



VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE **METALOGENIA**

17 A 20/8/2025 - SALVADOR - BA

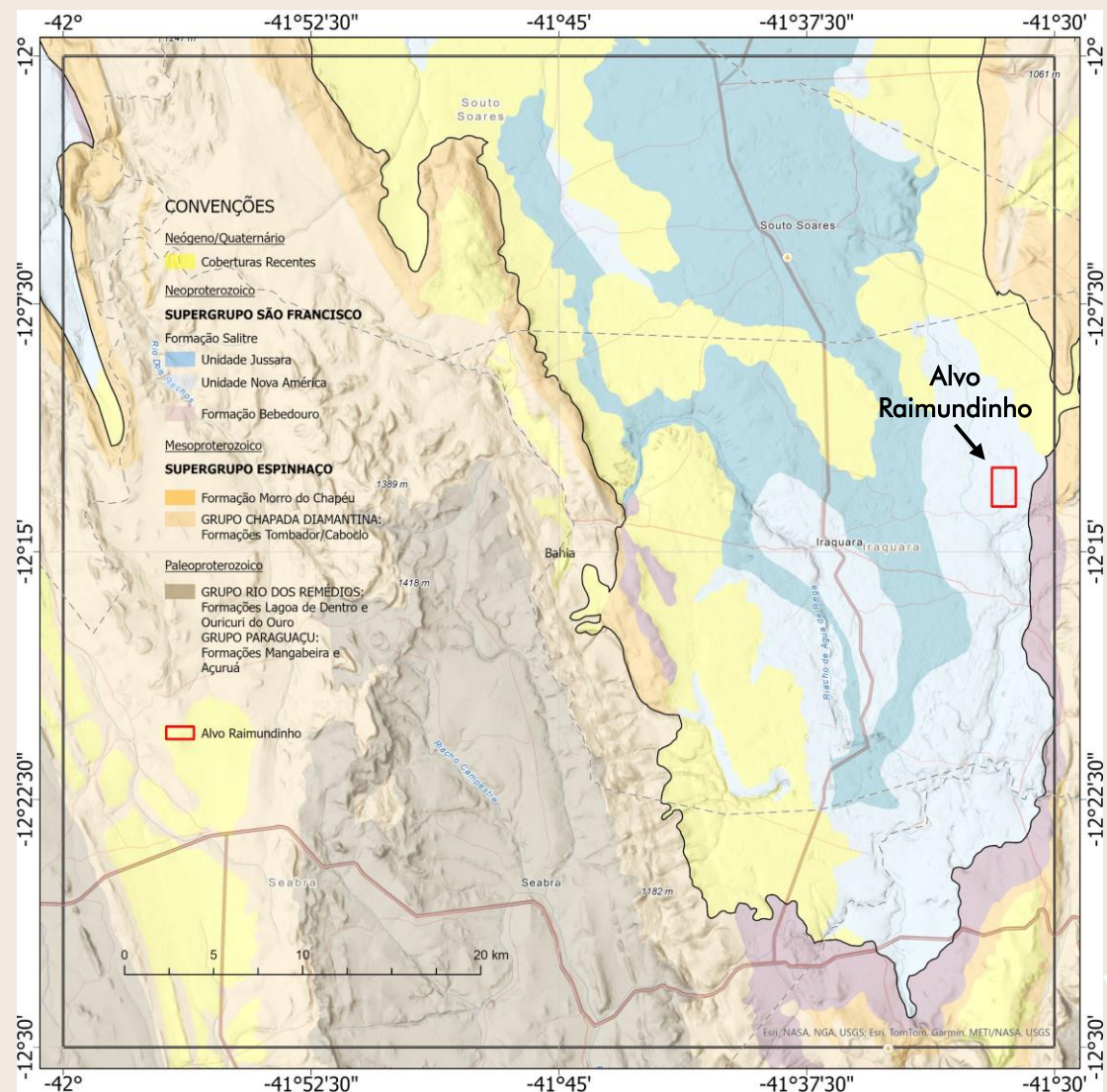
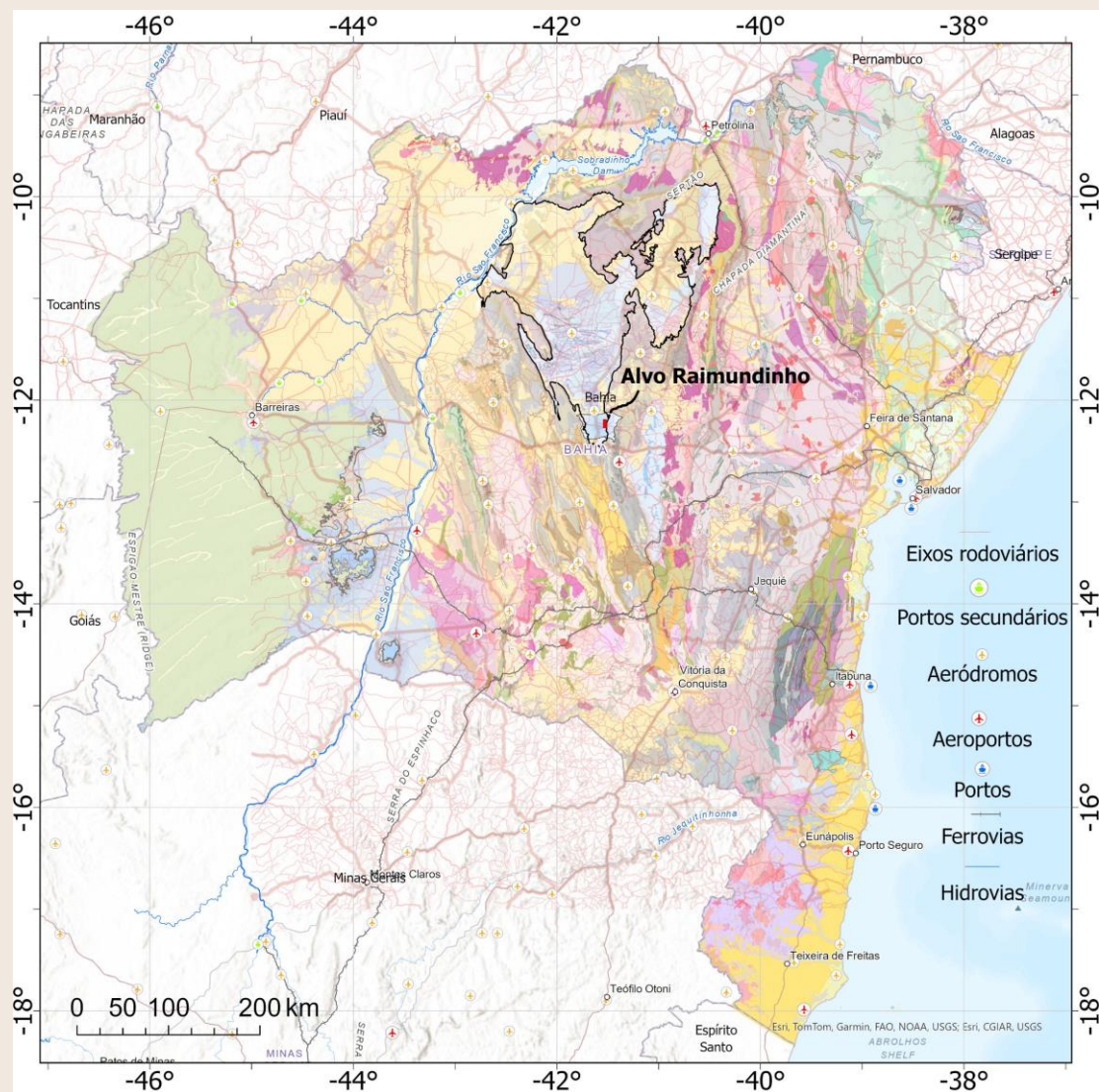
ASPECTOS GEOQUÍMICOS DAS ROCHAS ENCAIXANTES DA MINERALIZAÇÃO DE Zn-Pb-Ag DO ALVO RAIMUNDINHO, PORÇÃO SUL DA BACIA DE IRECÊ, IRAQUARA – BAHIA

Carrilho, E.L.V.¹; Varjão, E. A.¹; Cocentino, W. M.¹; Souza Júnior, F. D. de¹

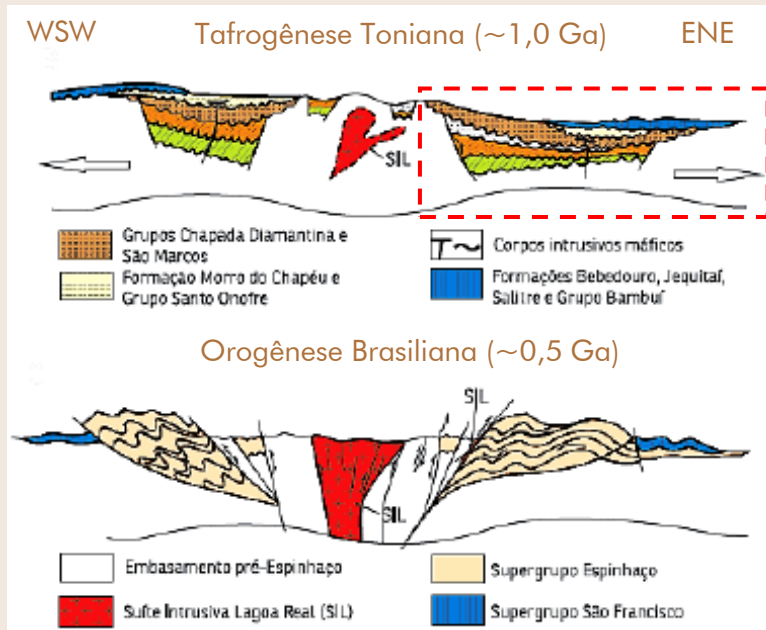
¹ Companhia Baiana de Pesquisa Mineral – CBPM, Salvador, Bahia, Brasil,
eduardo.carrilho@cbpm.ba.gov.br.



