

INFORME TÉCNICO

NÚMERO 27

Brasília, junho de 2025 ISSN: 2448-2242 DOI: http://doi.org/10.29396/itcprm.2025.27

OCORRÊNCIAS DE ELEMENTOS TERRAS RARAS E URÂNIO NA BORDA ORIENTAL DA BACIA DO PARNAÍBA, ESTADO DO PIAUÍ: ABORDAGEM COM DADOS GEOLÓGICOS E GEOQUÍMICOS

AUTORES

Nilo Costa Pedrosa Junior¹ (nilo.pedrosa@sgb.gov.br) Douglas Almeida Silveira² (douglas.silveira@sgb.gov.br) Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho3 (paulo.benevides@sgb.gov.br) Carolina Reis3 (carolina@sgb.gov.br)

Serviço Geológico do Brasil – Residência de Teresina¹; Superintendência de Belo Horizonte²; Superintendência de Salvador³

ABSTRACT

During the Geology and Mineral Potential Project of the Eastern Border of the Parnaíba Basin, mineral occurrences related to phosphatic and radioactive rocks were found. There is a higher concentration of these rocks in Devonian lithostratigraphic units (Itaim, Pimenteira, and Longá formations). Based on the results of chemical analyses in total rock, it was also found that these samples are enriched in rare earth elements (REEs, including Y) and uranium. A total of 39 new occurrences of these rocks have been registered. Notably, in the study area, phosphatic concretions exhibit P_2O_5 contents ranging from 16% to 27% and average concentrations of $\Sigma RREs+Y_2O_3$ of 0.4%, with an anomalous station containing a surprisingly high value of 2.3% of $\Sigma RREs+Y_2O_3$. These values mark the phosphatic concretions of the Parnaíba Basin as one of the most enriched in REEs in the world. The phosphatic sandstones and the sandstones rich in REEs have REE contents averaging 0.2% $\Sigma REO+Y_2O_3$, with a maximum of 0.4% $\Sigma REO+Y_2O_3$. Uranium concentrations range from 9 ppm to 1,270 ppm. A preliminary assessment indicates that these rocks fall within promising to highly promising zones for the economic development of a REE deposit. This scenario, based on the high demand for critical and strategic minerals, could place the Parnaíba Basin on the radar of major companies for further exploration of these mineralizations.

Keywords: REEs, Phosphatic concretions, Uranium, Parnaíba basin

RESUMO

Durante o Projeto Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba foram encontradas ocorrências minerais relacionadas a rochas fosfáticas e radioativas. Há uma concentração maior dessas rochas em unidades litoestratigráficas devonianas (formações Itaim, Pimenteira e Longá). Com o resultado de análises químicas em rocha total verificou-se, também, o enriquecimento dessas amostras em elementos terras raras (ETRs, incluindo Y) e urânio. Foram cadastradas 39 novas ocorrências dessas rochas. Destacam-se na área de estudo concreções fosfáticas que apresentam teores entre 16% e 27% de P_2O_5 e concentrações médias do $\Sigma TRO+Y_2O_3$ de 0,4%, além de estação anômala que contém valor surpreendentemente elevado de 2,3% de $\Sigma TRO+Y_2O_3$. Estes valores marcam as concreções fosfáticas da Bacia do Parnaíba como uma das mais enriquecidas em ETRs do mundo. Os arenitos fosfáticos e os arenitos ricos em ETRs possuem valores de ETRs com média de 0,2% $\Sigma TRO+Y_2O_3$ e máximo de 0,4% de $\Sigma TRO+Y_2O_3$. Os teores de urânio variam de 9 ppm a 1.270 ppm. Uma avaliação preliminar indica que essas rochas estão posicionadas dentro de áreas promissoras a altamente promissoras para o desenvolvimento econômico de um depósito de ETRs. Este cenário, baseado na grande demanda por minerais críticos e estratégicos, pode colocar a Bacia do Parnaíba no roteiro de grandes empresas para o deta-lhamento dessas mineralizações.

Keywords: REEs, Phosphatic concretions, Uranium, Parnaíba basin

INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos há uma verdadeira corrida na busca por recursos minerais, principalmente aqueles que estão dentro de um contexto sustentável. A saber, os minerais críticos e estratégicos são cruciais na cadeia de suprimentos da indústria e na segurança econômica nacional. O SGB-CPRM tem promovido ações que estimulam o crescimento mineral em reservas já conhecidas e também a descoberta de novos depósitos em âmbito nacional.

O risco de abastecimento de elementos de terras raras (ETRs, incluindo Y) para a transição tecnológica e energética de baixo carbono destacou a necessidade de novas fontes (Sovacool et al., 2020). Estudos recentes identificaram fosforitos, rochas ricas em fosfato já exploradas para fertilizantes, como potenciais reservas de ETRs (Emsbo et al., 2015; Buccione et al., 2021; Valetich et al., 2022). A extração de ETRs como subproduto da mineração de fosforitos pode garantir um fornecimento mais sustentável e reduzir a dependência de fontes mais tradicionais desses materiais estratégicos, além de promover um melhor aproveitamento dos depósitos minerais, envolvendo o modelo de Economia Circular. Com os investimentos em P&D necessários, isso pode tornar os fosforitos fontes potenciais e promissoras para o fornecimento industrial de ETRs no futuro próximo.

A Bacia do Parnaíba é intracratônica, com evolução paleo a mesozoica e ocupa uma área de aproximadamente 600.000 km² na região nordeste do Brasil (Figura 1). As formações Itaim, Pimenteira e Longá, pertencentes ao Grupo Canindé, depositadas, majoritariamente, em ambiente marinho durante o Devoniano (Vaz *et al.*, 2007) destacam-se como áreas-alvo na ocorrência de fosfato com ETRs (Emsbo *et al.*, 2015; Abram, 2020). Na região do MATOPIBA (Figura 1), acrônimo para uma parte do nordeste do Brasil com forte expansão agrícola, há uma demanda importante e crescente por fertilizantes. Intensificar pesquisas geológicas e ampliar o conhecimento na região são fatores decisivos para a descoberta de novos depósitos minerais, principalmente o fosfato. Além disso, a região se mostra com potencial para a exploração de minerais críticos e estratégicos.

Neste estudo são apresentados dados geológicos e geoquímicos sobre ocorrências de concreções fosfáticas e arenitos radioativos enriquecidos em ETRs e U, identificados nas porções leste e nordeste do Piauí. Esses dados foram obtidos durante as pesquisas do Projeto Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba, executado pela Residência de Teresina. Fornecemos, também, um comparativo com depósitos semelhantes que ocorrem a nível global.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A área estudada está inserida na porção oriental da Bacia do Parnaíba, compondo especificamente, as porções leste e nordeste do Piauí e extremo oeste e noroeste do Ceará (Figura 1). Este projeto foi realizado a partir da cartografia geológica e do levantamento de recursos minerais na região da bacia em 05 folhas cartográficas de escala 1:250.000 (folhas Granja, Piripiri, Crateús, Valença do Piauí e Picos; Figura 1).

Ao longo da borda leste da bacia afloram rochas do Grupo Serra Grande - porção basal, que representam arenitos grossos a conglomeráticos, formados em ambientes continentais fluvial e glacial (formações Jaicós e Ipu; Barrera; Nogueira; Bandeira, 2020) com incursões marinhas restritas (Formação Tianguá; Figura 2). O Grupo Canindé é formado, da base para o topo, pelas formações: a) Itaim (unidade litoestratigráfica definida em superfície no âmbito do projeto; Pedrosa Jr. et al., 2023; Lopes et al., 2023; Pedrosa Jr. et al., 2024; Correa et al., 2024; Lopes et al., 2024; Figura 2), que abrange arenitos finos e micáceos, cujas estruturas sedimentares indicam ambiente transicional e marinho raso com ação de tempestades; b) Pimenteira (Figura 2), formada por folhelhos roxos e arenitos finos bioturbados e níveis fosfáticos de ambientes deltaicos e marinho com tempestitos (Della Fávera, 1990; Agostinho et al., 2012); c) Cabecas, composta por arenitos finos a médios e estruturas sedimentares diversas indicando ambientes flúvio-deltaicos dominado por inundações e glacial (Ponciano; Della Fávera, 2009; Barbosa; Nogueira; Domingos, 2015); d) Longá (Figura 2), que é representada por folhelhos cinza escuros e arenitos finos com níveis heterolíticos, bioturbados e horizontes calcíferos e fosfáticos de ambiente plataformal dominado por tempestades e shoreface (Góes; Feijó, 1994; Caputo, 1984); e e) Poti, associada a arenitos finos a médios amarelados cuja estruturas sedimentares marcam ambientes deltaico/estuarino, litorâneo e fluvial (Góes, 1995).

