



DEPÓSITOS DE FOSFATO DO NORDESTE DO ESTADO DO CEARÁ: PARTICULARIDADES E IMPLICAÇÕES GEOTECTÔNICAS E METALOGÊNICAS

Paulo Roberto Pizarro Fragomeni*

RESUMO: Este trabalho contempla a apresentação de um Distrito Fosfatífero na região de Beberibe, nordeste do Ceará, formado atualmente por 10 (dez) expressivos corpos de minério fosfático, em uma faixa de direção geral NE, limitada pelas Zonas de Cisalhamento Senador Pompeu a NW e Orós a SE. As mineralizações estão hospedadas em falhas geológicas dessas zonas de cisalhamento, seguindo três segmentos de reta paralelos e de direção 50° Az. Estes corpos são constituídos por uma rocha brechada, formada por chert e minerais de fosfato em proporções variáveis, onde o fosforito ocorre frequentemente em núcleos de estruturas stockwork, entremeada por vênulas de chert, de dimensões centimétricas e milimétricas. O minério fosfático tem um aspecto de arenito fino a siltito, consistente, de coloração bege a marrom claro, sendo constituído essencialmente por variscita $[Al(PO_4) \cdot 2(H_2O)]$ e chert, com quantidades muito reduzidas de colinsita (fosfato hidratado de Ca, Mg e Fe), nacrita (polimorfo do grupo caulim) e vaterita (Ca-carbonato).

Palavras-chave: Fosforito, Variscita, Zonas de Cisalhamento Senador Pompeu e Orós.

ABSTRACT: *This paper contemplates the presentation of a Phosphatiferous District in the Beberibe region, on the north easth of Ceará, currently formed by 10 (ten) expressive bodies of phosphate ore, in a strip with strike NE, limited by the shear zones Senador Pompeu to NW and Orós to SE. The mineralization are hosted in geological faults of these shear zones, following three parallel straight segments and 50° Az direction. These bodies are constituted by a breccia, formed by chert and phosphate minerals in variable proportions, where phosphorite frequently occurs in nuclei of stockwork structures, interspersed with chert venules, of centimeter and millimeter dimensions. The phosphate ore has an aspect of fine sandstone to siltstone, consistent, beige to light brown in color, consisting essentially of variscite $[Al (PO_4) \cdot 2 (H_2O)]$ and chert, with very small amounts of collinsite (hydrated phosphate of Ca, Mg and Fe), nacrite (a polymorph of the kaolin group) and vaterite (Ca-carbonate).*

Keywords: *Phosphorite, Variscite, Senador Pompeu and Orós Shear Zones.*

* Santa Fé Extração de Minérios S.A.



1. INTRODUÇÃO

No ano de 2014, durante uma investigação geológica no nordeste do Estado do Ceará, pela equipe técnica da Lepanto Mineração Ltda., foi identificado no Morro do Mel, Município de Beberibe, uma ocorrência de uma rocha fosfática, com estrutura *stockwork*, formada por vênulas de chert/quartzo e fosforito. Esta primeira descoberta deu início a uma ampla prospecção de mineralizações similares, que resultou na identificação de outros 9 (nove) grandes corpos de rocha fosfática, hospedados em falhas relacionadas às zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Orós.

Por se tratar de uma tipologia ainda sem referências no Brasil, tendo com a variscita como principal mineral minério, os trabalhos iniciais tiveram como determinação a identificação do metalotecto, que condiciona estas mineralizações. A descrição destas ocorrências de fosfato e os seus registros cartográficos, constitui o primeiro anúncio à comunidade geológica, destacando a uma área de relevante interesse para o setor mineral.

2. ÁREA DAS OCORRÊNCIAS DE FOSFORITO

A área onde se encontram as ocorrências tem cerca de 3.000 quilômetros quadrados, é definida pelas coordenadas 38°00' - 38°30' longitude W e 4°15' - 5°45' latitude S e encontra-se inserida na mesorregião Norte Cearense (Figura 1). Abrange parte da região costeira e do semiárido

nordestino, nos municípios de Beberibe e Morada Nova, e dista 85 km no rumo SSE da cidade de Fortaleza.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO-GEOTECTÔNICO

Esta região possui poucos estudos e mapeamentos geológicos, em escala semi-regional e semidetalhe especialmente na sua parte norte. No entanto, destacam-se: o Levantamento Geológico e Recursos Minerais da Folha de Bonhu, na escala 1:100.000, que cobre a metade sul da área e descreve em detalhe as unidades litoestratigráficas (CALADO, 2017); e o recente Mapa de Recursos Minerais do Estado do Ceará, que abrange toda a área, na escala 1:500.000 (CPRM, 2020).