SITUAÇÃO/LOCALIZAÇÃO



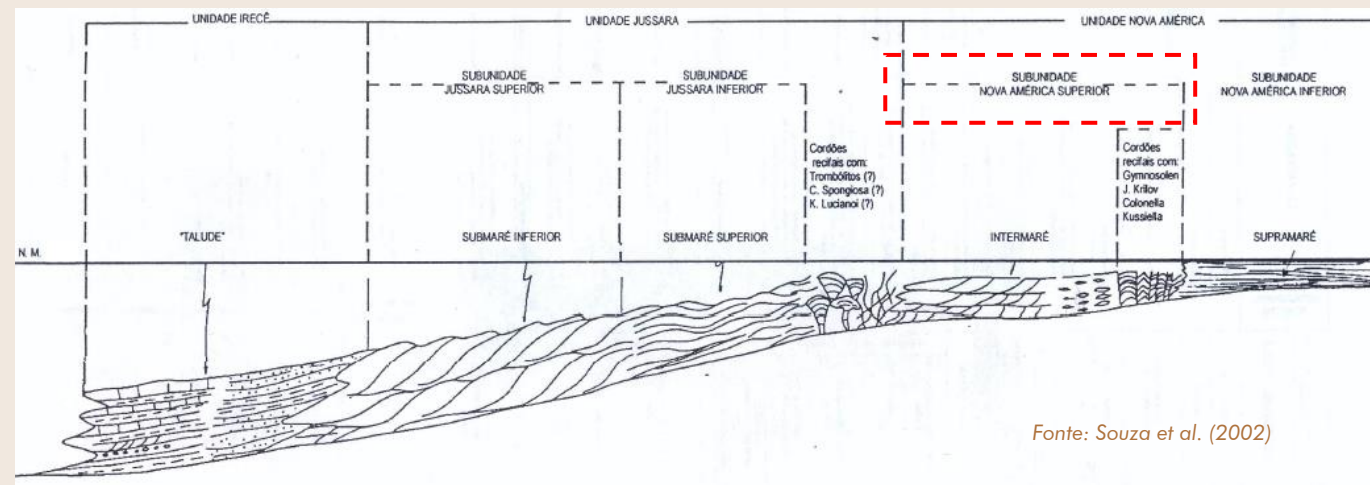
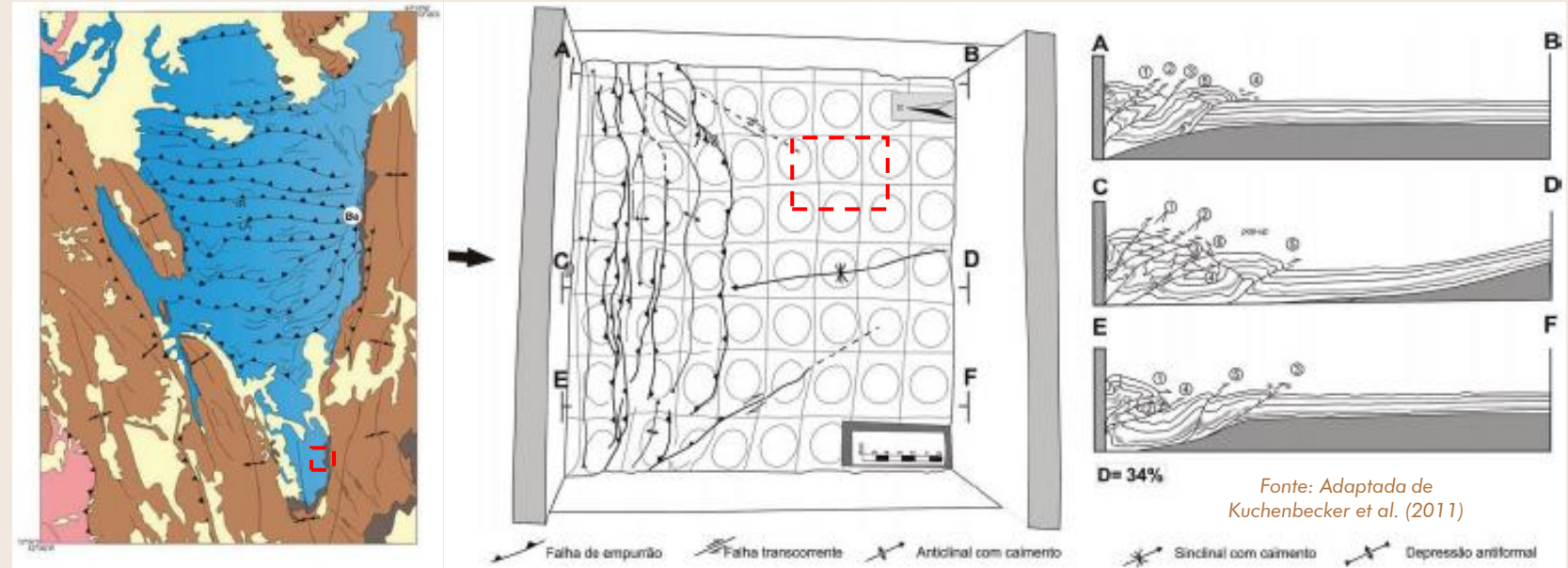
CONTEXTO GEOLÓGICO



Fonte: Adaptada de Guimarães et al. (2012)

□ SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO

- Formação Bebedouro (840 ± 14 Ma; Figueiredo, 2008)
- Formação Salitre;
- Unidade Nova América (Souza et al., 2002):
- ❖ Subunidade Nova América Superior;
- ❖ Subunidade Nova América Inferior (669 ± 14 Ma; Santana, 2016).



HISTÓRICO EXPLORATÓRIO



- Cassedane (1966);
- Misi (1973);
- Misi & Souto (1975);



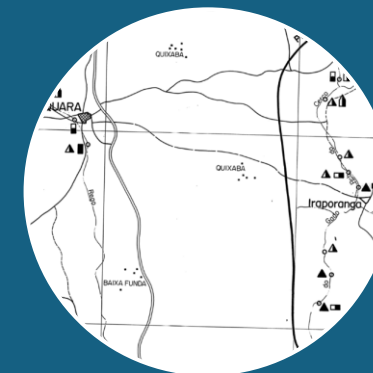
PROJETO GEOQUÍMICA DO BAMBUÍ (Oliveira et al., 1977) – CPRM;

- “Células” de drenagem Cu-Pb-Zn (tratamento global):
→ *Ausência de subdivisão litoestratigráfica;*



PROJETO BACIA DE IRECÊ (Bonfim et al., 1985) e BACIA DE IRECÊ II (Pedreira et al., 1987) – CPRM;

- Unidades/subunidades litoestratigráficas informais:
→ Nova América (Nova América Inferior e Superior, Sarandi, Lapão), Jussara (Inferior e Superior), Irecê;