Ocorrem soleiras e diques de gabros relacionados às suítes Sardinha e Pedro II (Figura 2). Estes eventos magmáticos deram-se no Jurássico e Cretáceo (CAMP e EQUAMP) dentro do contexto do Gondwana Ocidental e da Plataforma Sul-americana (Hollanda *et al.*, 2019). As demais unidades litoestratigráficas da bacia não afloram na área de estudo.

OCORRÊNCIA DE ROCHAS FOSFÁTICAS

O potencial para a prospecção de rochas fosfáticas e mineralizações uraníferas na Bacia do Parnaíba e no estado do Piauí é conhecido desde a década de 60, com trabalhos realizados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN.

Os resultados do Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba: Integração Geológico-Metalogenética (Lima; Leite, 1978) indicavam as formações Pimenteira e Longá como regiões potenciais para a exploração de rochas fosfáticas. Os autores, baseados em dados geológicos e geoquímicos, apontaram indícios em vários níveis litológicos. Mostraram boa cor-



Figura 1: Mapa de localização da área de estudo dentro do contexto da Bacia do Parnaíba e os principais recursos minerais cadastrados no projeto da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba. Fonte: os autores.

relação linear entre os valores de P_2O_5 , F e Ca e associação geoquímica com urânio para as rochas fosfáticas da Formação Pimenteira. Estimaram que a espessura dos níveis fosfatados varia de poucos centímetros a camadas com cerca de 20 m. O urânio, estudado por meio de levantamentos radiométricos, foi identificado, principalmente, associado às ocorrências de fosfato e arenitos ferruginosos (> 5.000 cps).



Figura 2: Mapa geológico simplificado do projeto com o detalhamento das novas e principais ocorrências minerais relacionados às rochas fosfáticas e arenitos radioativos ricos em U e ETRs. Fonte: os autores.

O Projeto Fosfato de São Miguel do Tapuio (Oliveira; Barros, 1976) investigou de forma detalhada os níveis fosfáticos que ocorrem na região da cidade homônima. Os resultados mostraram mineralizações fosfáticas ao longo de toda Formação Pimenteira, com destague para três eventos fosfatogênicos, quais sejam: i) fosfatos em rochas carbonáticas oolíticas (< 6,3% P₂O₅); ii) fosfato nodular (> 18% P_2O_5) e; iii) fosfato disseminado em arenitos. A espessura da formação foi estimada em 130 m, com horizontes fosfáticos identificados em furos de sondagem (entre 0,5 e 1 m de espessura e reserva estimada em 2,5 milhões de toneladas por km²), colocado, na época, como potencial econômico considerável.

Mais recentemente, Abram (2020) analisou os fosforitos, concreções fosfáticas e *ironstones* fosfáticos da Formação Pimenteira na borda leste da Bacia do Parnaíba. Os resultados trouxeram avanços importantes sob a ótica da estratigrafia de sequências e a gênese dessas rochas. O trabalho supõe que as condições paleoclimáticas no Devoniano e as altas taxas de sedimentação na plataforma não foram favoráveis para o acúmulo de fosforitos econômicos. Contudo, revela que altas concentrações de ETRs podem representar potencial econômico agregado para os fosforitos.

NOVAS OCORRÊNCIAS DE ROCHAS FOSFÁTICAS E ARENITOS RADIOA-TIVOS ENRIQUECIDOS EM ETRs

Foram identificadas 39 novas ocorrências minerais anômalas (P, ETRs e/ou U) em concreções fosfáticas, arenitos fosfáticos e siltitos ou arenitos radioativos ou não ricos em ETRs e, majoritariamente, pertencentes às formações Itaim, Pimenteira e Longá (Tabela 1; Figura 2). Em menor proporção, algumas ocorrências situam-se em afloramentos da Formação Cabeças. As amostras de rochas foram separadas e analisadas para determinação da composição química de elementos principais e traços, a fim de elucidar o potencial para prospecção de fosfatos, urânio e elementos terras raras. Os trabalhos de campo foram realizados com o auxílio de gamaespectrômetro portátil RS-125 da Radiation Solutions. Todas as amostras apresentam radiação moderada a alta (1.500 - > 10.000 cps).

Tabela 1: Localização (Coordenadas geográficas – SIRGAS2000), principais características geológicas e teores de P₂O₅, TROs+Y₂O₃ e U das ocorrências minerais cadastradas na borda oriental da Bacia do Parnaíba.

Estação	Latitude	Longitude	Município	Rocha	Unidade Litoestratigráfica	P ₂ O ₅ (%)	TRO+Y ₂ O ₃ (%)	U (ppm)
AP-001A	-6,292	-41,458	Pimenteiras/PI	Arenito	Formação Pimenteira	3,6	0,086	62
AP-004	-6,308	-41,447	Pimenteiras/PI	Arenito	Formação Pimenteira	0,6	0,150	37
AP-005A	-6,276	-41,469	Pimenteiras/PI	Arenito	Formação Pimenteira	1,4	0,105	31
AP-020B						17,5	0,228	22
AP-020C	-6,044	-41,384	São Miguel do Tapulo/Pl	Concreção fosfática	Formação Itaim	16,8	0,054	10
AP-031	-6,108	-41,447	São Miguel do Tapuio/Pl	Concreção fosfática	Formação Pimenteira	17,0	2,263	761
AP-041	-6,838	-41,926	São João da Varjota/Pl	Concreção fosfática	Formação Itaim	20,2	0,309	140
CM-037A	-6,403	-41,975	Novo Oriente do Piauí/Pl	Argilito	Formação Pimenteira	2,7	0,185	116
CR-013D	-5,482	-41,974	São João da Serra/PI	Arenito fosfático	Formação Pimenteira	5,9	0,106	43
CR-025AI	6 450	41.071	Novo Oriento do Diouí/DI	Arcilita	Formação Longó	3,5	0,123	37
CR-025AM	-0,459	-41,971	Novo Oriente do Plaul/Pl	Argilito	Formação Longa	1,1	0,139	15
CR-039C	5 024	41.022	Canta Cruz das Mila russ (DI		Ferrer eñ e l en e é	26,1	0,395	1268
CR-039D	-5,924	-41,832	Santa Cruz dos Milagres/Pl	Concreção rostatica	Formação Longa	23,5	0,592	795
NP-074	-6,042	-41,813	Aroazes/PI	Concreção fosfática	Formação Longá	20,1	0,58	9
NP-077	-6,490	-41,940	Novo Oriente do Piauí/Pl	Arenito fosfático	Formação Pimenteira	4,7	0,09	107
NP-117	-7,217	-41,393	Geminiano/PI	Concreção fosfática	Formação Itaim	18,2	0,256	81
NP-161	-7,005	-41,377	Sussuapara/PI	Concreção fosfática	Formação Longá	26,8	0,151	37
NP-209	-7,482	-41,569	Itainópolis/PI	Arenito	Formação Pimenteira	0,9	0,156	21
NP-251	-7,421	-41,567	Itainópolis/PI Arenito		Formação Cabeças	1,7	0,111	25
NP-268	-7,355	-41,438	Itainópolis/PI	Concreção fosfática	Formação Longá	19,6	0,320	479
NP-320	-7,779	-41,922	Simplício Mendes/PI	Arenito	Formação Longá	0,2	0,148	23
NP-321A	7 770	41.020	Circuplícia Mandaa/D	Averite	Fauna añ a Dimenstaire	0,2	0,283	30
NP-321B	-7,779	-41,920	Simplicio Mendes/Pi	Arenito	Formação Pimenteira	0,2	0,270	28
NP-335A	-7,802	-41,713	Isaías Coelho/PI	Arenito	Formação Longá	0,2	0,141	15
NP-343	-7,938	-41,989	Bela Vista do Piauí/Pl	Arenito fosfático	Formação Pimenteira	1,2	0,055	36
NP-349A						2,4	0,386	8
NP-349B	-7,971	-41,855	Bela Vista do Piauí/Pl	Arenito fosfático	Formação Pimenteira	4,9	0,125	9
NP-349C						0,1	0,136	12
NP-356	-7,866	-41,698	Conceição do Canindé/Pl	Arenito	Formação Pimenteira	0,2	0,208	23

INFORME TÉCNICO 27

Tabela 1: Localização (Coordenadas geográficas – SIRGAS2000), principais características geológicas e teores de P₂O₅, TROs+Y₂O₃ e U das ocorrências minerais cadastradas na borda oriental da Bacia do Parnaíba (continuação).