A geologia da área se resume a um embasamento pré-cambriano, capeado por uma unidade siliciclástica, pertencente à Formação Barreiras, e por depósitos de aluvião holocênicos (Figura 2). Este embasamento é cortado por extensas falhas geológicas, que hospedam localmente corpos formados por fosforito e chert/quartzo. Estes corpos se distribuem seguindo alinhamentos de direção geral 50° Az, coincidentes com as direções das zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Orós da Subprovíncia Setentrional da Borborema.

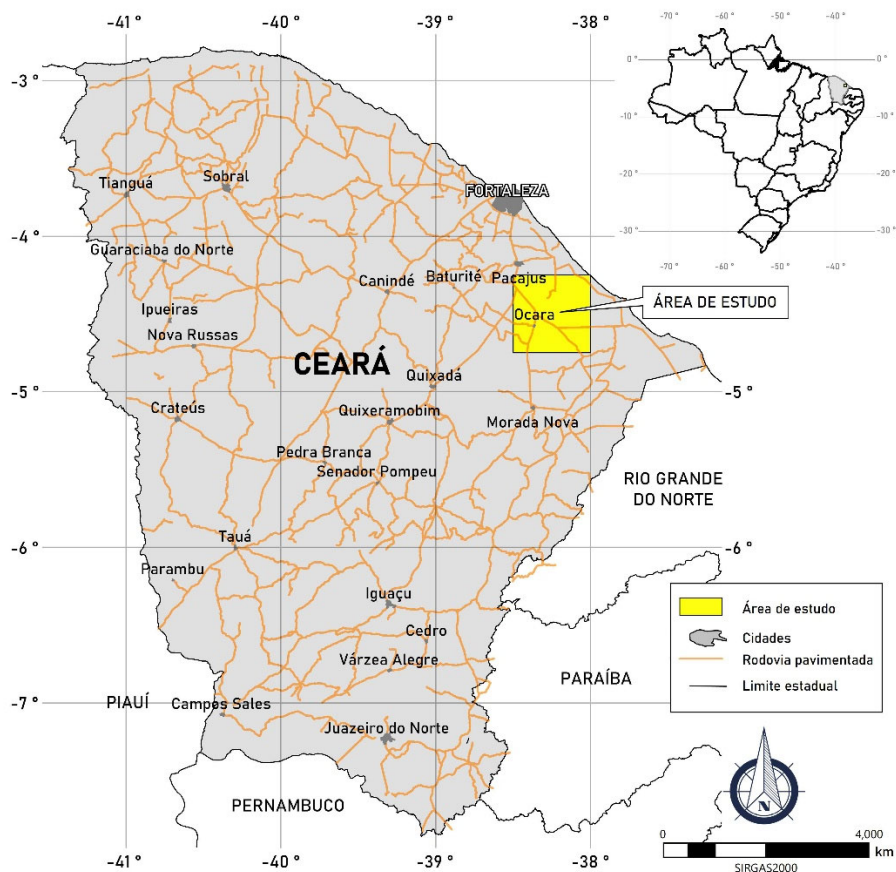


Figura 1 – Mapa de situação.

O embasamento é composto essencialmente por seqüências proterozoicas, em sua grande parte, pertencentes ao Complexo Acopiara, cujo contato na lateral NW se dá, por falha, com rochas da Unidade Paragneisse Migmatítico do Complexo Canindé do Ceará e o seu limite SE, também por contato tectônico, se faz com rochas da Formação Santarém do Grupo Orós. Esta formação, por sua vez, também faz contato a SE por falha com a Unidade Ortogneisses do Complexo Jaguaretama.

O Complexo Acopiara que é constituído por um hornblenda-biotita gnaisse de composição granodiorítica a tonalítica, de coloração cinza, por vezes

migmatítico, com estrutura milonítica e com a presença de enclaves máficos dioríticos. As demais seqüências proterozoicas que integram o embasamento regional correspondem aos gnaisses migmatíticos da Unidade Jaguaretama e à Suíte Intrusiva Indiferenciada representada por um dique granítico com 15 km de extensão e largura de até 2 km que se encontra encaixado em falhas que cortam o Complexo Acopiara e, no geral, corresponde a um moscovita-biotita granitoide equigranular a porfíricos, com foliação milonítica definida pelo alongamento e orientação de minerais quartzo-feldspáticos e micáceos sendo seccionado por veios quartzo-feldspáticos boudinados e falhados.

