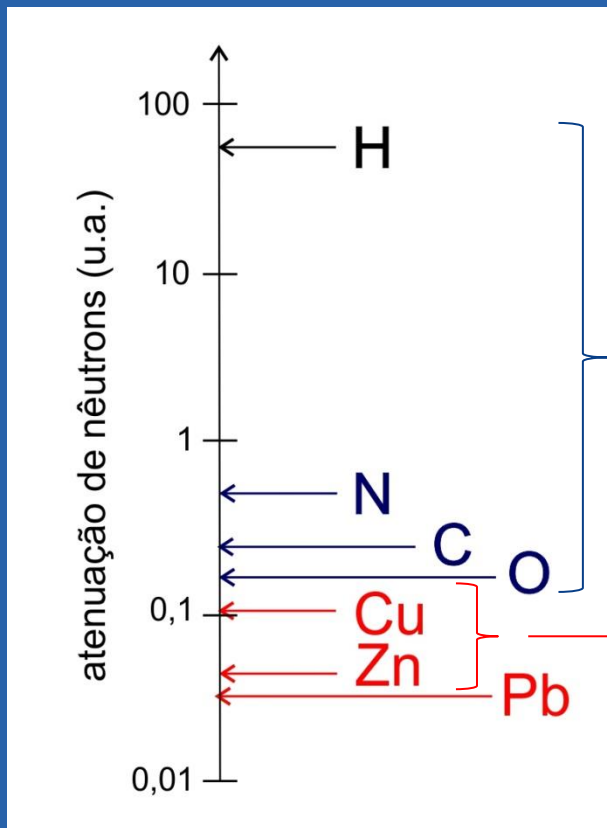
raios-x



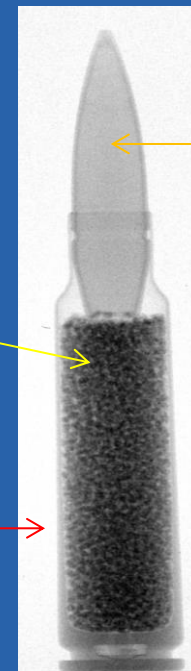
nêutrons

“os nêutrons veem o que os raios-X não veem”

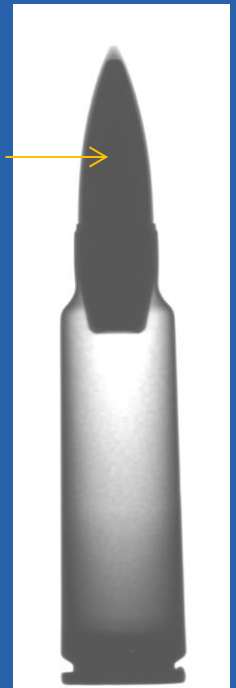
Por que os nêutrons veem o que os raios-X não veem?



Mod. Pugliesi et al. (2007)



nêutrons



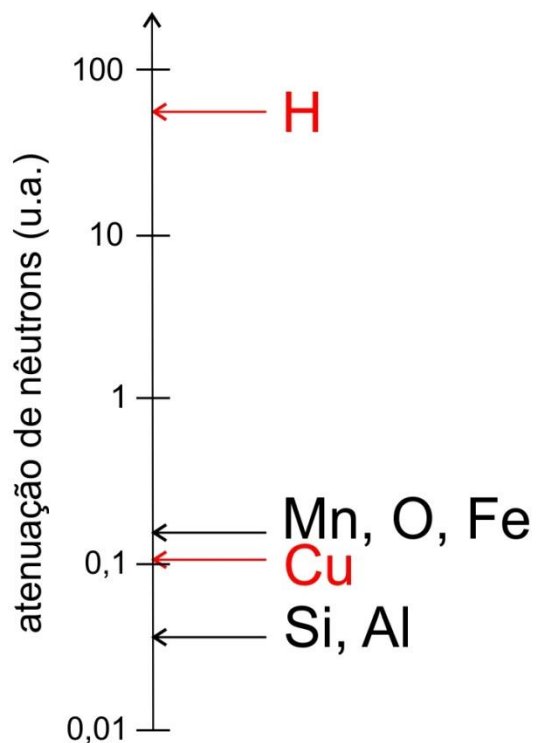
raios-x

chumbo

pólvora

latão

A Crisocola como Atenuadora de Nêutrons



Minério 5 (NPI-03)