Estação	Latitude	Longitude	Município	Rocha	Unidade Litoestratigráfica	P ₂ O ₅ (%)	TRO+Y ₂ O ₃ (%)	U (ppm)
NP-356	-7,866	-41,698	Conceição do Canindé/PI	Arenito	Formação Pimenteira	0,2	0,208	23
NP-372A						16,0	0,343	39
NP-372B NP-372C	7 202	41 507	Diana/DI		Farma añ a Dire antaire	22,3	0,479	79
	-7,203	-41,587	PICOS/PI	Concreção fosfática	Formação Pimenteira	21,2	0,413	68
NP-372D						21,5	0,448	75
PB-001B	-7,689	-41,439	Patos do Piauí/Pl	Arenito	Formação Itaim	0,1	0,173	14
PB-018B	5 022	41.021	Canta Cruz das Milagues (Di	Con mon a for fittion	Formação Longé	17,2	0,358	771
PB-018C	-5,922	-41,831	Santa Cruz dos Milagres/Pl	Concreção fosfática	Formação Longa	19,1	0,247	643
PB-019	-5,940	-41,815	Santa Cruz dos Milagres/Pl	Concreção fosfática	Formação Longá	22,7	0,381	409
PB-020	-7,222	-41,360	Geminiano/Pl	Concreção fosfática	Formação Itaim	21,6	0,297	137
PB-066	-4,431	-41,101	Croatá/CE	Arenito fosfático	Formação Itaim	9,2	0,054	749

As concreções fosfáticas da bacia ocorrem exclusivamente no contexto das formações Itaim, Pimenteira e Longá (Tabela 1; Figura 3a) e apresentam-se em geral com formato nodular (Estação AP-031; Figura 3b). Alguns afloramentos formam estreitas camadas ou lentes de dimensões centimétricas a métricas e estão posicionadas entre estratos plano-paralelos de arenitos finos (Estação CR-039; Figura 3c) e, por vezes, posicionam-se no contato entre litologias distintas, como é o caso da estação NP-268 (Figura 3d). Essas rochas têm densidade elevada quando comparadas às rochas sedimentares da bacia, estrutura maciça concêntrica e coloração variada, desde tons esbranquiçados, amarelados e avermelhados. A estação NP-372 apresenta concreções fosfáticas de coloração acinzentada com vênulas avermelhadas de mineralogia ainda desconhecida (Figura 3e) e elevado conteúdo de material radioativo (> 10.000 cps). Os litotipos que apresentam tais concreções têm espessura de cerca de 15 m e distribuição espacial indefinida. Em alguns trechos, os níveis fosfáticos concentram maior quantidade de minerais radioativos (> 6.000 cps). Esta característica é observada, principalmente, ao longo de falhas e fraturas que se interceptam (Figura 3f), a exemplo da estação NP-074, onde o conjunto de fraturas subverticais de direção NE-SW e NW-SE (planos de fratura: 88/305; 80/010) apresentam acúmulo de minerais radioativos.

Os arenitos ricos em ETRs ocorrem em sua maioria associados às formações Itaim, Pimenteira e Longá e em um ponto da Formação Cabeças (Pedrosa Jr. *et al.*, 2024; Lopes *et al.*, 2024; Figura 1; Tabela 1). Em geral, os arenitos são muito finos (Figura 4a) a médios, de coloração variada com tendência a tons avermelhados a amarronzados em função do alto conteúdo de minerais ferruginosos (Figura 4b). Apresentam, por vezes, textura mosqueada com nódulos cinza escuros (Figura 4c) e esbranguicados (Figura 4d) com intenso fraturamento e elevado conteúdo radioativo (> 1.500 cps). Arenitos finos de coloração acinzentada, laminação plano-paralela e com vênulas preenchidas por minerais avermelhados, possivelmente argilominerais, apresentam alto conteúdo radioativo (> 2.000 cps) e elementos terras raras (0,4% do Σ TRO+Y₂O₂; Figura 4e). Foi realizada análise petrográfica da estação PB-066, que mostra arenito fino a médio, formado por grãos de quartzo moderadamente selecionados e subangulosos. A matriz da rocha é de origem bioquímica. As bordas dos grãos de quartzo apresentam--se corroídas por ação, provavelmente, de um fluido hidrotermal que atuou na matriz mais fosfatada desenvolvendo minerais como titanita e clorita em cristais euédricos a subédricos (Figura 4f). A atividade hidrotermal pode ter contribuído para o enriquecimento em elementos radioativos e terras raras presentes nas rochas. Outra possibilidade é que o acúmulo de urânio e ETRs esteja relacionado a processos autigênicos. Durante a diagênese, também podem ocorrer reacões químicas que corroem os grãos de quartzo (Figura 4f), modificando sua forma e estrutura original.

ANÁLISE GEOQUÍMICA DAS OCORRÊNCIAS

Foram selecionadas 52 amostras de rocha para análises por Fluorescência de Raios X para dosar os óxidos maiores e espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) para medir os elementos menores e traços (Apêndice I: material suplementar).

O critério de classificação adotado para as rochas analisadas teve como base o teor de fosfato nas amostras. Rochas com teor superior a 16% de P_2O_5 foram classificadas como fosforitos, entre 4% e 16% como arenito fosfático (Greensmith, 1989) e menor que 4% como arenitos ricos em ETRs por apresentarem conteúdo de ETRs+Y em torno de 1.000 ppm ou superior. Foram incorporadas 13 amostras, entre arenitos fosfáticos e radioativos e ricos em ETRs, de projetos prévios com intuito de tornar as análises geoquímicas mais robustas (Abram *et al.*, 2016; Apêndice I).

As concreções fosfáticas possuem teores de P_2O_5 entre 16% e 27% (18 amostras; Apêndice I), em média 20%, e CaO entre 0,2% e 36%, em média 25%. Esta condição é atrelada ao forte conteúdo mineral de apatita e está quase sempre associada a teores elevados de ETRs (Pan; Fleet, 2002). Com exceção de uma amostra

com 16% de P_2O_5 e 0,2% de CaO e mais baixo teor de ETRs+Y (456 ppm), todas as outras apresentam teores maiores que 1.000 ppm de ETRs+Y (Apêndice I), com média de 3.000 ppm. Essas correlações, seus significados e implicações serão investigados em etapas futuras. Tem destaque a amostra da estação AP-031 com 17% de P_2O_5 e 19.000 ppm de ETRs+Y, considerado *outlier* nesse estudo (valores não usados na matriz de correlação; Figura 5). Além disso, as concreções fosfáticas possuem teores de U variando entre 9 a 1.300 ppm, em média 325 ppm e teores de Th variando entre 7 a 1.718 ppm, em média 600 ppm.



Figura 3: Rochas fosfáticas – localização na Figura 2 e teores na Tabela 1: a) Visão geral da estação PB-020 com presença de nódulos fosfáticos; b) Concreção fosfática com alto teores de P, U e ETRs (Estação AP-031); c) Horizonte fosfático e radioativo (Estação CR-039) e arenito fino com estratificação plano-paralela; d) Nível fosfático de espessura centimétrica (Estação NP-268) posicionado entre litologias distintas; e) Nódulo fosfático radioativo com vênulas concêntricas de cor vermelha (Estação NP-372) e; f) Horizonte fosfático fraturado (Estação NP-074). Fonte: os autores.

INFORME TÉCNICO 27



Figura 4: Arenitos fosfáticos e ricos em ETRs: a) Arenito fino com estratificação plano-paralela (CM-037A); b) Arenito ferruginoso com estrutura maciça (NP-320); c) Arenito médio argiloso com textura mosqueada (Estação NP-321); d) Arenito fino com nódulos esbranquiçados de textura mosqueada (Estação NP-349C); e) Arenito fino com laminação plano-paralela e vênulas ferruginosas entre os estratos (NP-349A; Figura 2) e; f) microfotografia de arenito fino a médio (PB-066), apresentando bordas dos grãos de quartzo corroídas e minerais radioativos na matriz/cimento. Cl: Clorita; Qz: Quartzo; Ti: Titanita. Fonte: os autores.

Os arenitos fosfáticos (12 amostras; Apêndice I) apresentam teores de P_2O_5 entre 4% e 11%, em média 7%, e CaO entre 0,2% e 15%, em média 5%, podendo ou não estar associado com enriquecimento em ETRs. O conteúdo de ETRs+Y varia de 360 até 2.220 ppm e média de 1.160 ppm.