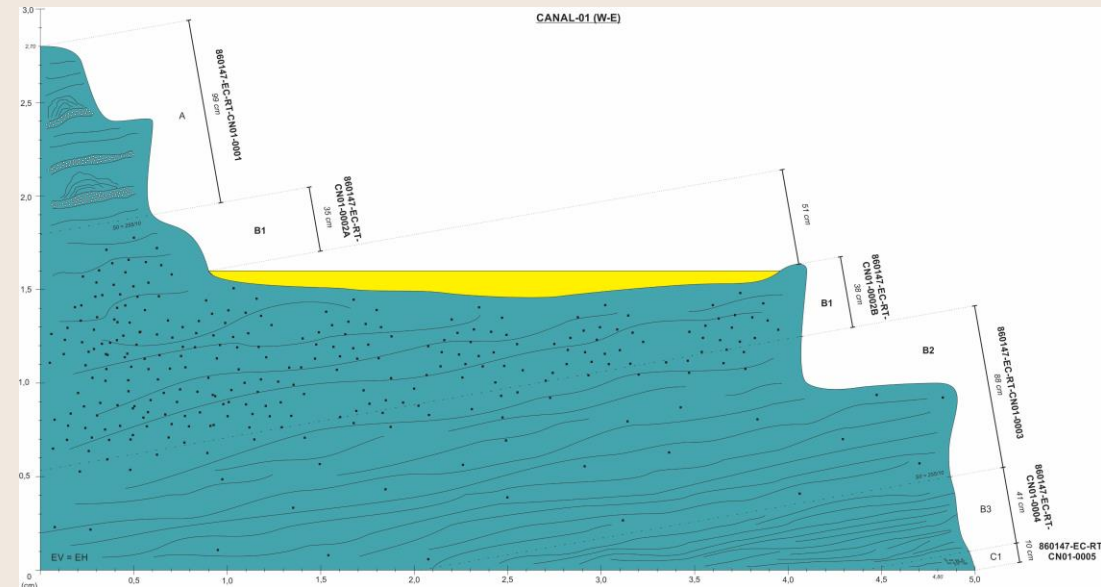
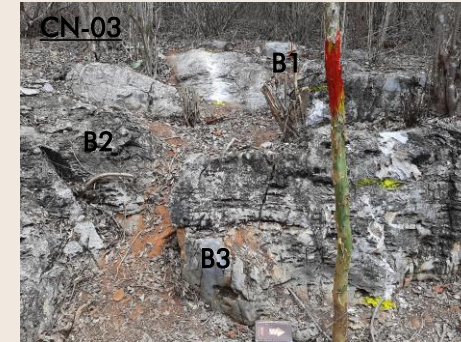
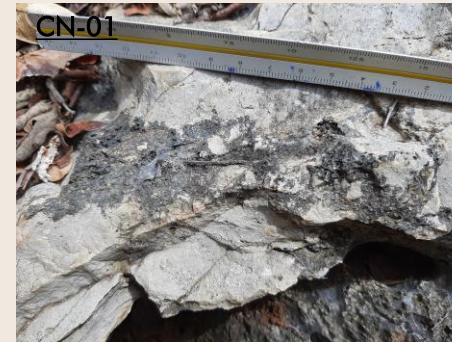
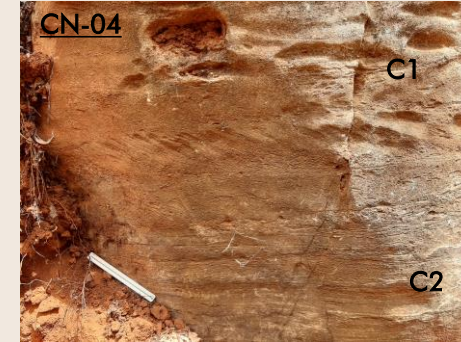
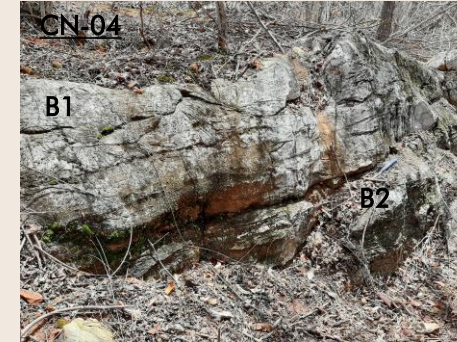
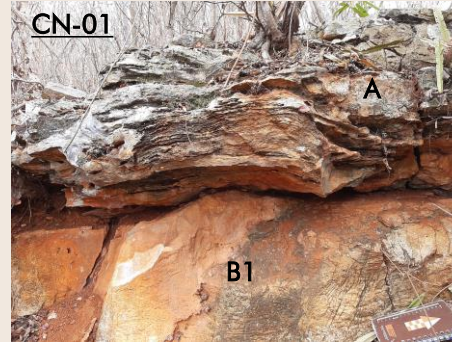


PROJETO ANÁLISE FACIOLÓGICA E METALOGENÉTICA DA BACIA DE IRECÊ (1989-1991; Souza et al., 2002) – CBPM;

- Ampliação/revisão/reavaliação litoestratigráfica;
- **Sedimento de corrente Pb-Zn-Mn**
→ *Tratamento por unidades geológicas;*

METODOLOGIA

- 1) Descrição litofaciológica → “Mina” do Raimundinho (“Dolina/Uvala”);
- 2) Amostragem: 5 canais → 13 amostras (7 → ETR);
- 3) Análises químicas:
 - (i) ICP-MS/OES, digestão multiácida (ICM40B); (ii) ICP-MS, fusão com metaborato de lítio (IMS95R; ETR) (iii) AAS, geração de vapor a frio (CVA02B; Hg);
 - ❖ >LOD: (i) FRX, fusão com tetraborato de lítio (XRF79C; Ca%, CaO%); (ii) FRX em matriz sulfetada, fusão com tetraborato e nitrato de lítio (XRF83B; Pb%, Zn%, CaO%); (iii) AAS, digestão multiácida (ASS41B; Pb%, Zn%); (iv) AAS, (CVA00B; Hg).



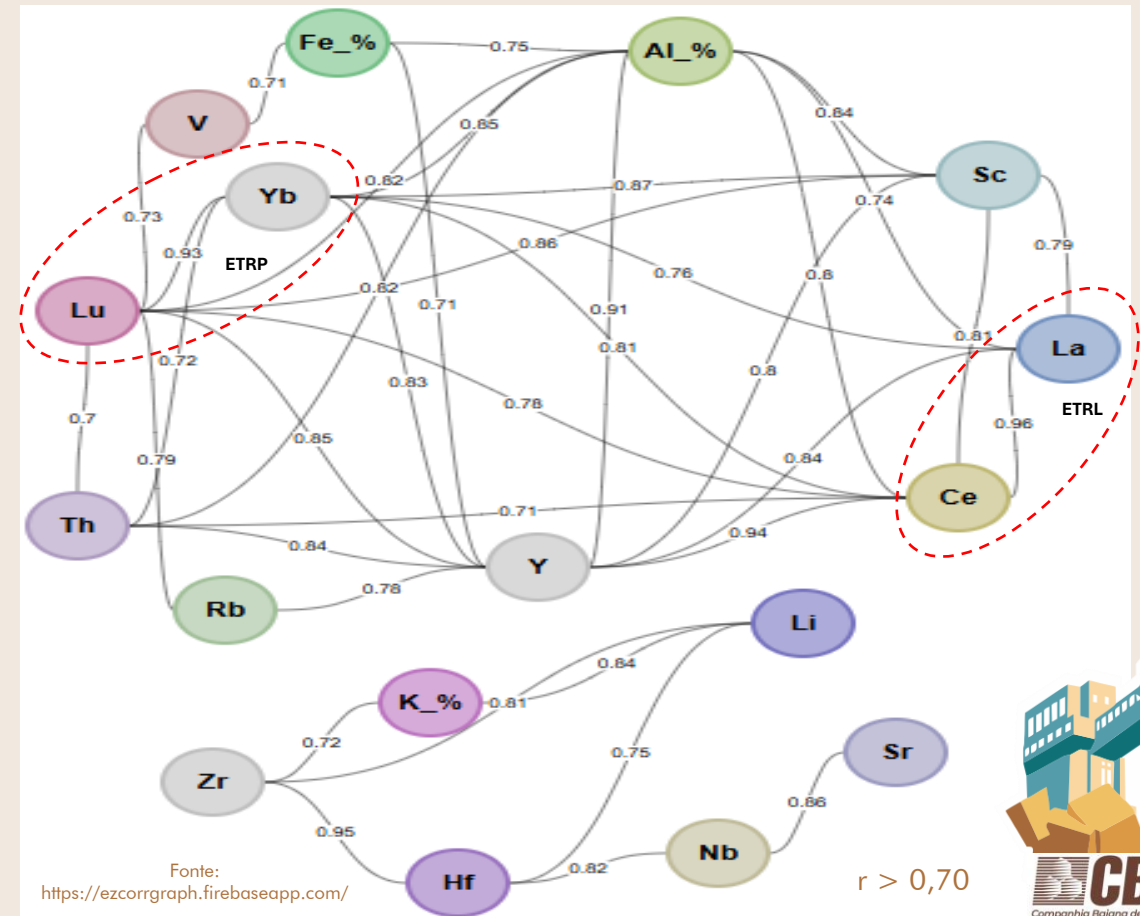
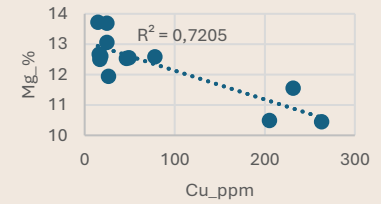
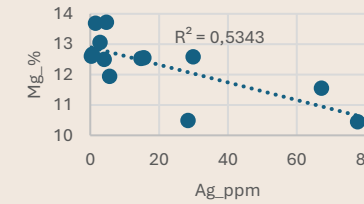
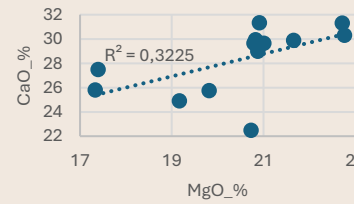
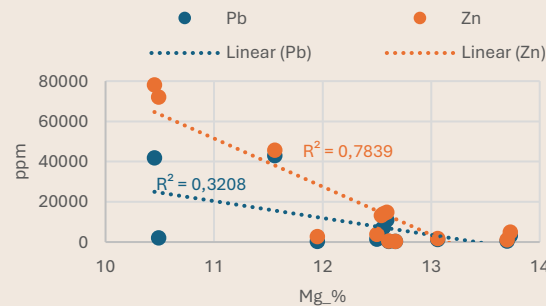
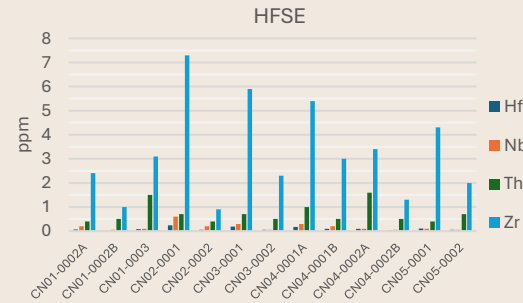
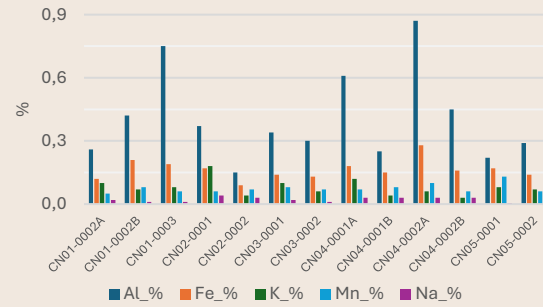
4) Tratamento e Interpretação

- Padrões PAAS e CCS (McLennan, 2001 e referências associadas);
- Anomalias: (i) La/La* e Gd/Gd* (McLennan, 1989); (ii) Ce/Ce* e Pr/Pr* (Bau & Dulski, 1996); (iii) Sm/Sm* e Tb/Tb* (Galfati et al., 2010); (iv) Eu/Eu* (Frimmel, 2009); (v) Y/Y* (Fazio et al., 2007);
- Mn* (Machhour et al., 1994; Bellanca et al., 1996);
- Matriz de Spearman ($r > 0,85$ = muito forte; $0,85-0,70$ = forte; $0,70-0,55$ = moderada; $0,55-0,40$ = fraca; $0,40-0,25$ = muito fraca);
- Excel, Past4, <https://ezcorrgraph.firebaseio.com/>.

