



# URÂNIO NO BRASIL

Francisco Javier Rios



**CNEN**  
Comissão Nacional  
de Energia Nuclear

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



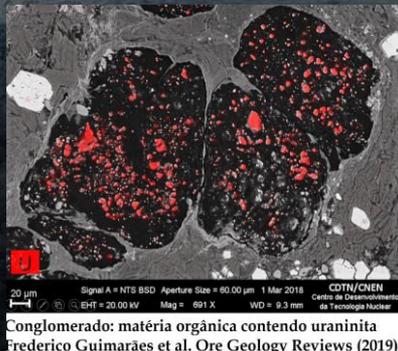
# Dilema uranífero das mineradoras

Depósitos de urânio vs. Depósitos com urânio  
**Sinclinal do Gandarela (QF)**



Formação Moeda

Conglomerado  
U ( $\pm$  Au)  
1000/ 10000  
ppm U



Conglomerado  
Au (+ U)  
**Mina de Ouro**

Conglomerado: matéria orgânica contendo uraninita  
Frederico Guimarães et al. Ore Geology Reviews (2019)

Presença de radioativos gera um rejeito  
O que fazer com esse rejeito de U?  
Certamente esse urânio pode ser aproveitado!

Motivo?

A situação brasileira do monopólio de U mudou

- ✓ A Câmara dos Deputados aprovou a Medida Provisória que **permite a atuação da iniciativa privada na pesquisa e lavra de minérios nucleares**
- ✓ A medida **flexibiliza o monopólio** da atividade nas Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB)
- ✓ Agora as empresas privadas **poderão ser remuneradas** pela parceria com a INB, por meio de percentual do valor arrecadado na comercialização do produto da lavra.

Nesse contexto, o minério de U tornou-se interessante pelo valor atual, e futuro, de mercado

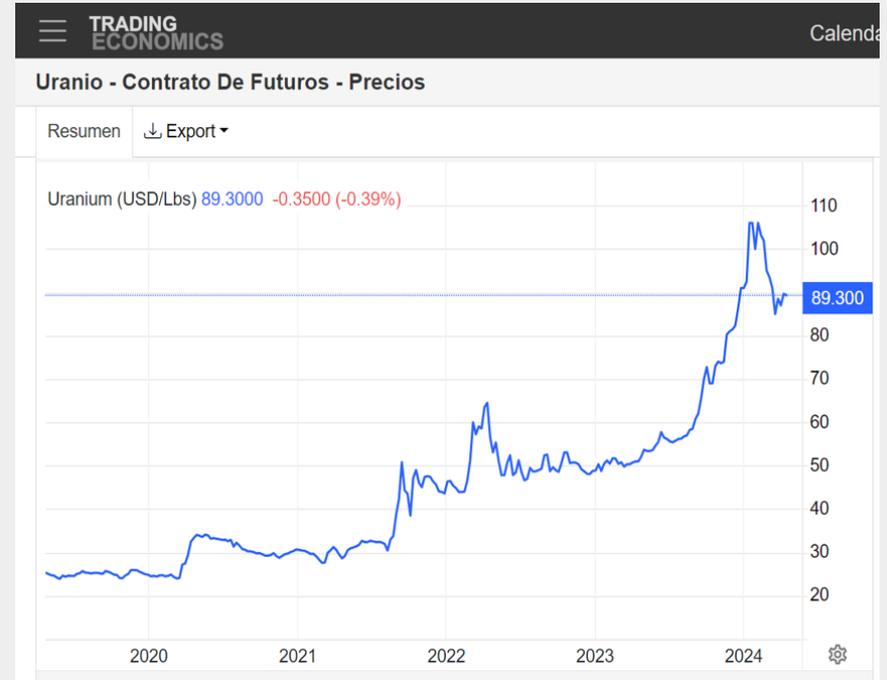
# A evolução do mercado de urânio: O mercado está aquecido!

TRADING ECONOMICS Calend

### Uranio - Contrato De Futuros - Precios

Resumen ↓ Export ▾

	Precio		Dia	Month	Año	Fecha
Petróleo Crudo	82.163	▼ 0.567	-0.68%	0.83%	5.91%	09:15
Brent	86.582	▼ 0.528	-0.61%	1.10%	6.81%	09:15
Gas Natural	1.7440	▼ 0.013	-0.74%	-5.40%	-22.40%	09:14
Gasolina	2.6983	▼ 0.0154	-0.57%	-1.31%	3.76%	09:15
Petróleo para calefacción	2.5272	▼ 0.0039	-0.15%	-5.96%	0.85%	09:15
Etanol	1.66	▲ 0	0%	4.89%	-31.16%	2024-04-18
Nafta	683.97	▼ -1.40	-0.20%	-4.00%	0.23%	2024-04-18
Propano	0.81	▼ -0.003	-0.35%	-1.27%	-1.55%	2024-04-18
Uranio	89.30	▲ 0	0%	0.90%	71.40%	2024-04-18
Metanol	2,617.00	▲ 17.00	0.65%	1.12%	6.95%	2024-04-19



- ✓ A demanda de urânio está em alta. Deverá duplicar até 2040
- ✓ Continuo descenso da oferta..... ao tempo que a demanda esta crescendo.
- ✓ As empresas geradoras de energia nuclear precisam dispor de provisão de U .