Os arenitos ricos em ETRs (22 amostras; Apêndice I) possuem teores de P_2O_5 entre 0,1% e 3%, em média 1,2%, e CaO entre 0,01% e 4%, em média 1,2%. Apesar do baixo teor de P_2O_5 , possuem conteúdo de ETRs+Y significativo, variando de 730 até 5.700 ppm e média de 1.720 ppm. Este enriquecimento de ETRs, sem relação com P_2O_5 e CaO, deve estar relacionado a concentração de minerais pesados em ambientes deposicionais específicos, como praias e sistemas fluviais, sendo produto de fontes ígneas e/ou metamórficas próximas. A presença de teores elevados de TiO_2 (> 7%) e Zr (> 10.000 ppm) em algumas amostras reforçam essa ideia. Em geral, os arenitos ricos em ETRs apresentam alto conteúdo de arcabouço terrígeno e notável contribuição e cimentação por óxidos. Processos de laterização ocorrem em algumas amostras, marcadas por teores mais elevados de óxidos de alumínio e ferro.

A Figura 5 apresenta a matriz de correlação entre os principais elementos e óxidos. Os resultados mostram forte correlação positiva entre P_2O_5 e CaO e boa correlação entre P_2O_5 e U. Por sua vez, o SiO₂ tem boa correlação negativa com P_2O_5 e CaO. Isso mostra que a colofana é o principal componente da matriz, enquanto os silicatos - especialmente o quartzo - formam a estrutura principal (arcabouço) da rocha. Em outras palavras, quanto mais matriz a rocha tem, maior tende a ser seu teor de P_2O_5 . Há algumas exceções, porém, em que o fósforo é alto, mesmo com pouco CaO. A boa correlação positiva entre ETRs+Y e o Th sugere a presença de óxidos radioativos de origem detrítica no arcabouço de algumas dessas rochas (p. ex., Th em areias monazíticas). Todavia, isso deve ser melhor definido em etapas futuras com análises mais robustas dos minerais.



Figura 5: Matriz de correlação dos principais elementos e óxidos analisados. Nota: *p< 0,5 **p < 0,01 e ***p < 0,001. Fonte: os autores.

DISCUSSÕES - COMPARAÇÃO COM OUTROS DEPÓSITOS

Emsbo *et al.* (2015) analisaram 23 depósitos de fosforitos nos Estados Unidos que sugerem o alto potencial para a prospecção de ETRs. Alguns depósitos americanos do Devoniano contêm teores de 18.000 ppm de ETRs totais, pouco inferior ao máximo valor encontrado na Bacia do Parnaíba (Figuras 2 e 3a). A extração de ETRs em rochas fosfáticas não configura um grande desafio tecnológico e ambiental, experimentos usando técnica de lixiviação com H_2SO_4 e HCl diluídos foram capazes de recuperar quase 100% do conteúdo total desses elementos (Emsbo *et al.*, 2015).

O potencial econômico de fosforitos com concentrações significativas de elementos terras raras foi discutido no trabalho de Valetich *et al.* (2022) na Bacia Georgina, Austrália – Paleozoico inferior. Os autores revelaram que as rochas fosfáticas apresentam teores de até 5.330 ppm de ETRs totais. Indicaram que a mineralização dos ETRs é altamente promissora e sugerem que sejam usados na indústria como subproduto. Buccione *et al.* (2021) estudaram depósitos de fosfatos mesozoicos e cenozoicos na Tunísia, Argélia e Marrocos. Os resultados de análises químicas mostram valores médios de 300 ppm e máximo de 1.760 ppm. A nível de comparação, esses valores são menores, em uma ordem de grandeza, do que os ETRs totais encontrados na Bacia do Parnaíba. Em contrapartida, na Bacia do Parnaíba, os teores são restritos a níveis centimétricos e majoritariamente a concreções, o que pode configurar um desafio à exploração comercial desses alvos.

Baseado na criticidade de alguns dos elementos terras raras (risco de demanda e oferta), é fornecido um quadro para classificar o minério de ETRs pelo nível de demanda da indústria (Seredin, 2010). Segundo a análise, as rochas da área de estudo estão inseridas nas categorias de promissor a altamente promissor para prospecção de ETRs (Figura 6).

A área de estudo apresenta também elevado potencial para prospecção de urânio. Conforme apontado por Steiner, Geissler e Haneklaus (2020), durante a década de 1980, aproximadamente 20% da demanda de urânio dos Estados Unidos foi suprida por meio da recuperação a partir de rochas fosfáticas. Os autores destacaram que, diante da crescente demanda por minerais energéticos e da perspectiva de elevação nos preços do urânio, esses recursos não convencionais podem se tornar novamente economicamente viáveis. Além disso, indicaram que mineralizações da ordem de 160 ppm de urânio em rochas fosfáticas seriam suficientes para justificar a recuperação em cenários atuais. Segundo Michael et al., 2024, o urânio em rochas fosfáticas é encontrado em concentrações que variam de 50 e 200 ppm, embora alguns depósitos apresentem teores mais altos. A borda oriental da Bacia do Parnaíba possui teores acima de 1.250 ppm em concreções fosfáticas, valores superiores a 800 ppm em arenitos fosfáticos e teores mais baixos (< 160 ppm) nos arenitos ricos em ETRs (Apêndice I).



Figura 6: Quadro de perspectiva econômica do minério de ETRs das concreções fosfáticas, arenitos fosfáticos e ricos em ETRs da borda oriental da Bacia do Parnaíba. Baseado no coeficiente de Seredin (2010), onde **K**_{outi}=(Nd+Eu+Tb+Dy+Er+Y)/</sub>(Ce+Ho+Tm+Yb+Lu) e **ETR**_d%=(Nd+Eu+Tb+Dy+Er+Y)/ΣETRs ×100. Campos: i) pouco promissor; ii) promissor; iii) altamente promissor. Fonte: os autores.

GUIAS PROSPECTIVOS

Com base nas observações de campo e na expertise obtida durante o projeto, foi possível caracterizar feições diagnósticas e métodos eficientes para a investigação de rochas que podem conter mineralizações de urânio e ETRs na Bacia do Parnaíba: i) áreas com maior potencial incluem as rochas das formações Itaim, Pimenteira, Longá e base da Formação Cabecas; ii) trabalhos de campo devem ser executados, impreterivelmente, com auxílio de gamaespectrômetro portátil; iii) Anomalias radiométricas acima de 1.500 cps podem indicar teores apreciáveis de P, U, Th e ETRs associados; iv) rochas com estrutura nodular centimétrica a métrica são indicativas da presença de anomalias geoquímicas; v) fatores como densidade elevada, presença de vênulas, faturamento intenso e textura mosqueada em arenitos são indicativos de anomalias geoquímicas nessas rochas.

COMENTÁRIOS FINAIS E RECO-MENDAÇÕES

Os resultados das análises geoquímicas indicam e reforçam o potencial elevado das formações Itaim, Pimenteira e Longá para prospecção de depósitos fosfatados e radioativos enriquecidos em urânio e ETRs. As ocorrências estudadas tiveram diagnóstico favorável para o desenvolvimento econômico de um eventual depósito de ETRs, levando em conta aqueles mais críticos (Nd, Eu, Tb, Dy, Er e Y). Isto pode impulsionar ainda mais as pesquisas na região da bacia. Não foi possível avaliar de modo mais preciso o volume dessas mineralizações em função da escala de trabalho do projeto. Cabe, portanto, verificar e quantificar essas e outras ocorrências em escala de maior detalhe.

REFERÊNCIAS

ABRAM, M. B. Sedimentologia, estratigrafia e geoquímica dos fosforitos e ironstones fosfáticos do devoniano inferior/médio da Bacia do Parnaíba. 2020. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

ABRAM, M. B.; CUNHA, I. A.; ALMEIDA, R. C. **Projeto Fosfato Brasil** – parte II. Salvador: CPRM, 2016. (Informe de Recursos Minerais. Série Insumos Minerais para Agricultura, 17).

AGOSTINHO, S.; BATISTA, Z. V.; BARROS, C. L.; GOMES, C. R.; SANTOS, C. A. Icnofósseis devonianos da Formação Pimenteira, estado do Piauí, e suas aplicações paleoambientais e paleogeográficas. **Estudos Geológicos**, v. 22, n. 1, p. 117-130, 2012.

BARBOSA, R. C. M.; NOGUEIRA, A.; DOMINGOS, F. Famennian glaciation in the eastern side of Parnaíba Basin, Brazil: Evidence of advance and retreat of glacier in Cabeças Formation. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 1, p. 13-27, 2015.

BARRERA, I. A. R.; NOGUEIRA, A. C. R.; BANDEIRA, J. The Silurian glaciation in the eastern Parnaíba Basin, Brazil: paleoenvironment, sequence stratigraphy and insights for the evolution and paleogeography of West Gondwana. **Sedimentary Geology**, v. 406, n. 1, 105714, 2020.