RESULTADOS

ELEMENTOS MAIORES, MENORES E TRAÇOS

- 17-23% MgO, 18-31% CaO;
- CaO%/MgO% ($1,39 \pm 0,12$) e CaO% x MgO% → dolomita;
- Zn ≤ 7,8%, Pb ≤ 4,3%, Ag ≤ 78 ppm;
- ↓ HFSE: Th-Zr-Hf-Nb (Ta-Ti% < LOD);
- ↓ LILE: K%-Rb ($2,29 \pm 1,41$ ppm)-Sr (130 ± 16 ppm)-Ba (49 ± 30 ppm);
- Correlações negativas: Mg% x Ag-Cu-Zn-Pb;
- Correlações positivas: (i) Al% x Y, ETRP (Yb-Lu), Sc, HFSE (Th-Zr), ETRL (Ce-La), Fe%, LILE (Rb), V; (ii) K% x Li-Be, HFSE (Zr-Hf-Nb), LILE (Rb-Ba);



Fonte: <https://ezcorrgraph.firebaseio.com/>

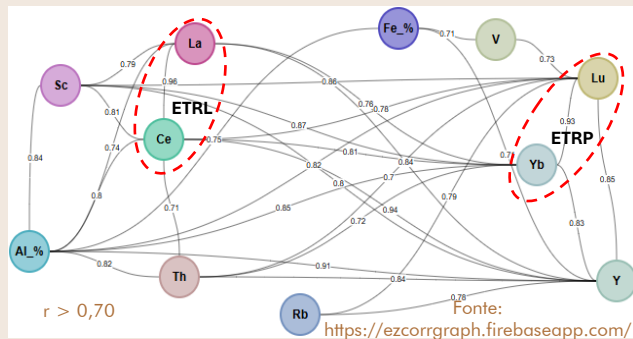
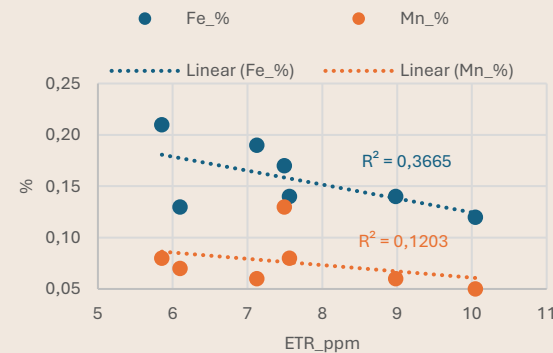
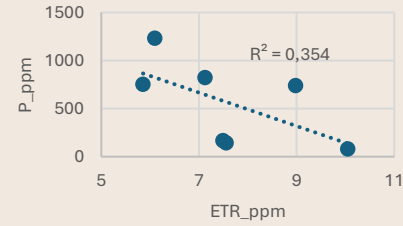
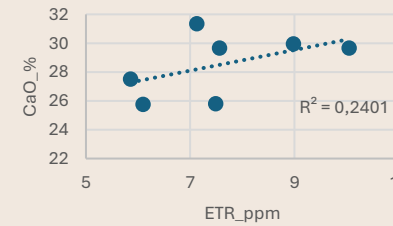
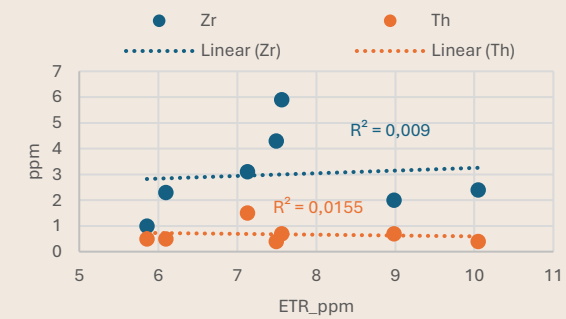
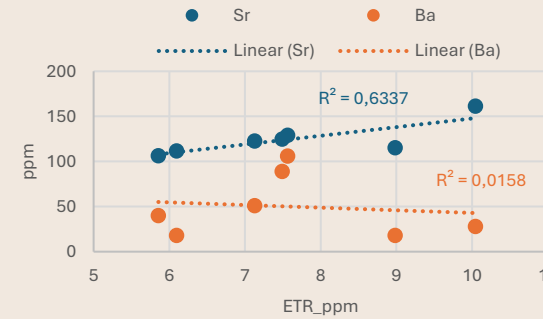
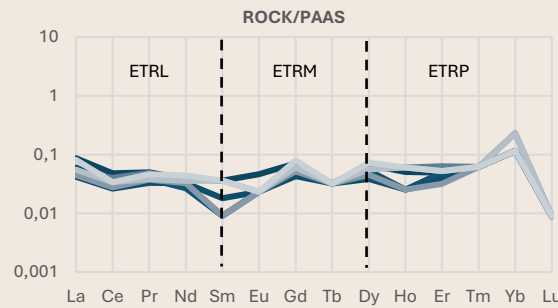
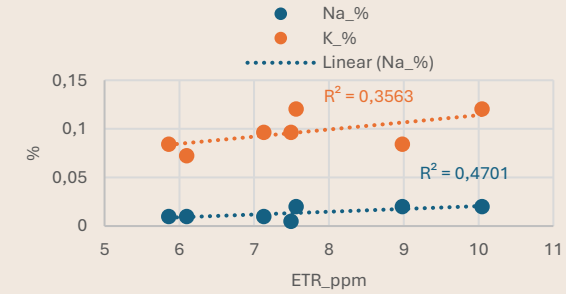
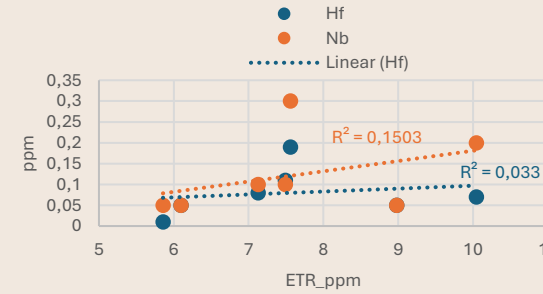
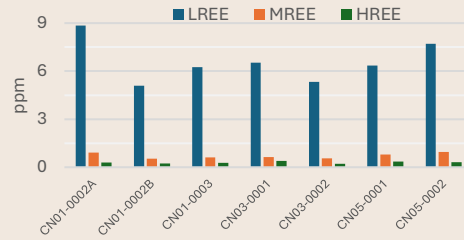


- ✓ Dolomitos "puros" com poucos componentes detríticos;
- ✓ Dolomitização sem relação ou indiretamente relacionada com a precipitação dos sulfetos de Zn-Pb-Ag (Cu);

RESULTADOS

ELEMENTOS TERRAS RARAS - ETR

- $\Sigma ETR = 7,59 \pm 1,39$ ppm (PAAS = 185 ppm, após Taylor & McLennan, 1985, e McLennan, 2001; calcários marinhos = ~28 ppm, Bellanca et al., 1997);
- Padrão “plano” com leve enriquecimento dos ETRP em relação aos ETRL [(Nd/Yb)_N = 0,26 ± 0,08; (La/Yb)_N = 0,45 ± 0,20, (Pr/Yb)_N = 0,31 ± 0,09];
- La/La* (1,19-1,60; méd.: 1,11) > La/La* (0,58-0,96; méd.: 0,83);
- Correlações Positivas: ETR x HFSE (Zr, Hf, Nb, Th), LILE (K%, Sr, Ba), Al%, Na% e CaO%;
- Correlações Negativas: ETR x Fe%, Mn% e P;



- Minerais detríticos + autigênicos (carbonatos, sulfatos) → ETR;
- Descaracterização do padrão dos ETR pela presença, embora pouca, de material terrígeno (LILE, HFSE, Al) nas rochas carbonáticas
- 2% de material terrígeno em carbonatos marinhos → padrões REY planos e uniformes (Nothdurft et al., 2004 apud Frimmel, 2009; Madhavaraju & González-León, 2012).