# Reservas mundiais de urânio: Como está o Brasil na foto?

(<USD 130/kgU as of 1 January 2015)

## Uranium Resources

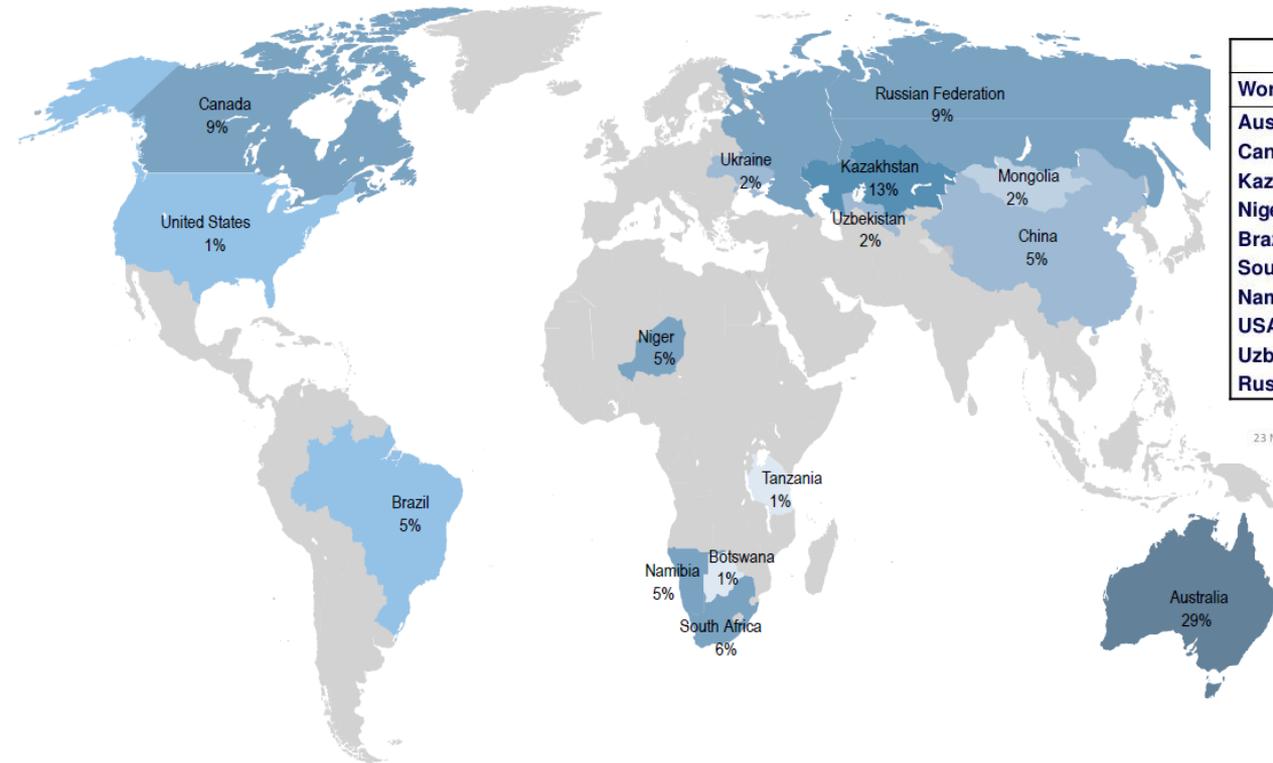
Identified (Reasonably Assured + Inferred) Resources  
(in 1000 tonnes)

	< US \$ 40 / kgU	< US \$ 80 / kgU	< US \$ 130 / kgU
<b>World</b>	<b>&gt; 2746</b>	<b>3804</b>	<b>4743</b>
<b>Australia</b>	<b>701+343</b>	<b>714+360</b>	<b>747+396</b>
<b>Canada</b>	<b>287+85</b>	<b>345+99</b>	<b>345+99</b>
<b>Kazakhstan</b>	<b>279+130</b>	<b>378+228</b>	<b>514+302</b>
<b>Niger</b>	<b>173+0</b>	<b>180+45</b>	<b>180+45</b>
<b>Brazil</b>	<b>140+0</b>	<b>158+74</b>	<b>158+121</b>
<b>South Africa</b>	<b>89+55</b>	<b>177+72</b>	<b>256+85</b>
<b>Namibia</b>	<b>62+61</b>	<b>151+86</b>	<b>183+100</b>
<b>USA</b>	<b>NA</b>	<b>102+</b>	<b>342+</b>
<b>Uzbekistan</b>	<b>60+31</b>	<b>60+31</b>	<b>77+39</b>
<b>Russia</b>	<b>58+22</b>	<b>132+41</b>	<b>132+41</b>