BUCCIONE, R.; KECHICHED, R.; MONGELLI, G.; SINISI, R. REEs in the North Africa P Bearing deposits, paleoenvironments, and economic perspectives: a review. **Minerals**, v. 11, n. 2, p. 214, 2021.

CAPUTO, M. V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of Northern basins of Brazil**. 1984. Tese (Doutorado) – California University, Santa Barbara, 1984.

CORREA, B. K. S.; MEDEIROS, C. G.; REIS, C.; LOPES, E. C. S.; PEDROSA JR., N. C.; MOTA, E. S. A.; BENEVIDES FILHO, P. R. R. **Carta geológica e de recursos minerais da Folha Granja - SA-24Y-C**. Teresina: SGB-CPRM, 2024. 1 mapa, color. Escala 1:250.000. (Projeto Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba. Ação Mapeamento Geológico do Brasil).

DELLA FÁVERA, J. C. **Tempestitos da bacia do Parnaíba**: um ensaio holístico. 1990. Tese (Doutorado) – IG-UFRGS, Porto Alegre, 1990.

EMSBO, P.; MCLAUGHLIN, P. I.; BREIT, G. N.; DU BRAY, E. A.; KOENIG, A. E. Rare earth elements in sedimentary phosphate deposits: solution to the global REE crisis? **Gondwana Research**, v. 27, n. 2, p. 776-785, 2015.

GÓES, A. M. **A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba**. 1995. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

GÓES, A. M. O.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. **Boletim** de Geociências da Petrobras, v. 8, p. 57-67, 1994.

GREENSMITH, J. T. Phosphatic deposits. *In*: GREENSMI-TH, J. T. **Petrology of the sedimentary rocks**. Dordrecht: Springer, 1989. p. 203-216.

HOLLANDA, M. H. B. M.; ARCHANJO, C. J.; MACEDO FILHO, A. A.; FOSSEN, H.; ERNST, R. E.; CASTRO, D. L.; OLIVEIRA, A. L. The Mesozoic Equatorial Atlantic Magmatic Province (EQUAMP): a new Large Igneous Province in South America. In: SRIVASTAVA, R. K.; ERNST, R. E.; PENG, P. (ed.). **Dyke Swarms of the world**: a modern perspective. [S. I.]: Springer, 2019. p. 87-110.

LIMA, E. A. M.; LEITE, J. F. **Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba**: Integração geológico-metalogénetica: Relatório final da etapa III. Recife: CPRM, 1978. 16 v. LOPES, E. C. S.; CORREA, B. K. S.; REIS, C.; MEDEIROS, C. G.; BENEVIDES FILHO, P. R. R.; MOTA, E. S. A.; PEDROSA JR., N. C. **Carta geológica e de recursos mine**rais da Folha Piripiri - SB.24-V-A. Teresina: SGB--CPRM, 2024. 1 mapa color. Escala 1:250.000. (Projeto Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba. Ação Mapeamento Geológico do Brasil).

LOPES, E. C. S.; CORREA, B. K. S.; REIS, C.; MOTA, E. S. A.; PEDROSA JR., N. C.; MEDEIROS, C. G.; ANJOS, G. C. **Carta geológica e de recursos minerais da Folha Crateús - S B.24-V-C**. Teresina: SGB-CPRM, 2023. 1 mapa color. Escala 1:250.000. (Projeto Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba. Ação Levantamentos Geológicos e Integração Geológica Regional).

MICHAEL, A.; VARNARA, N.; IOANNIDIS, I.; PASHALIDIS, I. Uranium recovery from phosphate rocks/minerals – A comprehensive review. **Sustainable Chemistry for the Environment**, v. 5, 100055, 2024.

OLIVEIRA, J. C.; BARROS, F. L. **Projeto Fosfato de São Miguel do Tapuio**: Relatório final. Recife: CPRM, 1976. 4 v.

PAN, Y.; FLEET, M. E. Compositions of the Apatite-Group Minerals: subtitution mechanisms and controlling factors. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, v. 48, n. 1, p. 13-49, 2002.

PEDROSA JR., N. C.; MEDEIROS, C. G.; REIS, C.; BENEVIDES FILHO, P. R. R.; CORREA, B. K. S.; LOPES, E. C. S.; MOTA, E. S. A.; FREITAS, M. S.; VALE, J. A. R. **Carta geológica e de recursos minerais Folha SB-24-Y-C**. Picos. Teresina: SGB-CPRM, 2024. 1 mapa, color. Escala 1:250.000. (Programa Mineração Segura e Sustentável). PEDROSA JR., N. C.; MEDEIROS, C. G.; REIS, C.; CORREA, B. K. S.; LOPES, E. C. S.; MOTA, E. S. A.; FREITAS, M. S.; AN-JOS, G. C. **Carta geológica e de recursos mine**rais Folha SB-24-Y-A Valença do Piauí. Teresina: SGB-CPRM, 2023. 1 mapa, color. Escala 1:250.000. (Programa Geologia do Brasil).

PONCIANO, L. C. M. O.; DELLA FÁVERA, J. C. Flood-dominated fluvio-deltaic system: a new depositional model for the Devonian Cabeças Formation, Parnaíba Basin, Piauí, Brazil. **Earth Sciences, Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81, n. 4, 2009.

SEREDIN, V. A new method for primary evaluation of the outlook for rare Earth element ores. **Geology of Ore Deposits**, v. 52, n. 5, p. 428-433, 2010.

SOVACOOL, B. K.; ALI, S. H.; BAZILIAN, M.; RADLEY, B.; NEMERY, B.; OKATZ, J.; MULVANEY, D. Sustainable minerals and metals for a low-carbon future. **Science**, v. 367, n. 6473, p. 30-33, 2020.

STEINER, G.; GEISSLEr, B.; HANEKLAUS, N. Making Uranium Recovery from Phosphates Great Again? **Environmental Science and Technology**, v. 54, p. 1287-1289, 2020.

VALETICH, M.; ZIVAK, D.; SPANDLER, C.; DEGELING, H.; GRIGORESCU, M. REE enrichment of phosphorites: An example of the Cambrian Georgina Basin of Australia. **Chemical Geology**, v. 588, 120654, 2022.

VAZ, P. T.; RESENDE, N. G. A. M.; WANDERLEY FILHO, J. R.; TRAVASSOS, W. A. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências Petrobrás**, v. 15, p. 253-263, 2007.