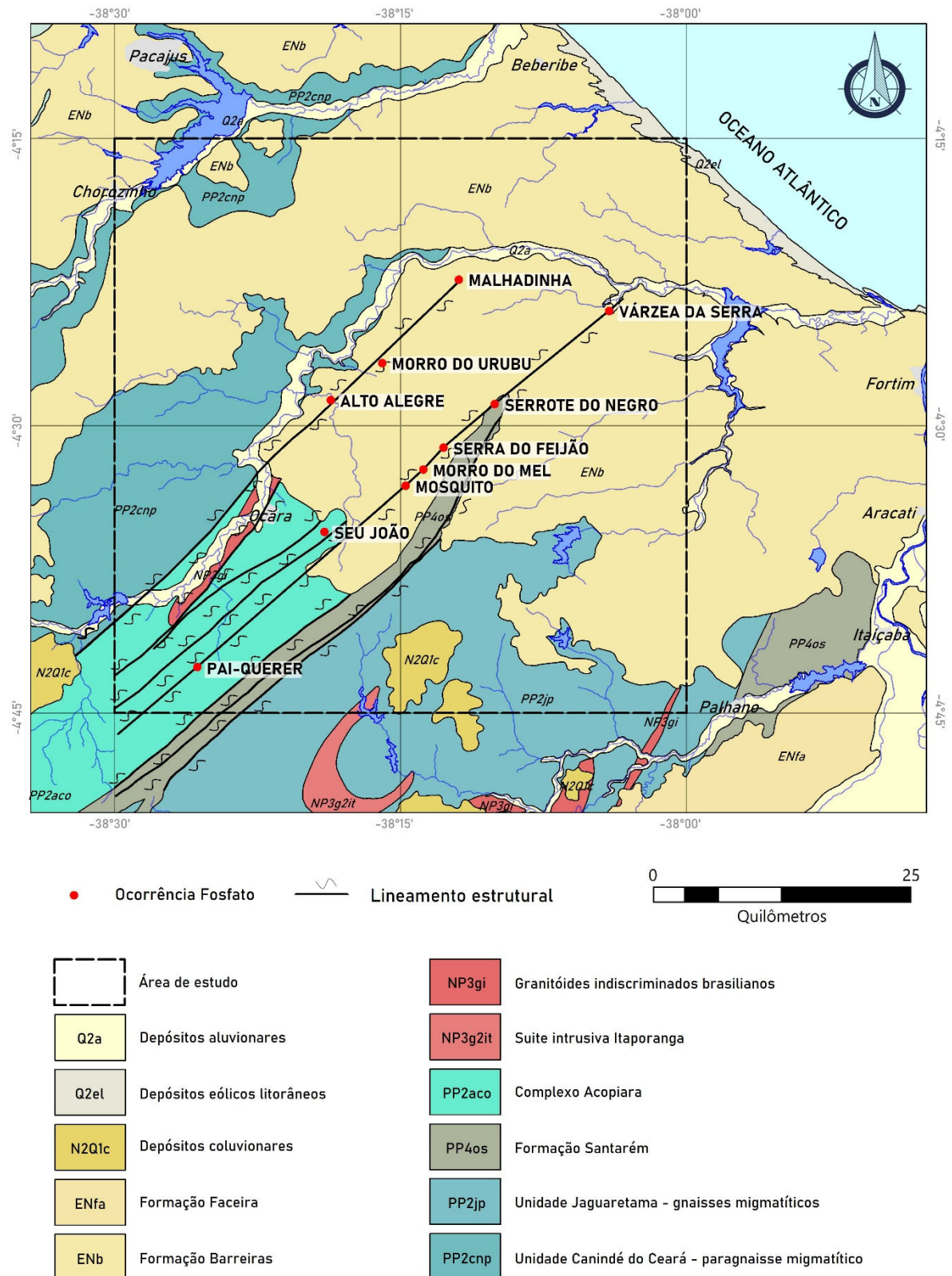


Figura 2 - Mapa Geológico Simplificado com a localização dos corpos fosfáticos (adaptado de CALADO, 2017 e CPRM, 2020).