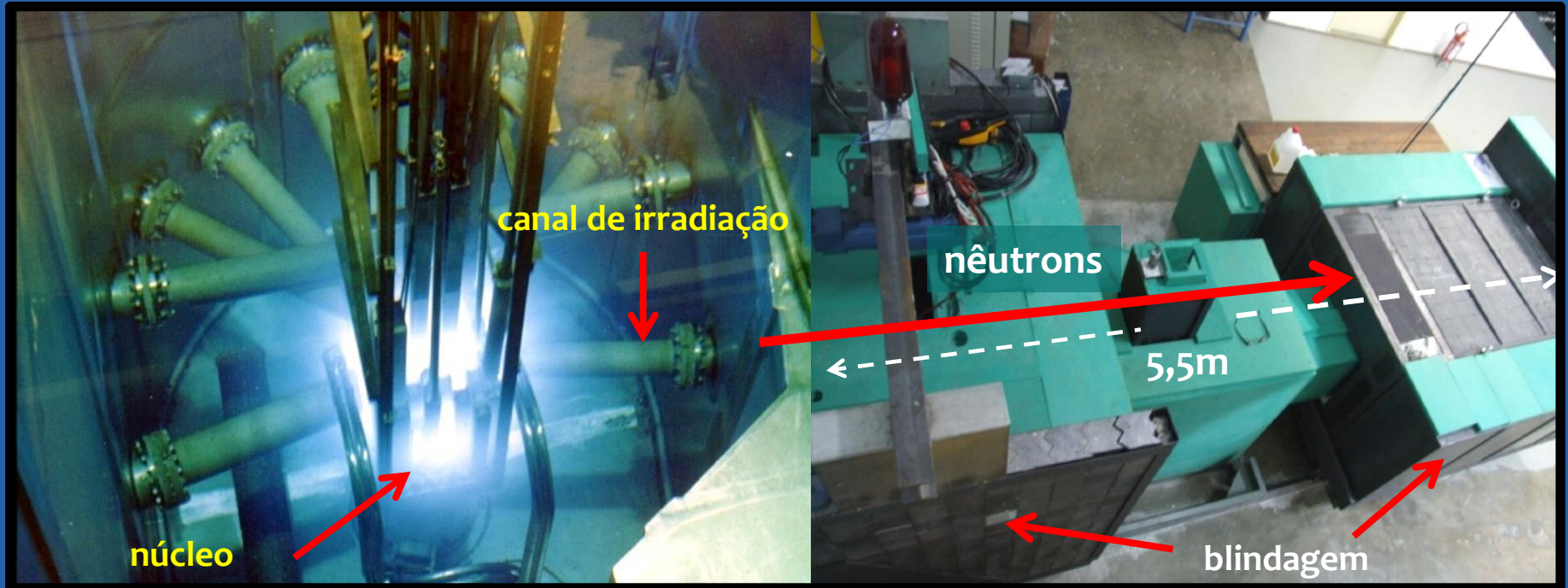
Mod. Pugliesi et al. (2007)