APÊNDICE I

minimic scale scale minimic scale	ESTAÇÃO	LITOTIPO	Al ₂ O ₃ (%)	CaO(%)	Fe ₂ O ₃ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SiO ₂ (%)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Tb (ppm)	Dy (ppm)	Ho (ppm)	Er (ppm)	Tm (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)	Y (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	ΣETR+Y (ppm)	$\Sigma TRO + Y_2O_3(\%)$	Projeto/Referência	
	NP-161	Concreção fosfática	6,51	36,4	8,93	26,81	13,2	57,8	214,5	31,87	164,5	46,7	15,37	81,87	11,14	66,78	12,71	32,54	3,61	19	2,69	488,61	12,1	37,14	1249,69	0,15	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
10000 0000000000 1000000000000000000000000000000000000	CR-039C	Concreção fosfática	6,42	34	10,5	26,08	14,5	90,4	295,9	22,08	100,7	25,3	7,47	56,18	13,7	150,11	51,04	225,44	45,37	391,6	78,77	1701,25	343,5	1267,78	3255,31	0,40	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
	CR-039D	Concreção fosfática	7,57	30,2	13,3	23,46	16,6	277,1	665,5	72,64	333,7	90,2	24,58	142,53	29,16	259,15	70,37	280,75	46,6	359,8	59,4	2188,39	833,5	794,84	4899,87	0,59	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 9	PB-019	Concreção fosfática	6,11	29,3	17,8	22,66	16,5	198	724,8	73,23	335	93,6	22,6	127,41	24,33	183,65	40,36	129,88	16,8	96,2	12,18	1101,7	659,3	408,89	3179,74	0,38	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
	NP-372B	Concreção fosfática	5,22	30,8	7,35	22,27	25,2	137,1	471,3	57,3	336,5	163,9	50,23	302,83	62,87	415,04	66,97	139,66	13,55	62,6	7,18	1689,34	1718,2	79,27	3976,37	0,48	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
10000 100000 10000 10000 10000 10000 <td>PB-020</td> <td>Concreção fosfática</td> <td>9,86</td> <td>29,2</td> <td>3,65</td> <td>21,58</td> <td>27,8</td> <td>191,7</td> <td>549,1</td> <td>77,75</td> <td>391,5</td> <td>101,5</td> <td>28,84</td> <td>151,4</td> <td>19,68</td> <td>111,92</td> <td>20,08</td> <td>51,4</td> <td>5,59</td> <td>28,9</td> <td>3,85</td> <td>748,59</td> <td>13,5</td> <td>136,63</td> <td>2481,8</td> <td>0,30</td> <td>Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba</td>	PB-020	Concreção fosfática	9,86	29,2	3,65	21,58	27,8	191,7	549,1	77,75	391,5	101,5	28,84	151,4	19,68	111,92	20,08	51,4	5,59	28,9	3,85	748,59	13,5	136,63	2481,8	0,30	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
Processible <	NP-372D	Concreção fosfática	3,41	29,9	6,14	21,54	31	124,2	517,3	73,57	444,5	209,4	59,77	326,89	59,09	342,62	52,32	108,81	10,84	52,9	5,88	1348,93	1434,5	74,67	3737,02	0.45	Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 <t< td=""><td>NP-372C</td><td>Concreção fosfática</td><td>3,53</td><td>29,2</td><td>6,62</td><td>21,21</td><td>31,6</td><td>84,4</td><td>296,8</td><td>44,47</td><td>279,6</td><td>145,2</td><td>46,87</td><td>277,6</td><td>58,95</td><td>387,56</td><td>60,71</td><td>125,17</td><td>11,66</td><td>52,6</td><td>5,69</td><td>1541,04</td><td>1589,8</td><td>67,73</td><td>3418.32</td><td>0.41</td><td>Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Paroaíba</td></t<>	NP-372C	Concreção fosfática	3,53	29,2	6,62	21,21	31,6	84,4	296,8	44,47	279,6	145,2	46,87	277,6	58,95	387,56	60,71	125,17	11,66	52,6	5,69	1541,04	1589,8	67,73	3418.32	0.41	Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Paroaíba	
Image Image <td>AP-041</td> <td>Concreção fosfática</td> <td>6,27</td> <td>26,20</td> <td>11,60</td> <td>20,15</td> <td>27,70</td> <td>169,60</td> <td>426,20</td> <td>62,67</td> <td>299,90</td> <td>84,20</td> <td>20,17</td> <td>110,05</td> <td>19,47</td> <td>143,18</td> <td>33,61</td> <td>112,97</td> <td>15,46</td> <td>91,00</td> <td>11,23</td> <td>972,48</td> <td>283,40</td> <td>139,45</td> <td>2572.19</td> <td>0.31</td> <td>Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba</td>	AP-041	Concreção fosfática	6,27	26,20	11,60	20,15	27,70	169,60	426,20	62,67	299,90	84,20	20,17	110,05	19,47	143,18	33,61	112,97	15,46	91,00	11,23	972,48	283,40	139,45	2572.19	0.31	Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
Name Condention As Val Val<	NP-074	Concreção fosfática	8,98	24,8	16,9	20,05	18,5	381,8	1103,2	126,29	559,3	144,1	34,58	180,69	32,8	249,19	57,19	182,33	24,71	161	23.5	1579,91	231.8	9	4840.59	0.58	Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
	NP-268	Concreção fosfática	8,7	27,4	14,9	19,6	19,6	92	226,8	39,98	245,1	132,5	36,68	223,02	32,19	215,77	44,25	128.04	15.41	81.7	9.51	1129.92	757.1	479.38	2652.87	0.32	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
Nint Conception Nin Nin Nin Nin <th<< td=""><td>PB-018C</td><td>Concreção fosfática</td><td>6,36</td><td>24,5</td><td>18,7</td><td>19,11</td><td>21,9</td><td>109,8</td><td>399,1</td><td>41,27</td><td>190,6</td><td>49,6</td><td>11,03</td><td>67,33</td><td>12,82</td><td>107,72</td><td>27,02</td><td>98,03</td><td>14.01</td><td>98.3</td><td>15.72</td><td>808.4</td><td>504.1</td><td>642.97</td><td>2050.75</td><td>0.25</td><td>Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba</td></th<<>	PB-018C	Concreção fosfática	6,36	24,5	18,7	19,11	21,9	109,8	399,1	41,27	190,6	49,6	11,03	67,33	12,82	107,72	27,02	98,03	14.01	98.3	15.72	808.4	504.1	642.97	2050.75	0.25	Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
And Concernence And And And And A	NP-117	Concreção fosfática	8,17	22,3	19,8	18,21	20,4	171,7	560,1	70,68	333,1	84,8	20,87	108,68	14,18	90.43	17,48	46.99	5.49	31.3	4.16	585.92	14.7	80.82	2145.88	0.26	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parinaiba	
nome conceptione size size size	AP-020B	Concreção fosfática	9,77	17,9	8,34	17,51	36	91,5	337,9	52,3	274,4	86,8	24.18	125,55	20.23	127.54	22.56	57.82	7.08	42.4	5 39	627.27	12.8	21 57	1002 02	0.23	Coologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
charce chare chare chare <td>PB-018B</td> <td>Concreção fosfática</td> <td>5,67</td> <td>21,7</td> <td>34,9</td> <td>17,18</td> <td>11,8</td> <td>198,8</td> <td>761.4</td> <td>82.64</td> <td>374.9</td> <td>104</td> <td>22.24</td> <td>124.28</td> <td>21,91</td> <td>155.85</td> <td>33.62</td> <td>103.88</td> <td>13 35</td> <td>79.8</td> <td>10.79</td> <td>906.2</td> <td>624.1</td> <td>771.26</td> <td>2002.66</td> <td>0,25</td> <td colspan="2">Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba</td>	PB-018B	Concreção fosfática	5,67	21,7	34,9	17,18	11,8	198,8	761.4	82.64	374.9	104	22.24	124.28	21,91	155.85	33.62	103.88	13 35	79.8	10.79	906.2	624.1	771.26	2002.66	0,25	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
Accord Accord Bit B	AP-031	Concreção fosfática	7,32	18,70	3,22	17.03	39.40	2413.50	4709.50	676.84	3050.70	813.90	201.66	990.15	147 29	863.00	147.02	343 15	3/ 11	165.80	20.72	4420.16	755 20	771,50	2995,00	0,36	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaiba	
No. Concrete/Andia No. No. No. No. <th<< td=""><td>AP-020C</td><td>Concreção fosfática</td><td>8.37</td><td>0.25</td><td>24.90</td><td>16.83</td><td>25.90</td><td>57.80</td><td>161.00</td><td>17.72</td><td>66.00</td><td>11.40</td><td>2.68</td><td>12 11</td><td>2.00</td><td>14 20</td><td>2 01</td><td>7.66</td><td>1.07</td><td>7.00</td><td>1 20,75</td><td>4439,10</td><td>755,50</td><td>700,75</td><td>19010,51</td><td>2,20</td><td>Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaiba</td></th<<>	AP-020C	Concreção fosfática	8.37	0.25	24.90	16.83	25.90	57.80	161.00	17.72	66.00	11.40	2.68	12 11	2.00	14 20	2 01	7.66	1.07	7.00	1 20,75	4439,10	755,50	700,75	19010,51	2,20	Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaiba	