Diques de diabásio da Unidade Rio Ceará Mirim de Idades K-Ar de 145 a 115 Ma (MIZUSAKI *et al.*, 2002), ocorrem na porção sul da área, nas proximidades do Povoado de Aruaru. Têm espessuras métrica, direções de 105° e 125° Az e alto mergulho para sul.

A Formação Barreiras recobre a porção norte da área de interesse, mostrando um relevo suavemente ondulado, possui composição silto-arenosa, mal selecionada, de coloração vermelha, sotoposta a conglomerados basais. É considerada de idade plio-pleistocênica (ALHEIROS *et al.*, 1988) e com deposição por meio de correntes de fluxo em condições de clima semiárido, associada a leques aluviais e depósitos litorâneos.

Tectonicamente a região de Beberibe, consiste de uma faixa com diversas falhas transcorrentes, todas de sentido dextral e direção NE, com formas retilíneas e curvilíneas, que se estendem por vários quilômetros. Na área de estudo, esta faixa tem uma largura variável de 11 a 16 km, é limitada pelas zonas de cisalhamento Senador Pompeu à NW e Orós à SE e interpretada por Parente & Arthaud (1995) como um ambiente tectônico de faixa móvel sobre um embasamento mais antigo.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO DAS MINERALIZAÇÕES DE FOSFATO

Os corpos contendo as mineralizações fosfáticas se dispõem segundo três alinhamentos retilíneos, paralelos, de direção geral 50° Az, coincidentes com a direção das zonas

de cisalhamentos Senador Pompeu e Orós (Figura 2). Estes lineamentos de corpos foram aqui identificados como: Malhadinha-Alto Alegre; Pai Querer - Várzea da Serra; e Seu João- Lagoa dos Veados.

O Alinhamento Malhadinha-Alto Alegre tem atitude de 50° Az, apresenta cerca de 18 km de extensão e situa-se no limite noroeste, na área de influência da ZC Senado Pompeu. Foram identificados três corpos de grande porte neste alinhamento: Corpo **Malhadinha** com 40-50 metros de largura e 500 metros de extensão, atitude 77° Az e teor médio de uma amostra composta por 6 (seis) sub-amostras foi de 22,9% P₂O₅; Corpo **Morro do Urubu** possui forma lenticular, com largura de até 65 metros na parte central, 670 metros de extensão no eixo maior (85° Az) e um teor médio determinado foi de 19,84% de P₂O₅; Corpo **Alto Alegre do Davi** é o menor corpo deste alinhamento, com largura de 30 metros e 260 metros de extensão, alongado na direção 35° Az e seu teor médio, em amostra composta, foi de 20,60% de P₂O₅.

O Alinhamento Pai Querer - Várzea da Serra é o segmento de reta de maior extensão, com cerca de 53 km, situando-se no limite sudeste, cruzando a área desde o extremo SW até o Povoado de Várzea da Serra no canto NE da área. Este alinhamento faz parte da área de influência da ZC Jaguaribe-Orós. Nesse alinhamento foram identificados 6 (seis) grandes corpos mineralizados, perfeitamente dispostos segundo a direção 50° Az: Corpo **Várzea da Serra** situa-se no extremo



noroeste, tem 850 m de extensão e 40-50m de largura, forma aflorante suavemente senoidal, com atitude geral $80^{\circ}\text{Az}/65\text{-}70^{\circ}\text{N}$ e um teor de amostras de afloramento de 28,83% de P_2O_5 ; Corpo **Serrote do Negro** com 740 metros de extensão, 40m de largura com suave arqueamento em planta e orientação geral 60°Az , e com o teor médio de alguns afloramentos foi de 14,02% de P_2O_5 ; Corpo **Serra do Feijão**, com forma alongada na direção 40°Az , uma espessura variável de até 50 metros, comprimento de 400 metros, e encontra-se sustentado, na superfície, por camadas de até 40 cm de quartzo/chert; Corpo **Morro do Mel** é alongado na direção 55°Az , possui 280 metros de comprimento, largura de até 30 metros e encontra-se sustentado por uma por uma rocha formada por vênulas milimétricas de quartzo entremeadas, com núcleos de fosforito, em uma estrutura tipo boxwork, uma amostra do boxwork com predominância de chert revelou 6,0 % de P_2O_5 ; Corpo **Mosquito** tem 250 metros de comprimento, largura de 5 a 10 metros, altitude de 2 a 4 metros que se destaca na planície circundante seguindo a direção 50°Az , cujas amostras revelaram um teor médio de 17,1% de P_2O_5 ; Corpo **Pai Quer** situa-se no extremo SW do alinhamento, sendo um extenso serrote com 1.200 metros de comprimento, sustentado principalmente por quartzo e fosforito, com cerca de 30 metros de largura e direção 55°Az , sendo que duas amostras de afloramentos mostraram teores de 13,0 % e 12,75% de P_2O_5 .