RESULTADOS

MODIFICAÇÕES PÓS-DEPOSICIONAIS

DIAGÊNESE → marinha rasa/meteórica;

• $Mn/Sr = 5,87 \pm 1,86$ (> 2 = Recristalização intensa, diagênese marinha rasa/meteórica; Brand & Veizer, 1980; 1981; Veizer, 1983);

• $Fe\%/Mn\% = 2,27 \pm 0,57$ (1-10 = diagênese comum; Veizer, 1983); Banner & Hanson, 1990);

• $(Dy/Yb)_N = 0,41 \pm 0,14$ (< 1 → influência meteórica, Webb & Kamber, 2000;

HIDROTERMALISMO → bacinal de baixa temperatura, marcante em parte das amostras;

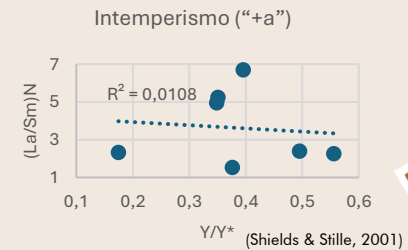
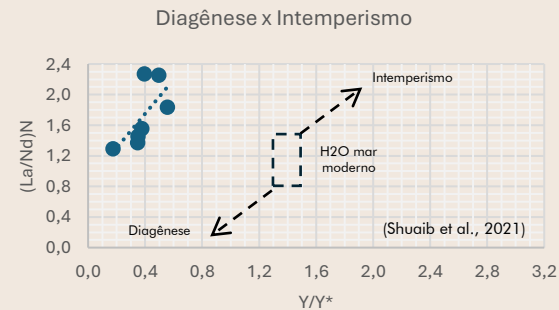
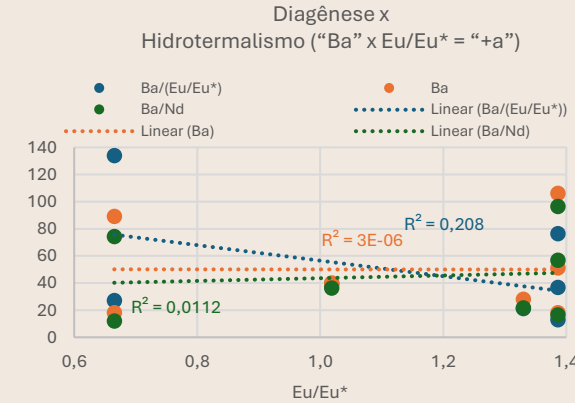
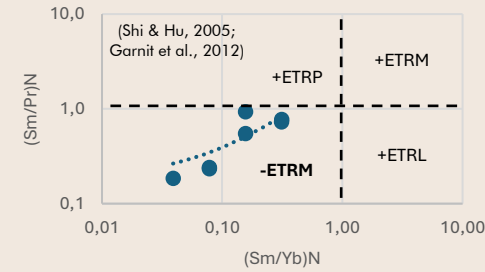
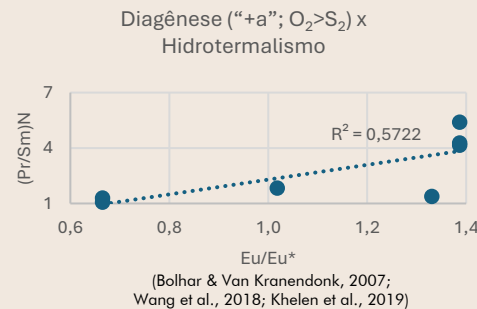
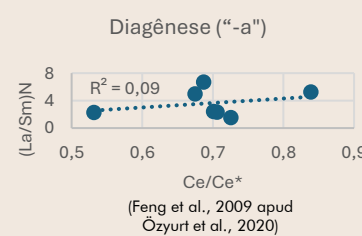
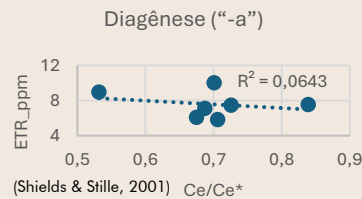
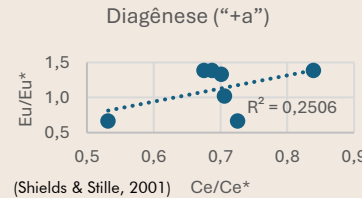
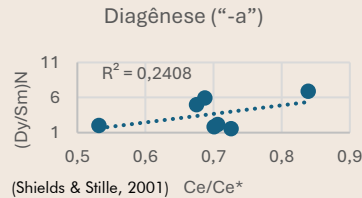
• $(La/Yb) = 0,45 \pm 0,20$ (< 1 = influência hidrotermal; Webb & Kamber, 2000; Frimmel, 2009);

• Eu/Eu^* não influenciada pelo conteúdo de Ba;

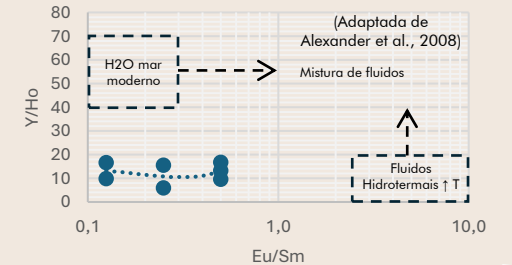
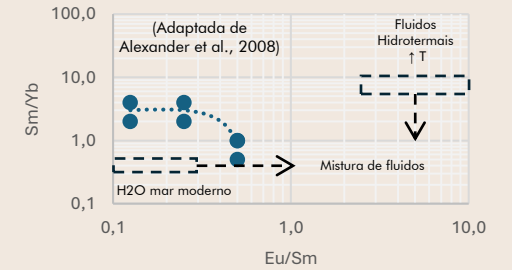
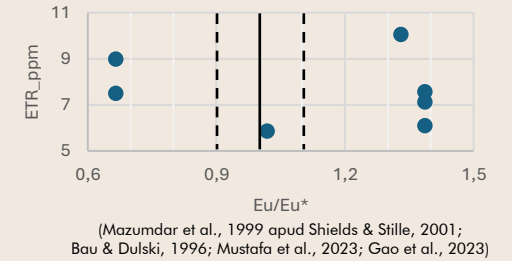
INTEMPERISMO → leve fracionamento dos ETRP;

✓ $(Sm/Pr)_N \times (Sm/Yb)_N \rightarrow$ “-” ETRM com tendência de “+” ETRP;

✓ Y/Ho (13 ± 4): (i) < 30 = diagênese (águas continentais, dolomitização, antigênese) ou hidrotermalismo (dolomitização) (Bau & Dulski, 1996; Kamber & Webb, 2001); (ii) < 40 = intemperismo subaéreo (Bau & Dulski, 1996); Webb & Kamber, 2000);



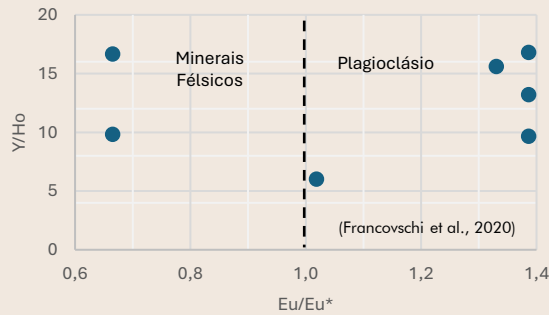
Diagênese (<1) x Hidrotermalismo (>1)



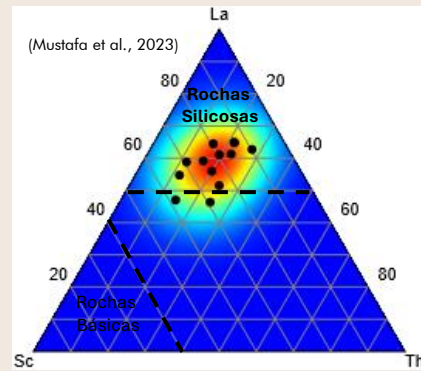
RESULTADOS

☐ FONTE DOS ETR

- $Y/Ho \times Eu/Eu^* =$ mistura de fontes (plagioclásio > minerais félsicos);
- ✓ Metarcóseos (Formação Bebedouro) e/ou metarenitos feldspáticos (Formação Morro do Chapéu) (?);



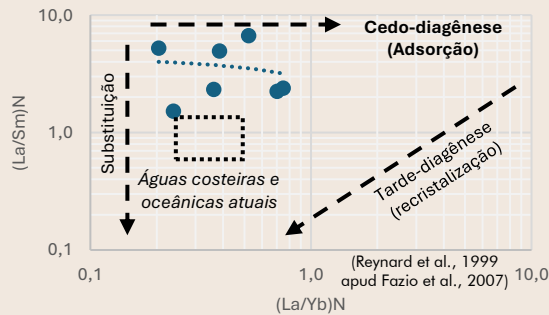
- Diagrama La-Sc-Th = rochas silicosas;



- $Y/Ho \times Ni-Co-Cr$ (óxidos) e Zr-Th-Hf (silicatos) (Bolhar & Van Kranendonk, 2007 e Wang et al., 2018 apud Ribeiro, 2023);