Product of the field Origine Product of the field of the	NP-372A	Concreção fosfática	3.49	21.4	14.3	16.02	38.6	127.1	618.1	46.72	245	00.0	2,00	100 27	2,00	251.22	2,01	97.05	0.01	7,90	7.0	90,07	7,00	9,58	456,61	0,05	Geología e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
Normatical Normati	11-250BD	Arenito fosfático	5.9	15.65	39.44	11 37	13.66	36.1	010,1	9.05	42.1	99,9	29,49	100,37	1.01	251,32	39,34	87,05	9,81	56,9	7,68	1013,37	1070,3	39,38	2859,18	0,34	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
	LL-001F	Arenito fosfático	8.66	0.14	15.61	10.58	47.50	20.1	215.0	3,35	42,1	9	2,45	12,85	1,91	11,97	2,61	7,85	1,31	11,1	2,58	117,32	7,7	402,96	359,4	0,04	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
and or definition 1.0 1.0 1.0	LL-001B	Arenito fosfático	0.55	0,14	12.04	10,56	47,59	249.2	215,9	32,95	139,0	26,5	5,67	30,54	4,97	33,24	7,67	30,85	7,55	81,2	16,13	223,84	13,9	622,78	945,71	0,11	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
number of and material and into series of a	DR 066	Arenito fosfático	1 20	11.70	1.07	0.21	40,57	240,5	623,9	98,3	401,6	69,2	12,32	56,2	7,47	51	10,83	47,05	10,48	90,8	14,07	329,69	55,4	846,35	2071,21	0,24	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
Classe Andren Usade Field		Arenito Iosiatico	12.10	5.70	1,97	9,21	/3,40	24,70	51,70	6,18	26,10	/,8	2,09	16,2	3,77	31,75	7,19	24,51	3,67	27,3	3,98	206,96	83,20	749,00	443,9	0,05	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
Charding Lange Via Via Via Via V	CD 012D	Arenito fosfatico	13,19	5,78	43,33	6,27	19,83	190,4	5/1,4	75,41	342	86,8	22,15	123,51	18,86	125,12	23,49	57,44	6,95	39,5	4,86	530,08	61	80,07	2217,97	0,26	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
Lista Areato Satis	CR-013D	Arenito fosfatico	12,60	7,44	21,80	5,90	35,40	91,70	198,50	29,88	133,40	34,00	9,47	43,40	6,54	43,44	8,29	22,71	2,91	14,50	1,80	250,15	58,00	43,18	890,69	0,11	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
Lebol Arento for facto 1.29 0.18 7.20 0.18 7.20 0.18 0.15 0.12 0.20 0.21 <td>LL-313A</td> <td>Arenito fosfatico</td> <td>7,1</td> <td>7,16</td> <td>23,4</td> <td>5,89</td> <td>43,39</td> <td>95,2</td> <td>268,9</td> <td>42,19</td> <td>211,3</td> <td>63,4</td> <td>14,42</td> <td>77,22</td> <td>13,12</td> <td>85,96</td> <td>17,72</td> <td>46,79</td> <td>5,43</td> <td>27,5</td> <td>3,86</td> <td>445,48</td> <td>90,1</td> <td>200,58</td> <td>1418,49</td> <td>0,17</td> <td>Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016</td>	LL-313A	Arenito fosfatico	7,1	7,16	23,4	5,89	43,39	95,2	268,9	42,19	211,3	63,4	14,42	77,22	13,12	85,96	17,72	46,79	5,43	27,5	3,86	445,48	90,1	200,58	1418,49	0,17	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
L1196 Arenho for disc 1.2 1.6 1.2 1.2 1.2	LL-001	Arenito fosfático	12,59	0,18	7,61	5,8	62,28	257,3	659,4	88,48	362,3	72,2	14,55	59,08	8,51	51,54	11,55	44,25	9,49	77,7	11,57	301,83	42,2	796,5	2029,75	0,24	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
NP-369 Arenho fordiar A 6.76 6.78 7.88 6.78 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88 7.88	LL-195 H	Arenito fosfático	14,54	7,72	16,84	5,77	40,27	78,5	187,8	28,06	147,6	47,9	13,59	74,24	14,6	103,58	19,75	45,65	4,63	22,2	1,82	502,64	150,4	241,59	1292,56	0,16	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
NP-07 Arenito fosfatico 5.79 2.83 19.70 4.70 6.20 8.80 2.80 1.80 2.80 2.80 1.80 1.80 1.80 2.80 2.80 3.80 1.80 1.80 2.80 3.80 3.80 3.80 3.80 2.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 3.80 </td <td>NP-349B</td> <td>Arenito fosfático</td> <td>4</td> <td>6,45</td> <td>28</td> <td>4,93</td> <td>50</td> <td>142,3</td> <td>344,3</td> <td>41,33</td> <td>170,2</td> <td>39,8</td> <td>8,27</td> <td>43,3</td> <td>6,35</td> <td>37,38</td> <td>6,63</td> <td>17,36</td> <td>2,08</td> <td>12,1</td> <td>1,65</td> <td>179,78</td> <td>37,3</td> <td>8,48</td> <td>1052,83</td> <td>0,12</td> <td>Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba</td>	NP-349B	Arenito fosfático	4	6,45	28	4,93	50	142,3	344,3	41,33	170,2	39,8	8,27	43,3	6,35	37,38	6,63	17,36	2,08	12,1	1,65	179,78	37,3	8,48	1052,83	0,12	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
NP-34 Arenio fosfatic 10 4.9 4.9 2.0 1.0 4.9 4.9 4.9 4.9	NP-077	Arenito fosfático	5,79	2,83	19,70	4,70	62,20	83,60	236,10	31,65	127,90	34,60	8,52	31,68	5,48	32,89	5,46	14,01	1,86	11,50	1,23	109,70	64,80	106,91	736,18	0,09	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
AP-010 Areality covers Fig. 7.04 3.90 1.20 3.90 1.20 3.90 2.00 5.90 8.70 1.00 9.00 1.00 0.00 Celogiae Potencial Mineral de Bord Acciental de Bord Acc	NP-343	Arenito fosfático	1,96	5,94	1,17	4,39	84,9	22,1	79,2	11,86	66,9	23,8	6,93	39,43	5,37	29,41	5,02	10,99	1,07	5,3	0,61	150,87	41	36,38	458,86	0,05	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
L1-312 Anentoric comerns 7.94 7.95	AP-001A	Arenito rico em ETRs	7,04	3,90	12,30	3,62	66,40	52,70	207,90	54,12	200,80	22,40	4,38	29,14	3,99	24,35	5,59	8,79	1,30	7,40	0,91	102,26	26,80	61,72	726,03	0,09	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
CR2020 Areinborder FR 1.00 4.95 6.89 6.90 5.00 7.0	LL-313C	Arenito rico em ETRs	7,94	4,55	14,96	3,59	60,55	121,6	282,9	36,74	164,2	42,9	8,88	48,57	7,68	49,28	9,52	26,32	3,16	17,6	2,61	239,23	69,3	116,05	1061,19	0,13	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
Main for come Fine 150 357 115 260 49.3 58.6 11.1 78.4 11.1 78.5 11.6<	CR-025AI	Arenito rico em ETRs	11,00	4,95	6,89	3,47	60,70	79,10	203,80	29,41	138,30	38,40	9,03	53,13	8,28	57,19	11,14	34,46	4,67	29,20	4,35	329,43	67,90	36,65	1029,89	0,12	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
L1022 Arenitorico em Ergs 9.83 3.18 5.99 2.55 66.54 49.09 11.18 67.07 16.37 17.01	CM-037A	Arenito rico em ETRs	15,9	3,57	11,5	2,69	49,3	134,7	356,2	45,15	208,5	58,6	13,17	73,84	1,14	78,54	15,85	40,43	5,18	29,8	3,88	476,86	190,1	116,17	1541,84	0,18	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
NP-349 Areaitor ore METRs 5.44 2.56 2.49 3.19 2.49 3.280.2 3.280.2 3.99	LL-022	Arenito rico em ETRs	9,83	3,18	5,99	2,55	66,54	469,6	900,1	141,85	670,7	165,3	39	191,52	27,16	152,3	26,41	60,77	6,6	35,4	4,68	801,69	116	163,39	3693,08	0,44	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
NP-251 Areinto rice meTRs 4,96 0,12 26,6 1,7 57 99,1 308,2 44,03 210 73,5 18,53 70,01 6,93 38,1 9,01 1 6,30 0,78 55,78 35,74 56,78<	NP-349A	Arenito rico em ETRs	5,44	2,56	24,7	2,44	57	627,2	1351,2	151,91	553,5	106,2	19,84	85,68	11,05	58,79	9,85	25,66	3,19	19,1	2,46	254,89	43,1	8,4	3280,52	0,39	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
L1-257 Arenito rico em ETRs 9.82 0.11 12,2 1,43 60,74 85,7 2067 272,7 1137 236,6 43,25 223,36 43,25 25,59 5,58 28 3,74 531,24 229,9 18,54 569,63 0,67 Prostato Brasil - Partell/Abram et al., 2016 Prosta	NP-251	Arenito rico em ETRs	4,96	0,12	26,6	1,7	57	99,1	308,2	44,03	210	73,5	18,53	70,01	6,93	30,23	3,81	9,01	1	6,3	0,78	65,73	357,4	24,64	947,16	0,11	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