O Alinhamento Seu João - Lagoa dos Veados é definido por cristas de pequenos morrotes de baixa altitude, tem 7 km de comprimento e contém apenas um corpo de minério conhecido (**Seu João**). Este lineamento constitui um falhamento da área de influência da ZC Orós-Jaguaribe, distando apenas 2 km desta, e segue a mesma atitude. O corpo mineralizado, orientado na direção 50°Az , tem forma ovalada, 300 m no eixo maior e 50 m de largura máxima encontrando-se no extremo NE do lineamento estrutural. Uma amostra deste corpo apresentou um teor de 10,69 % de P_2O_5 .

5. MINERALIZAÇÕES DE FOSFATO

As mineralizações de fosfato sustentam elevações alongadas, devido à alta resistência ao intemperismo dos maciços constituídos por quartzo (chert) e fosforito. As Figuras 3 e 4 mostram a proeminência na morfologia regional dos corpos Várzea da Serra e Morro do Urubu.



Figura 3 - Ocorrência de Várzea da Serra com destaque na morfologia.



Figura 4 - Ocorrência do Morro do Urubu.

Os corpos mineralizados são formados por uma rocha brechada formada basicamente por fosforito e chert em proporções variáveis, onde o fosforito ocorre frequentemente em núcleos de estruturas stockwork. Estas estruturas são formadas por vênulas entremeadas de chert formando redes de dimensões centimétricas e milimétricas (Figuras 5, 6 e 7). O fosforito tem um aspecto de arenito fino a siltito, consistente, de coloração bege a marrom claro.

As vênulas de chert, com cor branca leitosa, com um brilho resinoso, fratura conchoidal e cristais não visíveis a olho nu. No entanto, em alguns veios mais espessos (maior que 5 cm), não é possível assegurar uma distinção visual entre chert ou quartzo, mesmo sendo de cor branca leitosa, sem transparência, com cristais não visíveis a olho nu.

O que se observa nos afloramentos as estruturas stockworks, com fraturas superpostas preenchidas por chert/quartzo, resultante de esforços cisalhantes, impedindo assegurar uma cronologia relativa entre estas (figuras 5 a 8).



Figura 5 - Estrutura com siltito fosfático entre as vênulas silicosas (Malhadinha).



Figura 6 - Estrutura em rocha fosfática com vênulas de quartzo (Várzea da Serra).



Figura 7 - Estruturas em "stockwork" com vênulas milimétricas de 1 a 3 cm, de direções superpostas, envolvendo a rocha fosfática. Corpo: Alto Alegre do Davi.



Nos afloramentos observam-se as estruturas stockworks, com fraturas superpostas preenchidas por chert/quartzo, resultante de esforços cisalhantes, impedindo assegurar uma cronologia relativa entre estas (figuras 5 a 8).

A variscita, além de compor a massa amarronzada com aspecto de arenito fino a siltito, também ocorre localmente como uma crosta em planos de fratura, com aspecto botrioidal e nodular.



Figura 8 - Fosforito, de coloração marrom claro e bege, e veios de chert de coloração esbranquiçada com >3cm (Morro do Urubu). O fosforito por ser menos resistente ao intemperismo, foi localmente erodido deixando “buracos” no paredão.



5.1 Composição Mineralógica do Fosforito

O fosforito é constituído essencialmente por variscita e chert, tendo como minerais acessórios colinsita $[Ca_2(Mg, Fe_{2+})(PO_4)_2] \cdot 2H_2O$, nacrita (polimorfo do grupo do caulim) e vaterita (Ca-carbonato).

A variscita é um fosfato de alumínio hidratado $[Al(PO_4) \cdot 2(H_2O)]$, formado a baixas temperaturas como resultado de soluções de superfície contendo fosfato reagindo com rochas ricas em alumínio (LARSEN, 1942). Em Beberibe a variscita ocorre principalmente dentro do

fosforito, formando um agregado de coloração amarronzada e, localmente, formando crostas botrioidais milimétricas e pequenos nódulos de cores branca, transparente e levemente esverdeada.