23 November 2015

Prof. Dr. H.Z. Hamraz Presentation  
U Ore Deposits

39



WORLD DISTRIBUTION OF URANIUM DEPOSITS

SECOND EDITION: 2018



Cigar Lake  
Unconformity



Akouta  
Sandstone



Shu-Sarysu  
Sandstone



Deposit type	Deposit subtypes	Deposit size (kt)	Number of deposits	
1. Uranium ore	1.1. Primary	1.1.1. Primary	1	1
2. Uranium ore	2.1. Primary	2.1.1. Primary	1	1
3. Uranium ore	3.1. Primary	3.1.1. Primary	1	1
4. Uranium ore	4.1. Primary	4.1.1. Primary	1	1
5. Uranium ore	5.1. Primary	5.1.1. Primary	1	1
6. Uranium ore	6.1. Primary	6.1.1. Primary	1	1
7. Uranium ore	7.1. Primary	7.1.1. Primary	1	1
8. Uranium ore	8.1. Primary	8.1.1. Primary	1	1
9. Uranium ore	9.1. Primary	9.1.1. Primary	1	1
10. Uranium ore	10.1. Primary	10.1.1. Primary	1	1
11. Uranium ore	11.1. Primary	11.1.1. Primary	1	1
12. Uranium ore	12.1. Primary	12.1.1. Primary	1	1
13. Uranium ore	13.1. Primary	13.1.1. Primary	1	1
14. Uranium ore	14.1. Primary	14.1.1. Primary	1	1
15. Uranium ore	15.1. Primary	15.1.1. Primary	1	1
16. Uranium ore	16.1. Primary	16.1.1. Primary	1	1
17. Uranium ore	17.1. Primary	17.1.1. Primary	1	1
18. Uranium ore	18.1. Primary	18.1.1. Primary	1	1
19. Uranium ore	19.1. Primary	19.1.1. Primary	1	1
20. Uranium ore	20.1. Primary	20.1.1. Primary	1	1
21. Uranium ore	21.1. Primary	21.1.1. Primary	1	1
22. Uranium ore	22.1. Primary	22.1.1. Primary	1	1
23. Uranium ore	23.1. Primary	23.1.1. Primary	1	1
24. Uranium ore	24.1. Primary	24.1.1. Primary	1	1
25. Uranium ore	25.1. Primary	25.1.1. Primary	1	1
26. Uranium ore	26.1. Primary	26.1.1. Primary	1	1
27. Uranium ore	27.1. Primary	27.1.1. Primary	1	1
28. Uranium ore	28.1. Primary	28.1.1. Primary	1	1
29. Uranium ore	29.1. Primary	29.1.1. Primary	1	1
30. Uranium ore	30.1. Primary	30.1.1. Primary	1	1
31. Uranium ore	31.1. Primary	31.1.1. Primary	1	1
32. Uranium ore	32.1. Primary	32.1.1. Primary	1	1
33. Uranium ore	33.1. Primary	33.1.1. Primary	1	1
34. Uranium ore	34.1. Primary	34.1.1. Primary	1	1
35. Uranium ore	35.1. Primary	35.1.1. Primary	1	1
36. Uranium ore	36.1. Primary	36.1.1. Primary	1	1
37. Uranium ore	37.1. Primary	37.1.1. Primary	1	1
38. Uranium ore	38.1. Primary	38.1.1. Primary	1	1
39. Uranium ore	39.1. Primary	39.1.1. Primary	1	1
40. Uranium ore	40.1. Primary	40.1.1. Primary	1	1
41. Uranium ore	41.1. Primary	41.1.1. Primary	1	1
42. Uranium ore	42.1. Primary	42.1.1. Primary	1	1
43. Uranium ore	43.1. Primary	43.1.1. Primary	1	1
44. Uranium ore	44.1. Primary	44.1.1. Primary	1	1
45. Uranium ore	45.1. Primary	45.1.1. Primary	1	1
46. Uranium ore	46.1. Primary	46.1.1. Primary	1	1
47. Uranium ore	47.1. Primary	47.1.1. Primary	1	1
48. Uranium ore	48.1. Primary	48.1.1. Primary	1	1
49. Uranium ore	49.1. Primary	49.1.1. Primary	1	1
50. Uranium ore	50.1. Primary	50.1.1. Primary	1	1
51. Uranium ore	51.1. Primary	51.1.1. Primary	1	1
52. Uranium ore	52.1. Primary	52.1.1. Primary	1	1
53. Uranium ore	53.1. Primary	53.1.1. Primary	1	1
54. Uranium ore	54.1. Primary	54.1.1. Primary	1	1
55. Uranium ore	55.1. Primary	55.1.1. Primary	1	1
56. Uranium ore	56.1. Primary	56.1.1. Primary	1	1
57. Uranium ore	57.1. Primary	57.1.1. Primary	1	1
58. Uranium ore	58.1. Primary	58.1.1. Primary	1	1
59. Uranium ore	59.1. Primary	59.1.1. Primary	1	1
60. Uranium ore	60.1. Primary	60.1.1. Primary	1	1
61. Uranium ore	61.1. Primary	61.1.1. Primary	1	1
62. Uranium ore	62.1. Primary	62.1.1. Primary	1	1
63. Uranium ore	63.1. Primary	63.1.1. Primary	1	1
64. Uranium ore	64.1. Primary	64.1.1. Primary	1	1
65. Uranium ore	65.1. Primary	65.1.1. Primary	1	1
66. Uranium ore	66.1. Primary	66.1.1. Primary	1	1
67. Uranium ore	67.1. Primary	67.1.1. Primary	1	1
68. Uranium ore	68.1. Primary	68.1.1. Primary	1	1
69. Uranium ore	69.1. Primary	69.1.1. Primary	1	1
70. Uranium ore	70.1. Primary	70.1.1. Primary	1	1
71. Uranium ore	71.1. Primary	71.1.1. Primary	1	1
72. Uranium ore	72.1. Primary	72.1.1. Primary	1	1
73. Uranium ore	73.1. Primary	73.1.1. Primary	1	1
74. Uranium ore	74.1. Primary	74.1.1. Primary	1	1
75. Uranium ore	75.1. Primary	75.1.1. Primary	1	1
76. Uranium ore	76.1. Primary	76.1.1. Primary	1	1
77. Uranium ore	77.1. Primary	77.1.1. Primary	1	1
78. Uranium ore	78.1. Primary	78.1.1. Primary	1	1
79. Uranium ore	79.1. Primary	79.1.1. Primary	1	1
80. Uranium ore	80.1. Primary	80.1.1. Primary	1	1
81. Uranium ore	81.1. Primary	81.1.1. Primary	1	1
82. Uranium ore	82.1. Primary	82.1.1. Primary	1	1
83. Uranium ore	83.1. Primary	83.1.1. Primary	1	1
84. Uranium ore	84.1. Primary	84.1.1. Primary	1	1
85. Uranium ore	85.1. Primary	85.1.1. Primary	1	1
86. Uranium ore	86.1. Primary	86.1.1. Primary	1	1
87. Uranium ore	87.1. Primary	87.1.1. Primary	1	1
88. Uranium ore	88.1. Primary	88.1.1. Primary	1	1
89. Uranium ore	89.1. Primary	89.1.1. Primary	1	1
90. Uranium ore	90.1. Primary	90.1.1. Primary	1	1
91. Uranium ore	91.1. Primary	91.1.1. Primary	1	1
92. Uranium ore	92.1. Primary	92.1.1. Primary	1	1
93. Uranium ore	93.1. Primary	93.1.1. Primary	1	1
94. Uranium ore	94.1. Primary	94.1.1. Primary	1	1
95. Uranium ore	95.1. Primary	95.1.1. Primary	1	1
96. Uranium ore	96.1. Primary	96.1.1. Primary	1	1
97. Uranium ore	97.1. Primary	97.1.1. Primary	1	1
98. Uranium ore	98.1. Primary	98.1.1. Primary	1	1
99. Uranium ore	99.1. Primary	99.1.1. Primary	1	1
100. Uranium ore	100.1. Primary	100.1.1. Primary	1	1