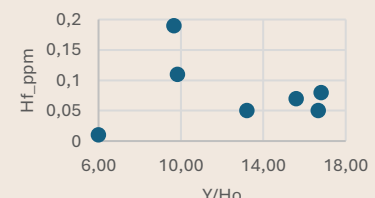
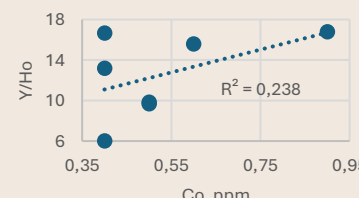
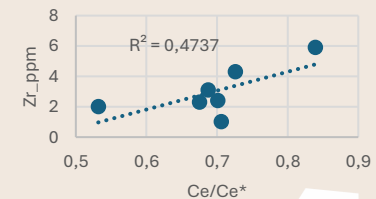
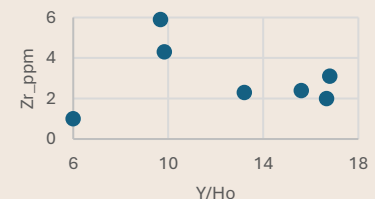
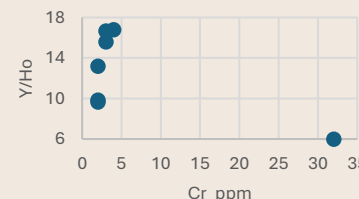
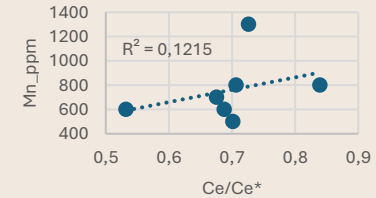
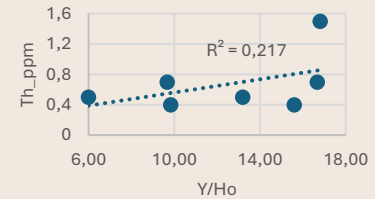
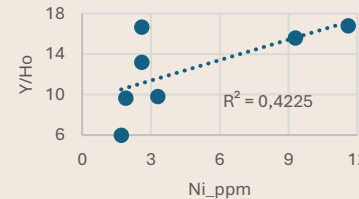
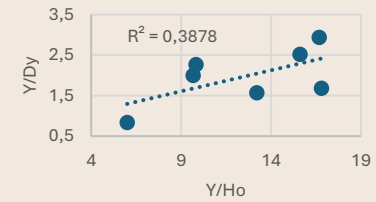
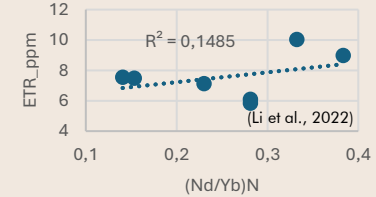
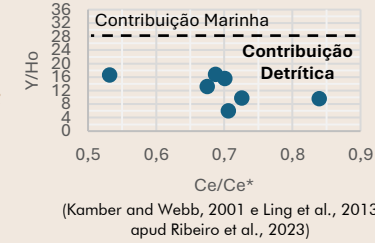
☐ MECANISMOS DE INCORPORAÇÃO DOS ETR

- $(La/Sm)_N \times (La/Yb)_N =$ adsorção nas fases cedo-diagenéticas;
- $Ce/La: 0,61 \pm 0,12 (<2 \rightarrow$ precipitação em ambiente marinho oxigenado; Kadijeh et al., 2009; Orabi et al., 2023);



☐ INPUT DETRÍTICO

- $Na\%/K\% = 0,48 \pm 0,38 (<1;$ Piper & Isaacs, 1995) \rightarrow aporte detrítico;
- $Y/Ho \times Ce/Ce^*$;
- $(La/Yb)_N = 0,45 \pm 0,20 (1,0-1,3;$ Condie, 1991; Sholkovitz et al., 1990);
- Correlações positivas: $(Nd/Yb)_N \times ETR$, $Y/Ho \times Y/Dy$ e $Ce/Ce^* \times Zr-Mn\%$;



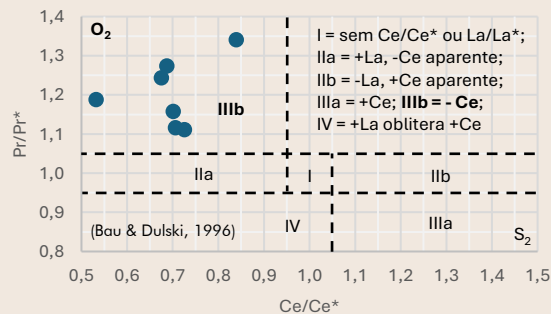
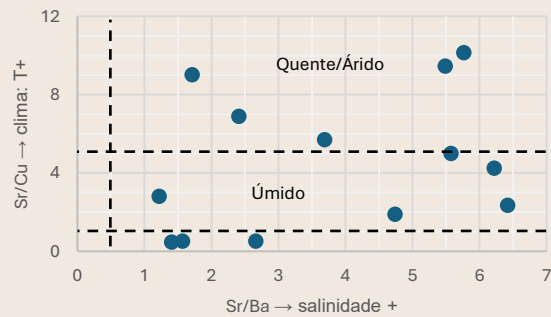
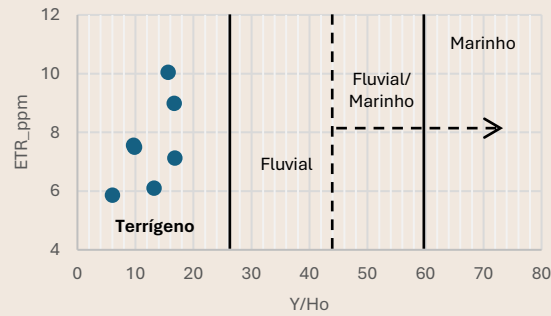
RESULTADOS

INFLUÊNCIA CONTINENTAL X MARINHA

- $Sr/Ba = 3,76 \pm 1,93$ = transicional → marinho ($>0,6$; Li et al., 2020);
- $Y/Ho < 40$ (CCS ~26; Kamber et al., 2005) = input de água doce de rios durante a precipitação dos carbonatos ou zona de água doce/salgada (Zhang & Nozaki, 1996; Nothdurft et al., 2004; Patra & Singh, 2016);
- $\sum ETR \times Y/Ho$: (i) marinho = 44-74 (Bau, 1996); (ii) folhelhos ~28 (Bau, 1996); (iii) PAAS ~27,3 (Frimmel, 2009); (iv) água de rio <60 e \geq PAAS (Lawrence et al., 2006 apud Frimmel, 2009);

SALINIDADE E CLIMA

- Sr/Ba = moderada a alta salinidade ($>0,5$; Wei & Algeoe, 2020), $\uparrow Sr/Ba$: clima quente/árido, evaporação x concentração de sais;
- Sr/Cu : $4,54 \pm 3,36$ = (i) >5 , quente e árido; (ii) 1,3-5, úmido (Ben-Awuah et al., 2017);

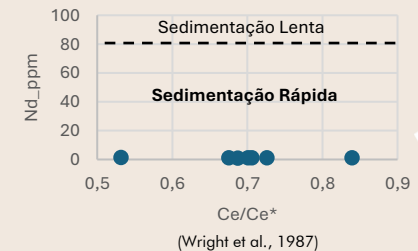
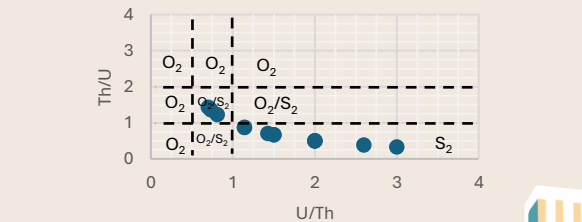
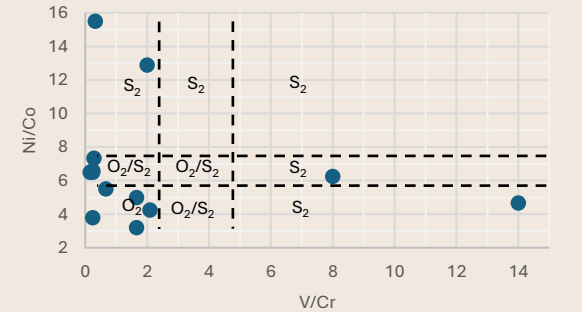
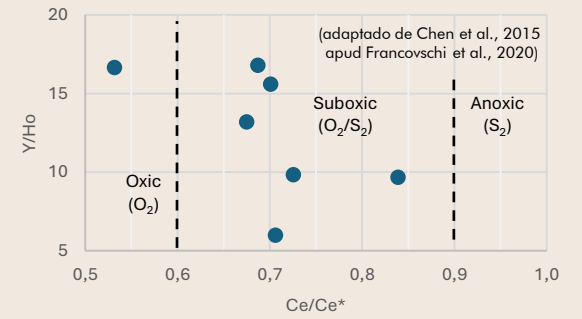


ÓXICO X ANÓXICO

- $Ce/Ce^* = 0,70 \pm 0,08$ ($Ce/Ce^* \times Pr/Pr^*$);
- $Ce/Ce^* \times Y/Ho$;
- $U_{total} = 0,95 \pm 0,23$ ppm (~28 ppm = carbonatos marinhos típicos; Bellanca et al., 1997) e $U_{autigênico} = 0,71 \pm 0,22$ ppm ($U_{total} - (Th/3) < 2$ = condições óxicas; Wignael & Myers, 1988);
- $Mn^* = 1,55 \pm 0,12$ → O_2 ;
- - Ce/Ce^* , $\downarrow U_{total}$ e $U_{autigênico}$, $Mn^* =$ condições óxicas no momento da deposição das rochas encaixantes da mineralização a Zn-Pb-Ag;
- Variações nos valores das razões $V/Ni \times V/Cr-Ni/Co$ e $Th/U \times U/Th =$ oscilações na oxigenação no meio (sulfetação e/ou influência da altura das marés!);