As caracterizações mineralógicas da rocha fosfática, foram feitas através de difratometria de raios-X nos Laboratórios de Caracterização Mineral da UFPA e do Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa - CPMTC do Instituto de Geociências da UFMG (Figura 9).

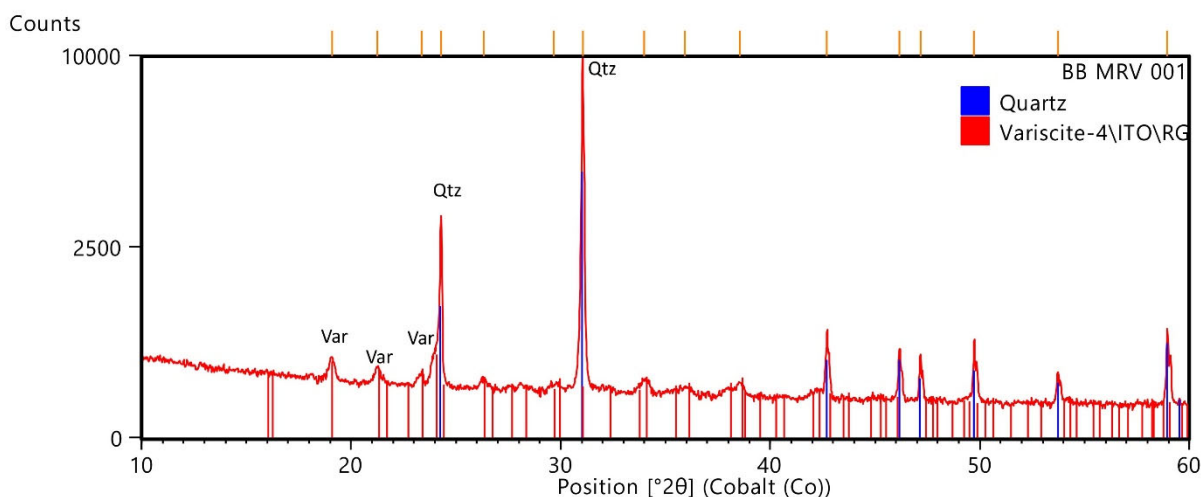


Figura 9 - Difratograma da amostra MRU 001 (Alvo Morro do Urubu).

Uma indicação da relação quantitativa entre os minerais essenciais no fosforito é mostrada na Tabela 1, com os resultados de 2 (duas) amostras do Alvo Várzea da Serra e 2 (duas) do alvo Morro do Urubu.

Tabela 1 - Relação variscita x quartzo, em amostras de fosforito dos alvos Várzea da Serra (VS) e Morro do Urubu (MRU)

Amostra	Variscita (%)	Quartzo (%)
BB-VS-001	8,4	91,6
BB-VS-002	60,3	39,7
BB-MRU-001	24,8	75,2
BB-MRU-002	27,9	72,1



5.2 Composição Química da Rocha Fosfática

A tabela 2 mostra as composições químicas da rocha mineralizada (fosforita+chert) *in natura*,

de afloramentos dos principais corpos da área. Estes valores não correspondem ao padrão geral de cada corpo, mas apenas dos respectivos afloramentos amostrados.

Tabela 2 - Composições químicas de rocha mineralizada (fosforito+chert) *in natura*, de afloramentos dos principais corpos.

ALVOS	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MnO %	LOI %
Várzea da Serra	32,30	21,00	2,65	0,33	<0,1	0,39	28,83	<0,1	0,05	0,01	13,13
Alto Alegre Davi	50,40	12,30	5,59	0,03	<0,1	0,79	20,89	<0,1	0,16	0,01	9,97
Malhadinha	56,00	8,99	7,31	0,04	<0,1	0,55	18,31	<0,1	0,02	0,01	9,08
Morro do Urubu	43,20	11,50	13,00	0,24	<0,1	1,94	19,84	<0,1	0,05	0,02	10,29
Serrote do Negro	51,60	15,80	4,99	4,16	0,13	0,34	14,02	0,25	0,13	0,07	7,29
Mosquito	53,70	18,20	3,29	0,21	0,17	0,24	17,10		0,52	0,05	6,07
Morro do Mel	73,00	14,50	2,40	0,11	0,17		6,00		0,96	0,05	2,43

6. CONTROLE DAS MINERALIZAÇÕES

Em relação ao controle das mineralizações, o principal metalotecto corresponde ao estrutural, tanto em escala regional, quanto em escala de maior detalhe. De modo geral, os corpos mineralizados estão subordinados às zonas de cisalhamentos dúcteis de Senador Pompeu e Orós.