Lagoa Real  
Metasomatite



Rossing  
Intrusive



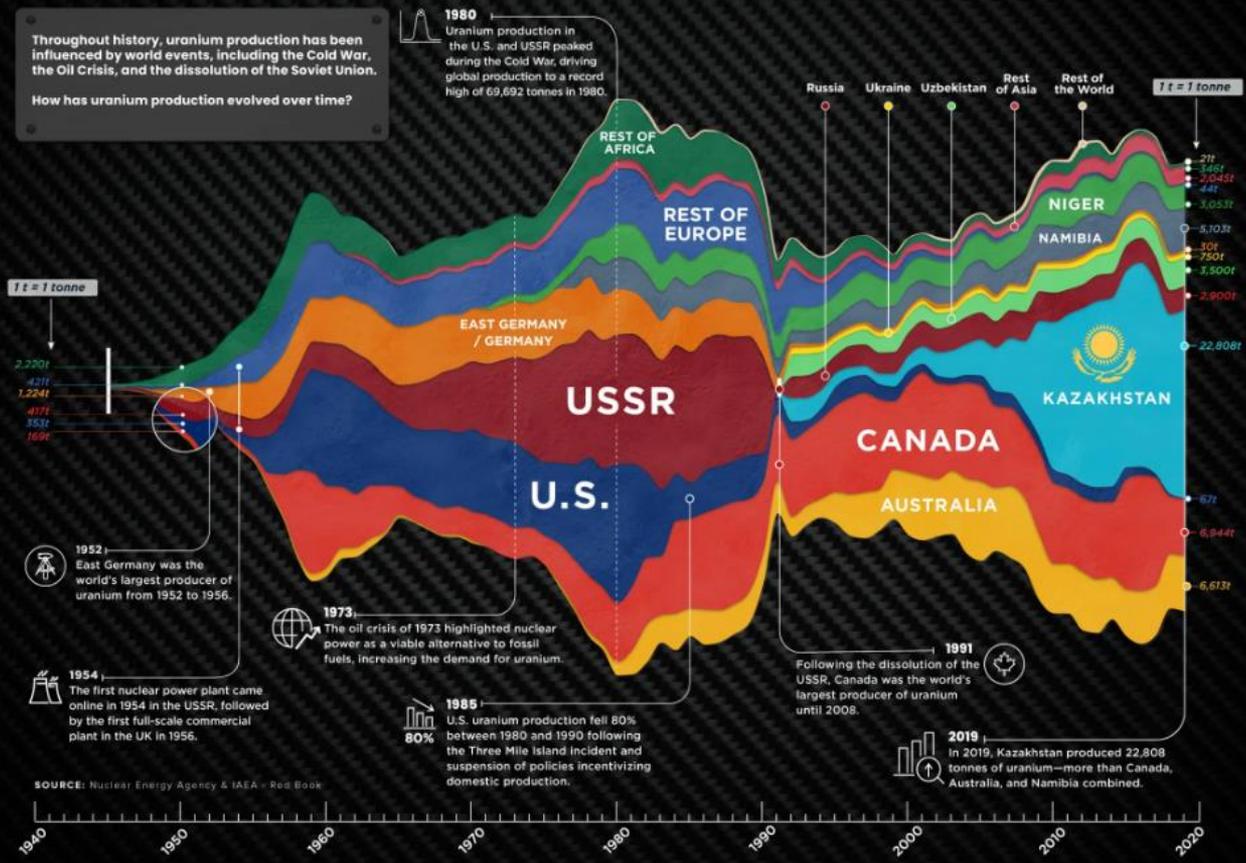
Olympic Dam  
IOCG



# 70 YEARS OF URANIUM PRODUCTION VISUALIZED

Throughout history, uranium production has been influenced by world events, including the Cold War, the Oil Crisis, and the dissolution of the Soviet Union.

How has uranium production evolved over time?



SOURCE: Nuclear Energy Agency & IAEA - Red Book



elements.visualcapitalist.com

The Earth's natural resources power our everyday lives. VC Elements breaks down the building blocks of the universe.

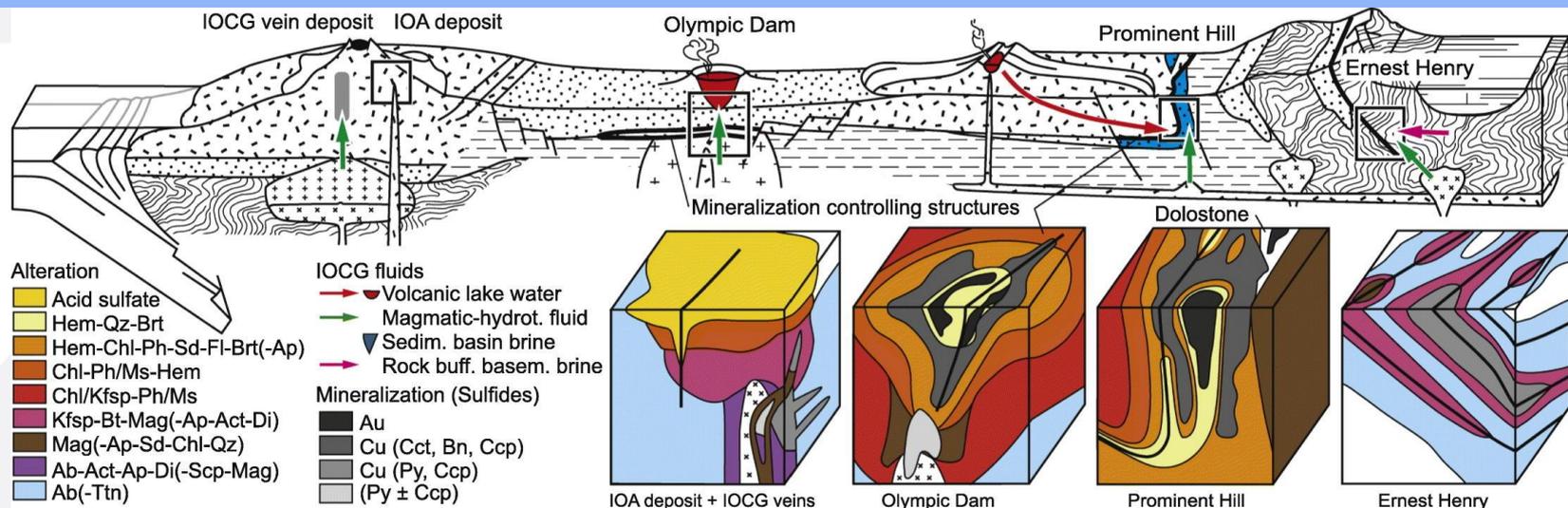
We live in a material world.