AP-005A Arenito rico em ETRs 6,80 1,82 2,68 1,37 79,20 94,70 241,10 36,10 174,00 47,70 9,87 48,34 6,89 34,02 6,03 15,42 1,90 10,70 1,60 157,50 46,00 31,26 885,87 0,10 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Borda Orien	LL-257 D	Arenito rico em ETRs	9,82	0,11	12,2	1,43	60,74	857,7	2067	272,27	1137	236,6	43,25	223,36	31,26	174,09	25,95	55,59	5,58	28	3,74	531,24	229,9	18,54	5692,63	0,67	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
Arenito rico em ETRs 6,80 1,82 2,68 1,37 79,20 94,70 241,10 36,10 174,00 47,70 9,87 48,34 6,89 34,02 6,03 15,42 1,90 10,70 1,60 157,50 46,00 31,26 885,87 0.10 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da B	AP-005A																											
		Arenito rico em ETRs	6,80	1,82	2,68	1,37	79,20	94,70	241,10	36,10	174,00	47,70	9,87	48,34	6,89	34,02	6,03	15,42	1,90	10,70	1,60	157,50	46,00	31,26	885,87	0,10	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
	CD 005 444	A 11 1 Fmp											_	_														
CR025AM Arenito rico em E1Rs 14,5 0,27 18,6 1,13 49,4 130,4 364,5 53,93 249,8 69,9 16,14 70,26 10,66 51,34 7,5 15,56 1,66 9,9 1,3 131,47 203,3 14,48 1184,32 0,14 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíbi	CR-025AM	Arenito rico em ETRs	14,5	0,27	18,6	1,13	49,4	130,4	364,5	53,93	249,8	69,9	16,14	70,26	10,66	51,34	7,5	15,56	1,66	9,9	1,3	131,47	203,3	14,48	1184,32	0,14	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
NP-209 Arenito rico em ETRs 4,5 0,05 34 0,92 51,1 202,2 522,6 60,53 246,4 57,3 13,59 55,03 7,6 41,18 5,76 11,59 1,19 6,4 0,87 93,14 272 21,15 1325,38 0,16 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíbia	NP-209	Arenito rico em ETRs	4,5	0,05	34	0,92	51,1	202,2	522,6	60,53	246,4	57,3	13,59	55,03	7,6	41,18	5,76	11,59	1,19	6,4	0,87	93,14	272	21,15	1325,38	0,16	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
AP-004 Arenito rico em ETRs 6,46 0,11 15,6 0,5 67,1 214,1 463,5 61,69 247,4 50 8,46 42,31 6,06 31,85 5,05 12,41 1,84 10,9 1,63 120,94 67,3 36,85 1278,14 0,15 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bo	AP-004	Arenito rico em ETRs	6,46	0,11	15,6	0,5	67,1	214,1	463,5	61,69	247,4	50	8,46	42,31	6,06	31,85	5,05	12,41	1,84	10,9	1,63	120,94	67,3	36,85	1278,14	0,15	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
LL-344C Arenito rico em ETRs 17,4 0,005 27,86 0,44 42,44 159,7 436,6 57,62 233,5 58,7 14,88 73,32 12,19 78,87 15,49 44,34 5,66 34,9 4,9 208,77 22,8 33,5 1439,44 0,17 Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	LL-344C	Arenito rico em ETRs	17,4	0,005	27,86	0,44	42,44	159,7	436,6	57,62	233,5	58,7	14,88	73,32	12,19	78,87	15,49	44,34	5,66	34,9	4,9	208,77	22,8	33,5	1439,44	0,17	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
NP-321A Arenito rico em ETRs 8,15 0,10 18,90 0,22 60,30 479,60 989,10 106,35 373,10 69,2 6,69 56,18 7,13 43,96 8,13 25,37 3,4 25,7 4,06 209,70 199,20 29,68 2407,67 0,28 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Borda Ori	NP-321A	Arenito rico em ETRs	8,15	0,10	18,90	0,22	60,30	479,60	989,10	106,35	373,10	69,2	6,69	56,18	7,13	43,96	8,13	25,37	3,4	25,7	4,06	209,70	199,20	29,68	2407,67	0,28	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
LL-330C Arenito rico em ETRs 37,57 0,02 5,56 0,21 42,04 167,7 387 48,26 189,3 37,1 6,67 32,32 4,42 27,93 5,28 16,37 2,06 14,5 1,71 112,16 46,2 14,51 1052,78 0,12 Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	LL-330C	Arenito rico em ETRs	37,57	0,02	5,56	0,21	42,04	167,7	387	48,26	189,3	37,1	6,67	32,32	4,42	27,93	5,28	16,37	2,06	14,5	1,71	112,16	46,2	14,51	1052,78	0,12	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al., 2016	
NP-320 Arenito rico em ETRs 6,63 0,05 21,8 0,19 58,8 246 501,9 56,39 199,9 35,7 3,5 29,34 3,82 23,92 4,48 14,49 2,08 14,7 2,27 121,06 101,7 23,03 1259,55 0,15 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da B	NP-320	Arenito rico em ETRs	6,63	0,05	21,8	0,19	58,8	246	501,9	56,39	199,9	35,7	3,5	29,34	3,82	23,92	4,48	14,49	2,08	14,7	2,27	121,06	101,7	23,03	1259,55	0,15	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
NP-356 Arenito rico em ETRs 5,64 0,18 28,7 0,19 53,3 353,8 728,8 77,39 275,5 49,8 5,03 39,16 5,2 30,71 5,78 17,46 2,52 17,9 2,72 155,38 141,3 23,3 1767,15 0,21 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da	NP-356	Arenito rico em ETRs	5,64	0,18	28,7	0,19	53,3	353,8	728,8	77,39	275,5	49,8	5,03	39,16	5,2	30,71	5,78	17,46	2,52	17,9	2,72	155,38	141,3	23,3	1767,15	0,21	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
NP-321B Arenitorico em ETRs 8,28 0,02 17,7 0,18 60,8 449,5 939,9 101,19 355,7 65,2 5,94 54,03 7,1 42,04 8 23,61 3,39 25,2 3,84 206,53 186,6 27,94 2291,17 0,27 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da B	NP-321B	Arenito rico em ETRs	8,28	0,02	17,7	0,18	60,8	449,5	939,9	101,19	355,7	65,2	5,94	54,03	7,1	42,04	8	23,61	3,39	25,2	3,84	206,53	186,6	27,94	2291,17	0,27	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
NP-335A Arenito rico em ETRs 7,27 0,14 11,1 0,16 71,3 219,8 457,6 51,48 183,6 36 4,63 28,84 4,2 27,72 5,32 16,28 2,38 17,6 2,72 136,8 84,1 15,2 1194,97 0,14 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bor	NP-335A	Arenito rico em ETRs	7,27	0,14	11,1	0,16	71,3	219,8	457,6	51,48	183,6	36	4,63	28,84	4,2	27,72	5,32	16,28	2,38	17,6	2,72	136,8	84,1	15,2	1194,97	0,14	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
PB-001B Arenito rico em ETRs 8,46 0,01 5,64 0,14 75,6 270,3 592,8 66,05 234 44,3 5,73 35,21 4,6 28,75 5,45 16,33 2,42 17,8 2,59 139,78 106,8 13,62 1466,11 0,17 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da	PB-001B	Arenito rico em ETRs	8,46	0,01	5,64	0,14	75,6	270,3	592,8	66,05	234	44,3	5,73	35,21	4,6	28,75	5,45	16,33	2,42	17,8	2,59	139,78	106,8	13,62	1466,11	0,17	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíba	
NP-349C Arenito rico em ETRs 6,47 0,5 6,21 0,12 77,4 213,5 461,4 50,91 186 33 4,51 26,76 3,66 22,08 4,32 13,03 2 14 2,1 116,54 70,6 11.61 1153,81 0.14 Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Borda Ori	NP-349C	Arenito rico em ETRs	6,47	0,5	6,21	0,12	77,4	213,5	461,4	50,91	186	33	4,51	26,76	3,66	22,08	4,32	13,03	2	14	2,1	116,54	70,6	11,61	1153,81	0,14	Geologia e Potencial Mineral da Borda Oriental da Bacia do Parnaíha	
LL-285C Arenitor rico em ETRs 7,54 0,14 2,29 0,1 85,8 205 396,3 48,08 177,9 32,2 3,59 26,34 3,48 20,93 4,09 12,31 1,71 13,1 1,93 159,1 69,6 13,36 1106,06 0,13 Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al. 2016	LL-285C	Arenito rico em ETRs	7,54	0,14	2,29	0,1	85,8	205	396,3	48,08	177,9	32,2	3,59	26,34	3,48	20,93	4,09	12,31	1,71	13,1	1,93	159,1	69,6	13,36	1106,06	0,13	Fosfato Brasil - Parte II/Abram et al 2016	

INFORME TÉCNICO N° 27

Brasília, junho de 2025. ISSN: 2448-2242

Publicação on-line seriada Serviço Geológico do Brasil Disponível em: www.sgb.gov.br

Serviço Geológico do Brasil

SBN – Quadra 02 – Bloco H, Ed. Central Brasília, 1° andar Brasília - DF - Brasil CEP: 70040-904 Telefone:(61) 2108-8400 www.sgb.gov.br Contatos: seus@sgb.gov.br maisa.abram@sgb.gov.br



DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

Francisco Valdir Silveira

CORPO EDITORIAL Maisa Abram Bastos (Editor) Guilherme Ferreira da Silva

REVISÃO Hugo José de Oliveira Polo

REVISÃO GRAMATICAL E ORTOGRÁFICA Irinéa Barbosa da Silva

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA Maria Gasparina de Lima

DIAGRAMAÇÃO Marcelo Henrique Borges Leão