As mineralizações estão todas dispostas segundo um padrão retilíneo que, de modo geral, segue as orientações das ZC's principais (50° Az). Porém observa-se que a orientação do eixo maior de 4 (quatro) corpos não segue a direção regional da respectiva faixa de ocorrências (Figura 10). Esta divergência possivelmente se

deve aos corpos terem se instalado em falhas ou fraturas satélites ao sistema transcorrente, como conjunções do falhamento regional com falhas de transferência.

7. DISCUSSÕES

7.1 Origem da Rocha Fosfática

Estas mineralizações de fosfato, encaixadas em zonas de falha, preenchendo vazios em fraturas e brechas e com íntima associação de variscita ao quartzo, formam um cenário geológico que, inicialmente, permite interpretar a sua origem tanto por soluções hidrotermais ascendentes, como por águas subterrâneas.

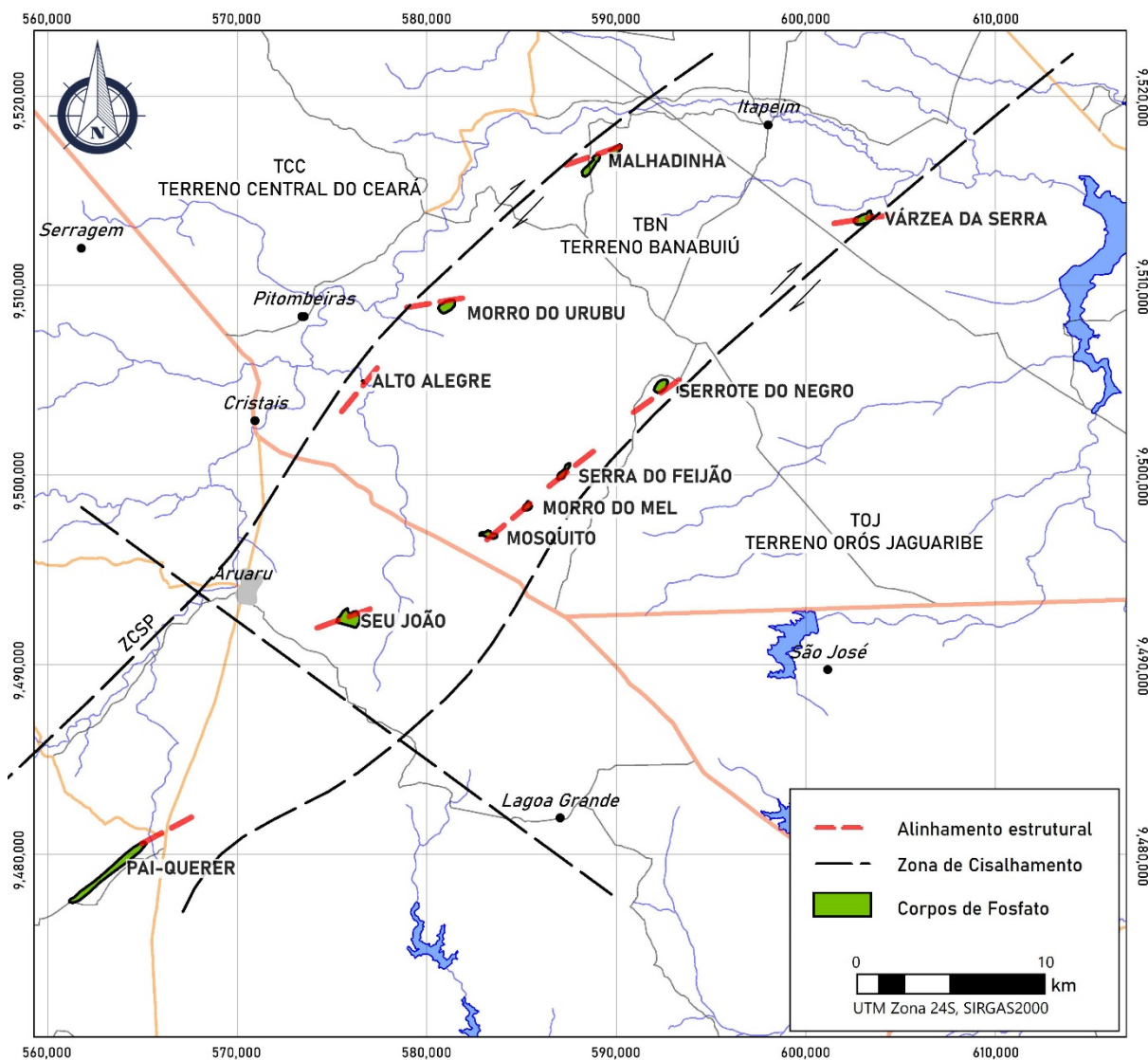


Figura 10 - Mapa com a disposição e atitude dos principais corpos mineralizados.

Os dados geológicos atuais ainda não são suficientes para uma afirmação categórica de sua origem. No entanto, as características destas mineralizações e o contexto geológico local, pendem fortemente para uma origem derivada de águas subterrâneas:

- ✓ Não foram identificados minerais de origem hidrotermal associados com o depósito. Não foram encontrados sulfetos e nem minerais de ganga tipicamente hidrotermais;

- ✓ A variscita é um fosfato de alumínio hidratado, que se forma a baixas temperaturas, como resultado de soluções de superfície contendo fosfato reagindo com rochas ricas em alumínio. A variscita perde permanentemente considerável quantidade de H₂O quando submetido a temperatura 110° C, e ela não poderia ter existido em rochas secas sem desidratação em altas temperaturas (LARSEN, 1942);



- ✓ Em Beberibe a variscita é depositada com outros minerais fosfatos secundários em quantidades traço, como a colinsita, e com reduzidas quantidades de nacrita e vaterita;
- ✓ Praticamente só fosfatos foram depositados ao longo de toda a história da mineralização dos nódulos, com exceção das vênulas e veios de chert. Este tipo de mineralização exigiria uma solução hidrotermal muito incomum e até mesmo improvável;