Tomografia com Nêutrons



Reator IEA-R1

Equipamento para Tomografia



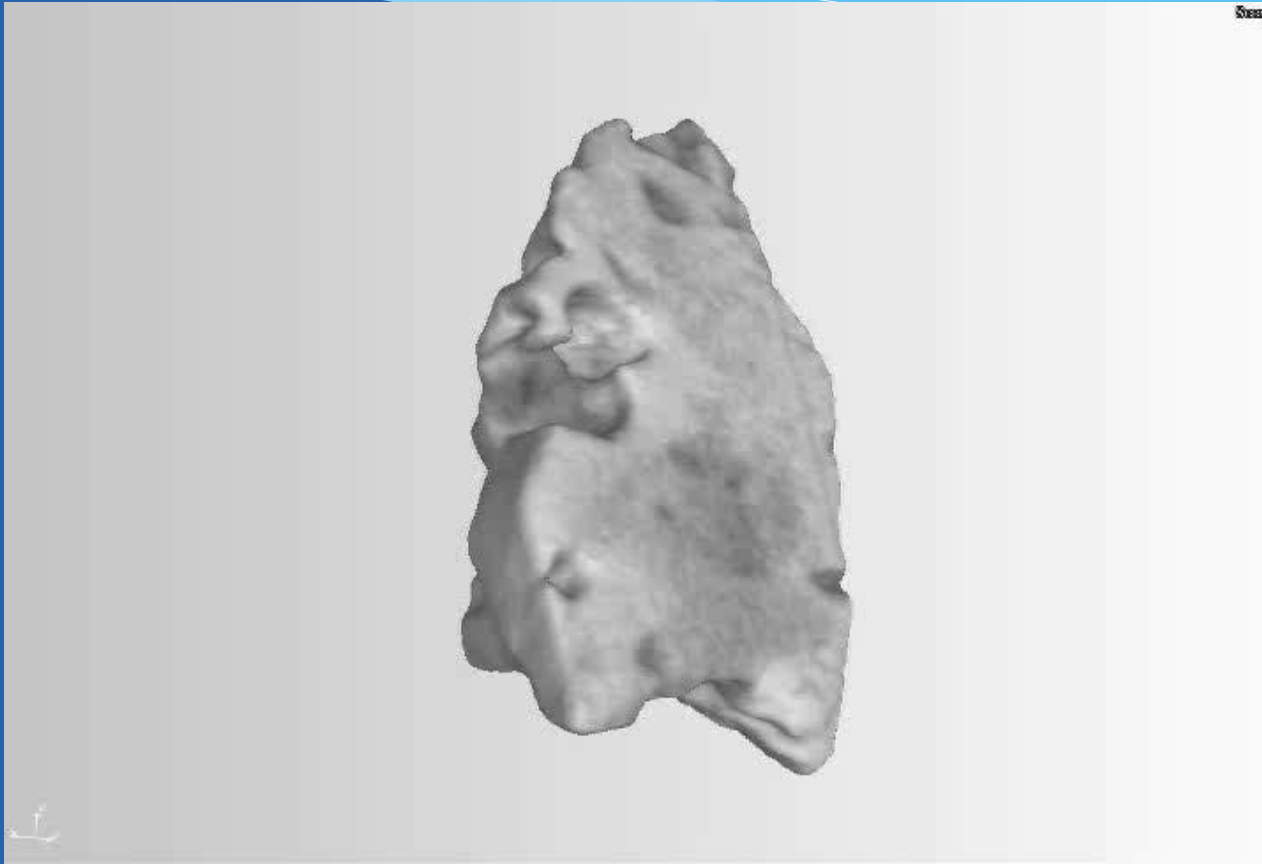
Tomografia com Nêutrons



- **Dimensão máxima das amostras:** 10x10x10 cm³
- **Rotação da amostra:** 360 graus
- **Tempo para obtenção da tomografia:** 7 min (geração de 400 fatias)
- **Resolução espacial entre fatias:** 0,28 mm
- **Tempo para decaimento:** 24h

Tomografia com Nêutrons

Estruturas internas (Minério 5, amostra NPI-03)