Em 2019 quase 50% da produção mundial foi proveniente de Cazaquistão



<https://gazmonitor.com/news/132/kazakhstan-is-the-worlds-biggest-uranium-producer-so-what>

# Entretanto: o maior depósito de U do mundo (Olympic Dam) está na Austrália: é um IOCG !



Tobias U. Schlegel, Thomas Wagner, Tobias Fusswinkel (2020) **Chemical Geology**

- ✓ **Olympic Dam mostra a importância de prospectar IOCGs**
- ✓ O depósito está mineralizado em Fe, Cu, Au, U, Ag, REEs e F.
- ✓ **Portanto: o urânio é um coproduto de cobre e ouro.**
- ✓ 2.200.000 t U, teor médio de 230 ppm.



# Urânio na América do Sul



ST/PUB/1800  
ISBN 978-92-0-100118-4

WORLD DISTRIBUTION OF URANIUM DEPOSITS

SECOND EDITION: 2018

O que temos no Brasil?

✓ Segundo a AIEA temos urânio mormente associado a inconformidades Proterozóicas!



✓ Será que é assim mesmo?

**Deposit Type**

Intrusive

Granite-Related

Polymetallic Breccia Complex

Volcanic-Related

Metasomatite

Metamorphite

Proterozoic Unconformity

Collapse Breccia Pipe

Sandstone

Paleo-Quartz-Pebble Conglomerate

Surficial

Lignite-Coal

Carbonate

Phosphate

Black Shale

# Brasil / Reservas

## RESERVAS GEOLÓGICAS DE URÂNIO LOCALIZAÇÃO



Depósitos	Toneladas de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>		
	Medidas/ Indicadas	Inferidas	Total
Caetité / Lagoa Real	94.000	6.700	100.770
<b>Santa Quitéria</b>	<b>91.200</b>	<b>51.300</b>	<b>142.500</b>
Outras	39.500	26.600	66.100
<b>TOTAL</b>	<b>224.700</b>	<b>84.670</b>	<b>309.370</b>
<b>PROGNOSTICADA: Pitinga (AM): 150.000</b>			
<b>Rio Cristalino (PA): 150.000</b>			
<b>ESPECULATIVA: 500.000</b>			

# Um rápido resumo das reservas conhecidas

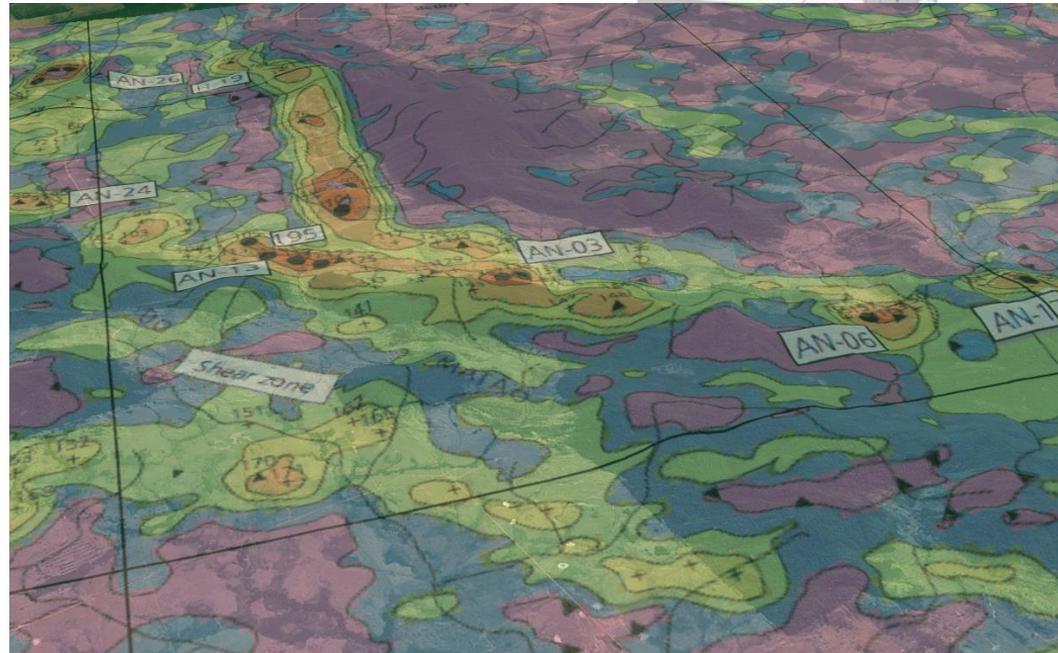
- **Lagoa Real, Espinharas e Campos Belos** (metasomático-albititos). [INB](#)
- **Poços de Caldas (Mina Osamu Utsumi)** (collapse breccia pipe/ fronts redox). [INB](#).
- **Figueira e Amarinópolis** (em arenitos).
- **Itataia**, incluindo Alcantil e Serrotes Baixos (metasomáticos / karst). [GALVANI / INB](#)
- **Rio Cristalino** (sandstone-hosted U-association). U-Meta-arcóseo.
- **Quadrilátero Ferrífero / Jacobina** (conglomerado tipo Witwatersrand)
- **Pitinga** (U-granitos / greisens). [TABOCA](#).