SEDIMENTAÇÃO PROXIMAL X DISTAL

- $Nd \times Ce/Ce^* =$ sedimentação rápida, influência de processos de tração e saltação (!);
- $(Nd/Yb)_N: 0,26 \pm 0,08$ (~0,205-0,497 → profundidade de 50 m para água do mar moderna; De Baar et al., 1985; Zhang & Nozaki, 1996),



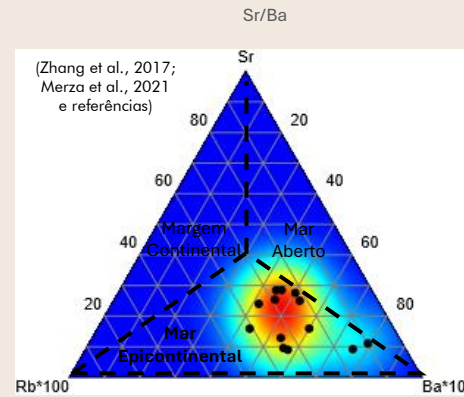
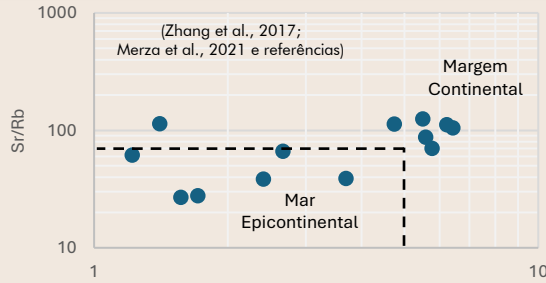
RESULTADOS

AMBIENTE TECTÔNICO

- Diagrama Log Sr/Ba x Log Sr/Rb;
- Gráfico Rb-Sr-Ba;
- Mar epicontinental (“Inland”) com marcante amplitudes de marés (efeito aparente de “mar aberto”);

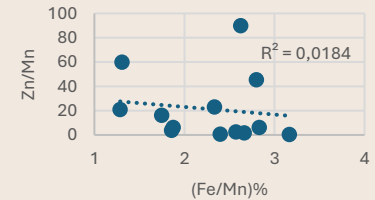
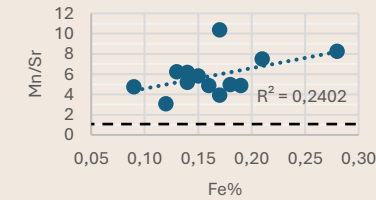
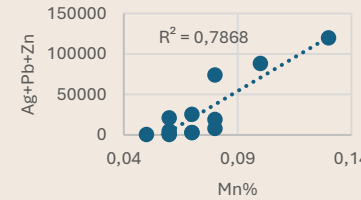
MATRIZ DE CORRELAÇÃO

	Muito forte (<0,85)	Forte (0,85-0,70)	Moderada (0,70-0,55)
Ag	Zn-In-Sn-Cd-Ga-Pb-Cu	Mn-Sb	As-S
Cu	Sb-Ag	As-Ga-In-Zn-Cd-Sn-Pb	Mn
Pb	Ag-Zn-Cd	In-Ga-Sb-Sn-S-Cu	Mn
Zn	In-Ag-Cd-Sn-Ga-Pb-Sb	Cu-Mn	As-S
Mn		Zn-Ag-Cd-S-In	Pb-Sb-Sn-Cu-Ga

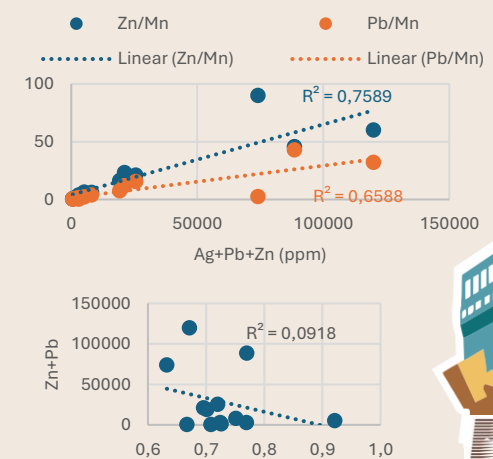


IMPLICAÇÕES METALOGENÉTICAS

- (i) Mn (750 ± 200 ppm) > 500 → influência hidrotermal ou diagênese meteórica; (ii) Sr (130 ± 15 ppm) < 300 → recristalização forte ou dolomitização; (iii) Mn/Sr (6 ± 2) > 1 → diagênese intensa ou influência hidrotermal (Banner & Hanson, 1990);
- \uparrow Mn* + Mn/Sr → adição de Mn por fluidos pós-deposicionais (ex.: dolomitização hidrotermal, águas meteóricas manganíferas) (Brand & Veizer, 1980; Veizer et al., 1999);
- **Correlações positivas entre Ag-Pb-Zn x Mn sugere a participação deste elemento no processo mineralizador, provavelmente como parte de um fluido mineralizante redutor bacinal** (Taylor & Fryer, 1980; Anderson & Macqueen, 1982; Leach & Sangster, 1993; Paradis & Goodfellow, 2012);
- A Formação Bebedouro é uma provável fonte. Em campo, foi observada a presença de pirolusita em fraturas e ao longo do acamamento de litofácies dessa formação na região do povoado São José e adjacências, com certa proximidade do Alvo Raimundinho.



	Ag	As	Cd	Cu	Ga	In	Mn %	P	Pb	S %	Sb	Sn	U	Zn
Ag		0,66	0,91	0,87	0,90	0,95	0,76	0,34	0,90	0,58	0,85	0,91	0,26	0,96
As	0,66		0,76	0,85	0,74	0,68	0,51	0,59	0,53	0,15	0,89	0,65	0,55	0,68
Cd	0,91	0,76		0,81	0,94	0,93	0,72	0,30	0,87	0,50	0,91	0,92	0,30	0,96
Cu	0,87	0,85	0,81		0,85	0,83	0,63	0,40	0,71	0,31	0,87	0,81	0,29	0,82
Ga	0,90	0,74	0,94	0,85		0,92	0,61	0,32	0,81	0,38	0,87	0,92	0,29	0,93
In	0,95	0,68	0,93	0,83	0,92		0,71	0,30	0,81	0,49	0,82	0,98	0,36	0,97
Mn %	0,76	0,51	0,72	0,63	0,61	0,71		0,18	0,70	0,74	0,68	0,66	0,30	0,78
P	0,34	0,59	0,30	0,40	0,32	0,30	0,18		0,19	-0,18	0,42	0,23	0,75	0,26
Pb	0,90	0,53	0,87	0,71	0,81	0,81	0,70	0,19		0,75	0,81	0,81	0,18	0,88
S %	0,58	0,15	0,50	0,31	0,38	0,49	0,74	-0,18	0,75		0,45	0,47	0,05	0,58
Sb	0,85	0,89	0,91	0,87	0,87	0,82	0,68	0,42	0,81	0,45		0,80	0,42	0,86
Sn	0,91	0,65	0,92	0,81	0,92	0,98	0,66	0,23	0,81	0,47	0,80		0,33	0,96
U	0,26	0,55	0,30	0,29	0,29	0,36	0,30	0,75	0,18	0,05	0,42	0,33		0,30
Zn	0,96	0,68	0,96	0,82	0,93	0,97	0,78	0,26	0,88	0,58	0,86	0,96	0,30	



CONCLUSÕES

- ❖ As rochas encaixantes da mineralização sulfetada caracterizada foram formadas em uma região costeira com oxigenação intermitente ocasionada por variações de amplitudes de marés, zona de inter a submaré rasa, onde havia mistura de águas continentais/doces e marinhas/salgadas, o que propiciou a existência de processos de dolomitização primária (“dorag”);
- ❖ Essa sedimentação ocorreu em um mar epicontinental com salinidade moderada a alta, raso (5-50 m), sob clima quente/árido e alta energia, o que pode ter dificultado a atuação de deposição por suspensão e, como consequência, ocasionado os baixos valores de ETR nas rochas amostradas, em provável consonância com atuação de processos pós-deposicionais, em especial os hidrotermais acompanhados de dolomitização secundária;
- ❖ A mineralização é do tipo disseminada, representada por galena e esfalerita, e com aparente controle litofaciológico;
- ❖ Os metais base (Zn-Pb-Cu) e preciosos (Ag) oriundos da própria bacia e/ou de formações/litofácies soterradas mais profundas (Formação Caboclo?) podem ter sido transportados por fluidos intrabaciais redutores em associação com complexos ricos em Mn, através de fraturas/falhas sindiagenéticas e/ou sin a pós-tectônicas (?), e depositados a partir da interação desses fluidos com regiões de mudanças nas condições redox;
- ❖ A influência dos processos de dolomitização secundária na formação da mineralização, apesar da aparente desunião química, dentre outras coisas, devem ser investigados com mais profundidade;
- ❖ Estudos mais detalhados de campo, petrografia e litogeoquímica, em especial, isotópicos (ex.: $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, “Pb”, $\delta^{34}\text{S}$), além de inclusões inclusões fluidas, geofísica terrestre e sondagem, poderão elucidar questionamentos que naturalmente ocorrerão.



REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, B. W.; BAU, M.; ANDERSSON, P.; DULSKI, P. Continentally-derived solutes in shallow Archean seawater: rare earth element and Nd isotope evidence in iron formation from the 2.9 Ga Pongola Supergroup, South Africa. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 72, n. 2, p. 378-394, 2008.
- ANDERSON, G. M.; MACQUEEN, R. W. Mississippi Valley-type lead-zinc deposits. *Economic Geology*, v. 77, n. 3, p. 453-468, 1982.
- BAU, M.; DULSKI, P. Distribution of yttrium and rare-earth elements in the Penge and Kuruman iron-formations, Transvaal Supergroup, South Africa. *Precambrian Research*, v. 79, p. 37–55, 1996.
- BELLANCA, A. et al. Rare earth elements in carbonate rocks: a case study from the Upper Cretaceous Scaglia Formation, central Italy. *Chemical Geology*, v. 129, p. 39–53, 1996.
- BOMFIM, L. F. C. et al. Projeto Bacia de Irecê: Relatório Final. Salvador: CPRM, 1985. Convênio SME-CPRM.
- BOLHAR, R.; VAN KRANENDONK, M. J. A non-marine depositional setting for the northern Fortescue Group, Pilbara Craton, inferred from trace element geochemistry of stromatolitic carbonates. *Precambrian Research*, v. 155, n. 3-4, p. 229-250, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.02.002>.
- BRAND, U.; VEIZER, J. Chemical diagenesis of a multicomponent carbonate system—1: Trace elements. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 50, p. 1219–1236, 1980.
- BRAND, U.; VEIZER, J. Chemical diagenesis of a multicomponent carbonate system—2: Stable isotopes. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 51, p. 987–997, 1981.
- CARRILHO, E. L. V. et al. Projeto Lapão. Salvador: CBPM, [no prelo].
- FAZIO, A. M.; SCASSO, R. A.; CASTRO, L. N.; CAREY, S. Geochemistry of rare earth elements in early diagenetic Miocene phosphatic concretions of Patagonia, Argentina: phosphogenetic implications. *Deep-Sea Research*, v. 54, p. 1414–1432, 2007.
- FRANCOVSKI, I. et al. Rare earth element (REE) enrichment of the late Ediacaran Kalyus Beds (East European Platform) through diagenetic uptake. *Geochemistry*, v. 80, p. 125612, 2020.
- FRIMMEL, H. E. Trace element distribution in Neoproterozoic carbonates as palaeoenvironmental indicator. *Chemical Geology*, v. 258, p. 338–353, 2009.
- GARNIT, H.; BOUHLEL, S.; BARCA, D.; CHTARA, C. Application of LA-ICP-MS to sedimentary phosphatic particles from Tunisian phosphorite deposits: Insights from trace elements and REE into paleo-depositional environments. *Chemie der Erde*, v. 72, p. 127–139, 2012.
- GAO, L. et al. Studies on geochemical characteristics and biomineralization of Cambrian phosphorites, Zhijin, Guizhou Province, China. *PLoS ONE*, v. 18, n. 2, e0281671, 2023.
- KAMBER, B. S. et al. Trace element systematics of carbonate rocks: constraints from Y/Ho and REE data. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 69, p. 2595–2612, 2005.
- KHELEN, A.; MANIKYAMBA, C.; SUBRAMANYAM, K. S. V.; RAZA, W. Geochemistry of the Neoproterozoic Dodguni carbonates of Chitradurga greenstone belt, Dharwar Craton, India: implications on depositional environment. *Geological Journal*, v. 58, n. 6, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/gj.4616>.
- LEACH, D. L.; SANGSTER, D. F. Mississippi Valley-type lead-zinc deposits. In: KIRKHAM, R. V.; SINCLAIR, W. D.; THORPE, R. I.; DUKE, J. M. (eds.). *Mineral Deposit Modeling*. Geological Association of Canada, Special Paper 5, p. 289-314, 1993.
- LI, L. et al. Petrographic, rare earth elemental and isotopic constraints on the dolomite origin: a case study from the Middle-Upper Cambrian Xixiangchi Formation in Eastern Sichuan Basin, Southwest China. *Minerals*, v. 12, p. 1224, 2022.
- MCLUENNAN, S. M. Rare earth element geochemistry of sedimentary rocks: shale. In: HENDERSON, P. (ed.). *Rare earth element geochemistry*. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 169-200.
- MCLUENNAN, S. M. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, v. 2, n. 2000GC000109, 2001.
- MISI, A. As mineralizações de Pb-Zn-F-Ba do Vale do Rio Jacaré, Bahia e seu contexto geológico. 1973. Tese (Doutorado).
- MISI, A. As sequências Bambuí no Estado da Bahia e as mineralizações de chumbo-zinco associadas. 1976. Tese (Doutorado).



REFERÊNCIAS

- MISI, A. Ciclos de sedimentação e mineralizações de chumbo-zinco nas sequências Bambuí (Supergrupo São Francisco), Bahia. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1978, Recife. Anais [...]. Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978. v. 6. p. 2548-2561.
- MISI, A.; SOUTO, P. G. Controle estratigráfico das mineralizações de chumbo, zinco, fluor e bário do Grupo Bambuí, parte leste da Chapada de Irecê. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 5, n. 1, p. 30-45, 1975.
- MUSTAFA, M. et al. Rare earth element geochemistry of carbonate-hosted mineralizations. *Minerals*, v. 13, n. 1, p. 1-20, 2023.
- NELSON, G. J.; PUF AHL, P. K.; HIATT, E. E. Paleocyanographic constraints on Precambrian phosphorite accumulation, Baraga Group, Michigan, USA. *Sedimentary Geology*, v. 226, p. 9–21, 2010.
- NOTHDURFT, L. D. et al. Rare earth elements in early diagenetic marine carbonates. *Chemical Geology*, v. 207, p. 1–21, 2004.
- OLIVEIRA, J. E. et al. Projeto Geoquímica do Bambuí: Levantamento Regional. Etapa 1, Bahia, Relatório Final. Salvador: CPRM, 1977. Convênio DNPM-CPRM.
- ÖZYURT, M.; KIRMACI, M. Z.; AL-AASM, I.; HOLLIS, C.; TASLI, K.; KANDEMIR, R. REE characteristics of Lower Cretaceous limestone succession in Gümüşhane, NE Turkey: implications for ocean paleoredox conditions and diagenetic alteration. *Minerals*, v. 10, n. 8, art. 683, 2020. DOI: 10.3390/min10080683.
- PARADIS, S.; GOODFELLOW, W. D. Geology of Canadian MVT deposits. Geological Survey of Canada, Open File 7195, 2012. 315 p.
- PEDREIRA, A. J. et al. Projeto Bacia de Irecê II: Relatório Final. Salvador: CPRM, 1987. Convênio DNPM-CPRM.
- RIBEIRO, T. S. Mineralizações de fosfato Paleoproterozoico no nordeste do Cráton do São Francisco: condições paleoambientais e o Evento Lomagundi-Jatuli. 2023. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Paulista, Salvador, 2023.
- REYNARD, B. et al. Adsorption of rare earth elements onto carbonate minerals: experimental evidence and geochemical implications. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 63, p. 863–869, 1999.
- SHIELDS, G.; STILLE, P. Diagenetic constraints on the use of cerium anomalies as palaeoseawater redox proxies: an isotopic and REE study of Cambrian phosphorites. *Chemical Geology*, v. 175, p. 29–48, 2001.
- SHUAIB, M. et al. Rare-earth element (REE) geochemistry of late Paleocene–middle Eocene phosphate nodules in the Subathu Basin of Solan District, Himachal Pradesh, India. *Journal of Sedimentary Environments*, v. 6, p. 1-12, 2021.
- SOUZA, S. L. de et al. Projeto Análise Faciológica e Metalogenética da Bacia de Irecê. Salvador: CBPM, 2002.
- SOUZA, S. L. de et al. Estratigrafia, sedimentologia e recursos minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê, Bahia. Salvador: CBPM, 1993. (Arquivo Aberto 2).
- TAYLOR, S. R.; FRYER, B. J. Rare earth element geochemistry of carbonate-hosted Pb-Zn deposits. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 72, p. 59-72, 1980.
- TAYLOR, S. R.; MCLUENNAN, S. M. The continental crust: its composition and evolution. Oxford: Blackwell, 1985.
- VEIZER, J. et al. Geochemistry of carbonates: major and trace elements. In: *Sedimentary Geology*. Amsterdam: Elsevier, 1999. p. 1-100.
- WANG, X.; GUO, J.; TAO, L.; DENG, J.; MA, C. Paleoproterozoic tectonic evolution of the Yangtze Craton: evidence from magmatism and sedimentation in the Susong area, South China. *Precambrian Research*, v. 365, p. 106390, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106390>.
- WIGNAELL, C.; MYERS, J. Rare earth element distribution and uranium content of carbonate rocks: implications for paleo-redox conditions. *Sedimentary Geology*, v. 58, p. 1–18, 1988.
- WRIGHT, J.; SCHRADER, H.; HOLSER, W. T. Paleoredox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 51, p. 631–644, 1987.
- ZHANG, H.; NOZAKI, Y. Behavior of rare earth elements in seawater at the ocean margin: implications for paleoceanography. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 60, p. 4631–4644, 1996.
- ZHANG, Z. et al. Geochemistry of carbonate-hosted Zn-Pb mineralization: constraints from Sr-Rb-Ba systematics. *Ore Geology Reviews*, v. 80, p. 101–118, 2017.



AGRADECIMENTOS

- À CBPM, por existir e pelo papel no estímulo à exploração e pesquisa mineral;
- Ao geólogo Samuel Leal de Souza (*in memoriam*), pela amizade e disponibilidade em passar os “bizus” ao longo de sua caminhada geológica;