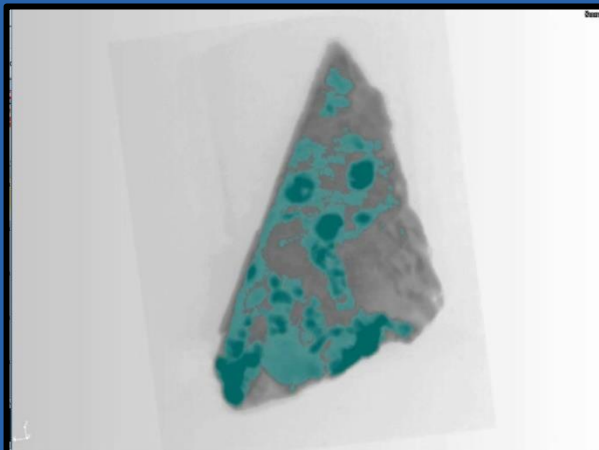
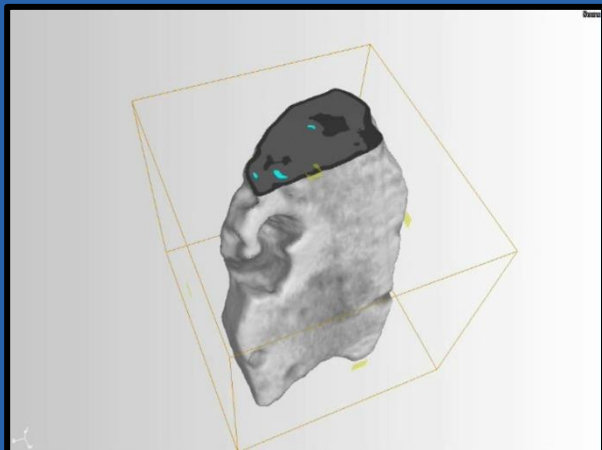
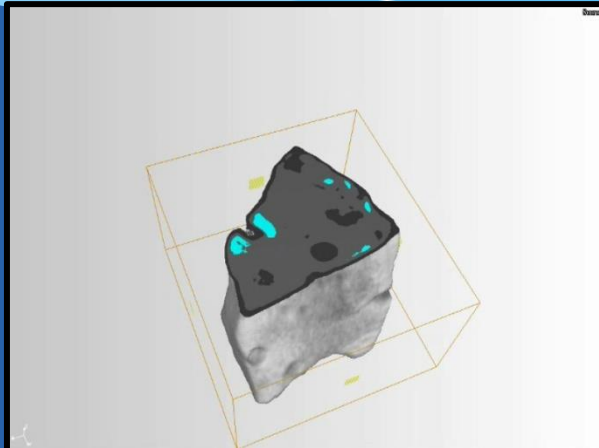
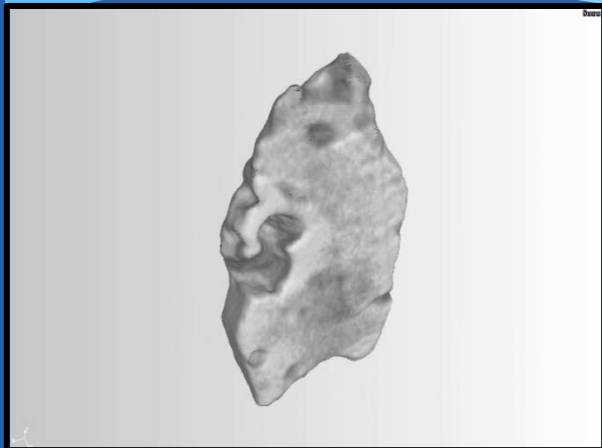
Crisocola

Vazios

Rocha

Tomografia com Nêutrons

Estruturas internas (Minério 5, amostra NPI-03)



Crisocola

Vazios

Rocha

Tomografia com Nêutrons

Estimativa das frações de vazios e de preenchimento com crisocola



	Minério 3	Minério 4	Minério 5
Fração de Vazios (%)	26	29	31
Fração de preenchimento de vazios (%)	1,1	1,7	2,4

Conclusões

- A **tomografia com nêutrons** como método não-destrutivo mostrou-se eficiente no imageamento 3D das feições e estruturas internas da rocha mineralizada, em especial vazios e preenchimentos com crisocola. Possibilitou, também, a estimativa das frações dessas feições e estruturas.
- A tomografia permite a visualização da amostra em fatias com 0,28 mm de espessura, sem a necessidade de seu corte físico e perda de material inerente aos processos de preparação de amostras.
- A caracterização dos minerais secundários por **difração de raios-x** e **microscopia eletrônica de varredura** foi orientativa na interpretação das imagens 3D obtidas por tomografia com nêutrons.

Referências bibliográficas

CPRM 2003. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: Bizzi L.A et al. (Coord.) 2003. Geologia, tectônica e recurso minerais do Brasil- Sistema de Informações Geográficas- SIG e mapas na escala 1:25000.000. Brasília, DF: CPRM.

Peate DW, Hawkesworth CJ, Mantovani MSM. 1992. Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): Classification of magma types and their spatial distribution: Bulletin of Volcanology, v. 55, p. 119–139.

Pugliesi R , Andrade MLG, Pereira MAS, Pugliesi F. 2007. Fundamentos da técnica da radiografia com nêutrons. Em: ZAMBONI CB (Coord.). Fundamentos da Física de Nêutrons. Editora Livraria da Física, p. 69-88.

Wildner W, Brito RSC, Licht OAB, Arioli EE. 2006. Geologia e recursos minerais do sudoeste do estado do Paraná. Escala 1: 200.000. Brasília, CPRM/MINEROPAR, 95 p. + mapas.



Centro do Reator de Pesquisas, 06/06/2018



Obrigado

diego.filgueira@usp.br



<https://www.youtube.com/watch?v=toAnA7pFYpk>