# Rio Cristalino



- ✓ Localizado no sul do Pará. Projeto histórico da NUCLEBRAS e NUCLAM.
- ✓ 38 anomalias uraníferas identificadas
- ✓ U associado a Mo, V e Re. U-Meta-arcóseo.
- ✓ Segundo a NUCLEBRAS, as reservas seriam de **150.000 t U3O8**.
- ✓ A hipótese de estar relacionado com depósitos de tipo Inconformidade foi rejeitada por Cuney em 2009.



Pires, Fernando (2012) Urânio no Brasil : geologia, jazidas e ocorrências. Editora Vitrina

# Consortio Santa Quitéria, CE (GALVANI / INB)

- ✓ Consortio das INB e Galvani fertilizantes (projeto fosfato-urânio).
- ✓ Urânio subproduto do fosfato.
- ✓ Reservas de urânio 80 mil toneladas.
- ✓ Previsão produção anual de 2.300 toneladas de concentrado de urânio.



<https://consorciosantaquiteria.com.br/>

# Osamo Utsumi (Caldas, MG)

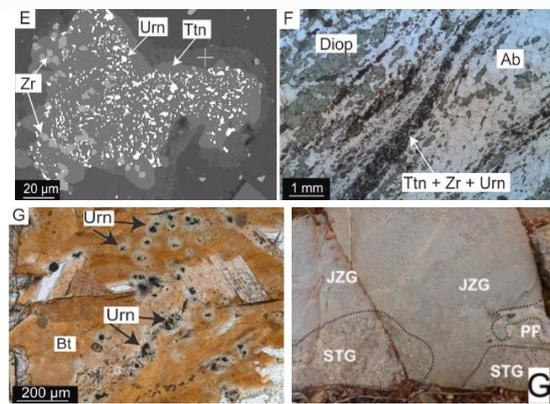
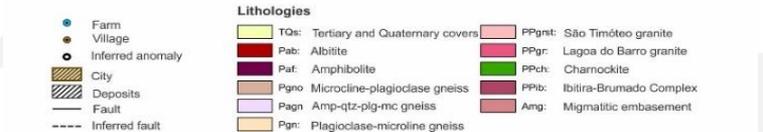
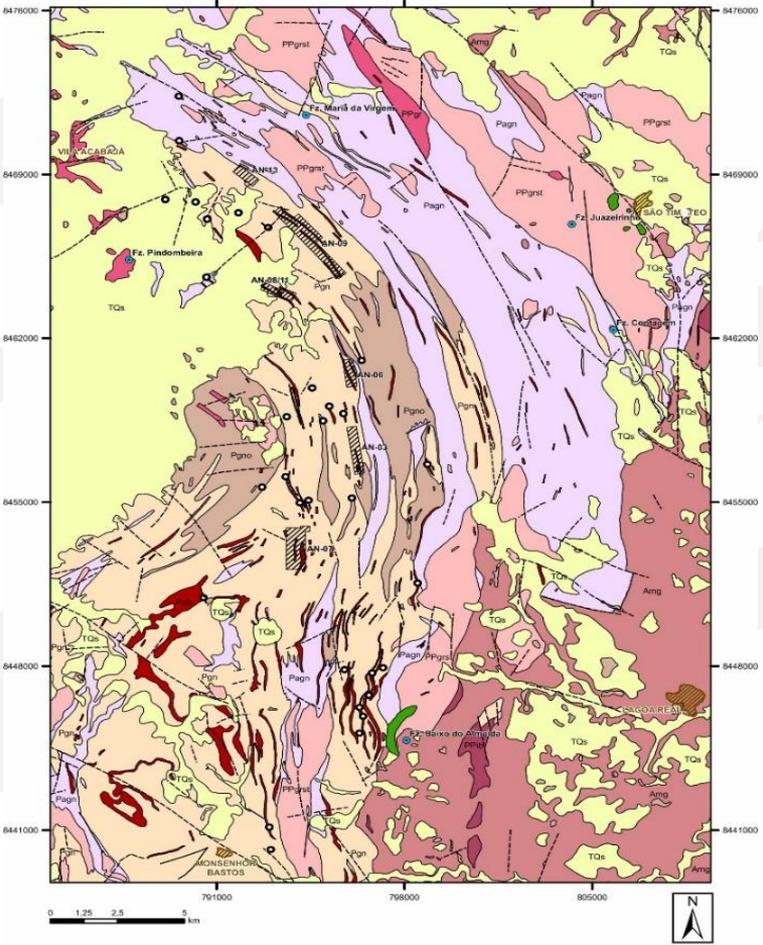
- ✓ Primeira mina de urânio do Brasil.
- ✓ Atualmente em descomissionamento.
- ✓ Grande reserva de REEs



# Província Uranífera de Lagoa Real



- ▶ Enorme potencial estratégico das mineralizações da borda oeste.
- ▶ Principal target uranífero do Brasil



AMORIM L.; RÍOS, F. J. ; FREITAS M.; GERALDES, M. ; CUTTS, K. A. ; DINIZ, A. ; MATTOS, E. C. (2021) Zircon U-Pb geochronology of Paleoproterozoic Statherian intraplate A-Type magmatic associations of the Lagoa Real Uranium Province, São Francisco Craton (Bahia, Brazil). JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES

MARQUES, C. ; CUTTS, K. A. ; CABRAL AR ; LANA, C. C. ; RÍOS, F.J. ; BUICK, I. (2023). Dating hydrothermal processes related to the formation of the lagoa real uranium deposits using in situ U-Pb dating of andradite and titanite. JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES

# Mina da Cachoeira

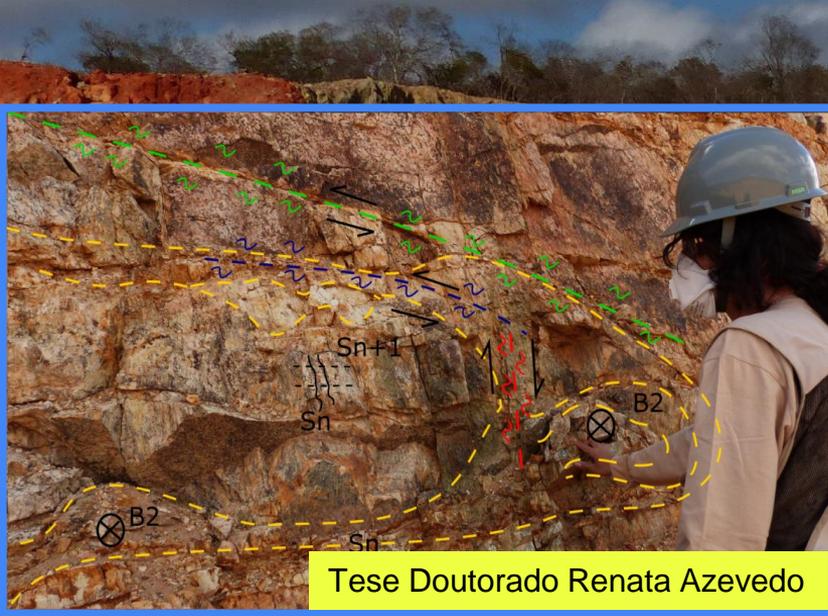
Alvo muito interessante para Terras Raras



# **MINA do ENGENHO, Anomalia Uranífera 09 / Lagoa Real (BA)**



# Vista parcial do Corpo II / Mina Urânio do Engenheiro



Tese Doutorado Renata Azevedo

Epidosito

Anfibolito

U-Albitito

# Jazida das Mangabeiras (An 35)

ALKALI-FELDSPAR GNEISS

HYPERSOLVUS ALKALI-FELDSPAR GRANITE

HYPERSOLVUS ALKALI-FELDSPAR GRANITE ALBITISED

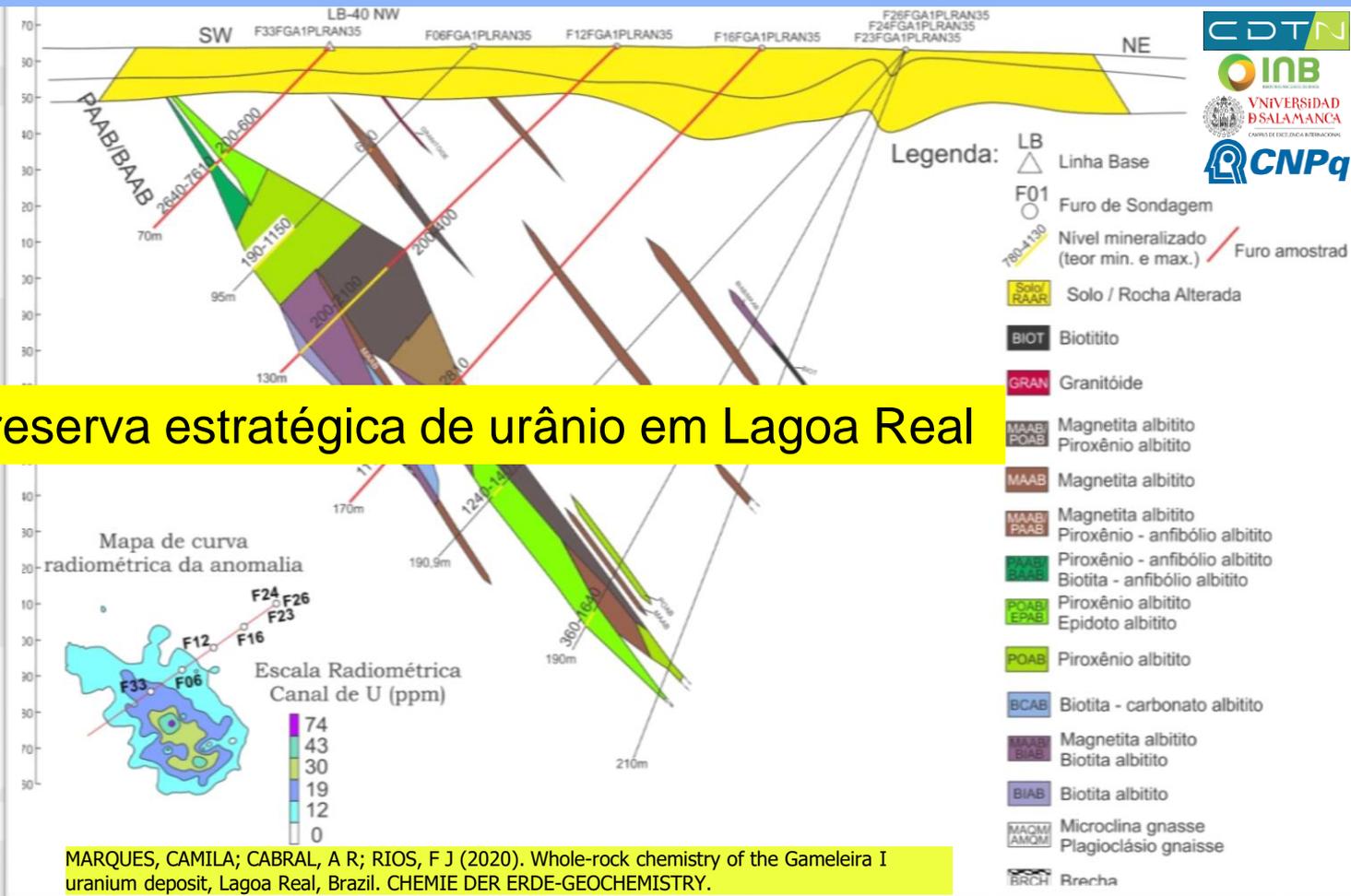
ISOTROPIC MAG

MAGNETITE ALBITITE

MAGNETITE ALBITITE GNEISS

BIOTITE ALBITITE

MEDIUM-GRAINED ALKALI-FELDSPAR GNEISS



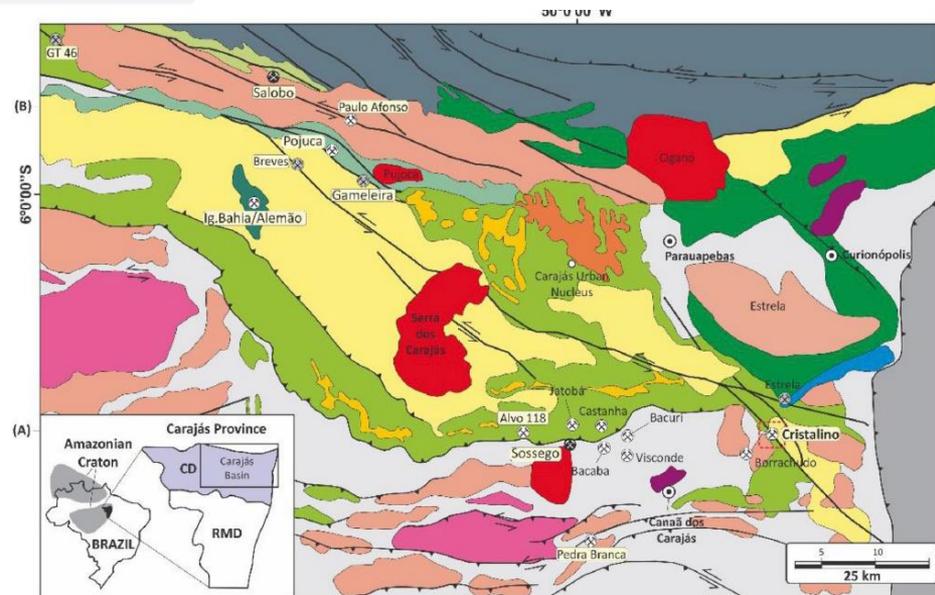
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Importante reserva estratégica de urânio em Lagoa Real

MARQUES, CAMILA; CABRAL, A R; RIOS, F J (2020). Whole-rock chemistry of the Gameleira I uranium deposit, Lagoa Real, Brazil. CHEMIE DER ERDE-GEOCHEMISTRY.

# Desafios: o urânio e os depósitos IOCG de Carajás

- ✓ Brechas mineralizadas em Au-Cu, mostram anomalias de Fe, Cu, U, Au, Ag, Ba, F, P, Zn, Mo e ETRL (particularmente La e Ce).
- ✓ Ex: Depósito de Au-Cu-(U) reservas de 16.000 t U (110 ppm U) (Saad, 1998, in Pires, 2012)

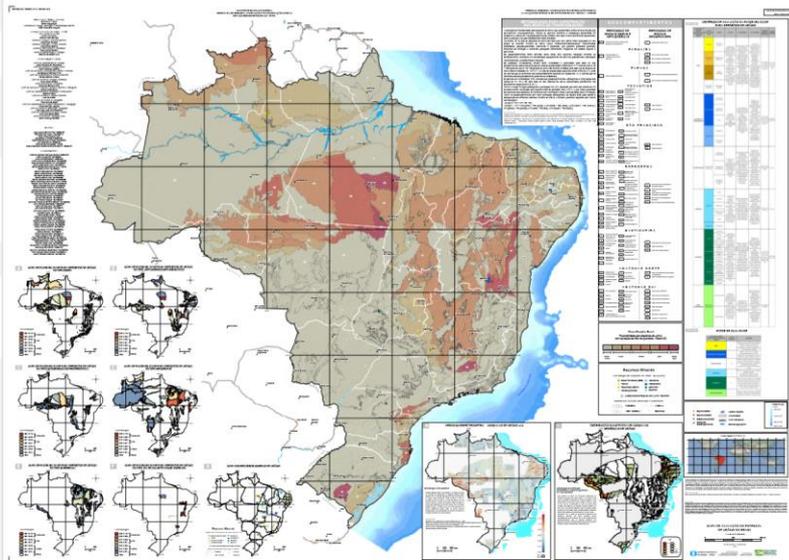


Xavier, R.P., Monteiro, L.V.S., Moreto, C.P.N., Pestilho, A.L.S., Melo, G.H.C., Silva, M.A.D., Aires, B., Ribeiro, C., Silva, F.H.F., (2012). Economic Geology. The Iron Oxide Copper-Gold System of the Carajás Mineral Province, Brazil, vol. 16 Special Publication (Chapter X).

Tallarico, F., Figueiredo, B., Groves, D., Kositsin, N., McNaughton, N., Fletcher, I., Rego, J. (2005) Geology and SHRIMP U-Pb Geochronology of the Igarapó Bahia Deposit, Carajás Copper-Gold Belt, Brazil: An Archean (2.57 Ga) Example of Iron-Oxide Cu-Au-(U-REE) Mineralization. Economic Geology.

Craveiro, G.S., Villas, R.N.N., Xavier, R.P. (2019) Mineral chem. and geothermometry of alt. zones in the IOCG Cristalino deposit, Carajás Mineral Province, Brazil. Journal of South American Earth Sciences

# Projeto Urânio Brasil / CPRM



- ✓ Retomada da prospecção de urânio no Brasil utilizando metodologias de última geração
- ✓ Estimativa dos recursos não descobertos
- ✓ Modelamento do potencial mineral
- ✓ Reconhecimento das assinaturas dos depósitos: **Parceria**

## Alguns números comparativos sobre o Urânio

- Produção mundial: 60.000 ton U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>
- Produção anual estimada (Brasil): 270-300 ton U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (para aprox. 190.000 ton de minério beneficiado)
- A demanda de Angra 1 e 2 é de 300 ton de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>
- Reservas Brasileiras: 300.000 ton U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (projeção: 900.000 ton)
- Reservas Brasileiras para custo de < 40 USD x kg : 66.000 ton U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>

# O futuro da geologia do urânio

- Recursos não descobertos
- Caracterização rejeitos de mineração
- Recuperação de REEs (e outros estratégicos como subproduto)
- Cuidados com as metodologias de extração (ex. leaching)
- Utilização do U em reatores nucleares mais seguros





# Obrigado!

Francisco Javier Rios

[javier@cdtn.br](mailto:javier@cdtn.br)

(31)34399654 (31)999684490