- ✓ Todos os depósitos estão situados em zona de falha, brechada, com fácil acesso às águas subterrâneas e meteóricas;
- ✓ O material fosfático está disponível nas rochas circundantes, justificando a fonte de fósforo para estas mineralizações secundárias. Sedimentos ricos em carapaças de foraminíferos, e rochas sedimentares fosfatadas com teores de até 18,4% de P_2O_5 no platô do Ceará pelo Projeto REMAC (GUAZELLI & COSTA, 1978). Também, foram identificados calcarenitos e calcilitos bioclásticos da Formação Jandaíra, que afloram na base das falésias na região de Icapuí (GOMES NETO, 2007).

Os dados geológicos e as características destas mineralizações, acima descritos, favorecem a teoria de uma segunda fase de mineralização, derivada da lixiviação de litologias fosfatadas e depositadas a partir de

águas subterrâneas descendentes. Ou seja, um processo supergênico, responsável pela precipitação de minerais de APS (alumínio, fosfato e sulfato), comum entre a zona de aeração (vadosa) e o lençol freático (GDILL, 2001).

7.2 Considerações Sobre a Fonte do Fósforo

A cobertura de sedimentos da Formação Barreiras não permitiu a identificação de sedimentos fosfatados aflorantes na área de estudo, que pudessem ser considerados como fonte para estas mineralizações. No entanto, o contexto tectônico (Item 3) não descarta a possibilidade haverem sedimentos fosfatíferos não aflorantes da Bacia Potiguar, preservados em grabens, no extremo NE da Faixa Orós. São muitas as referências de sedimentos da Bacia Potiguar nos arredores, tanto em direção SE, para a fronteira com o Estado do Rio Grande no Norte, como em direção NW, para à cidade de Fortaleza.

Uma hipótese bastante provável para a fonte destas mineralizações Beberibe são os sedimentos fosfatíferos da Bacia Potiguar, que cobriam a região e foram erodidos em decorrência de movimentos isostáticos e/ou de reativação dos sistemas de fraturas pré-existentes no final da evolução da Margem Equatorial Atlântica. As unidades superiores, sofreram um processo de lixiviação (*per descensum*) sendo o fosfato carregado para as zonas fraturadas subjacentes, onde se cristalizou.



Há registros importantes do Projeto REMAC da ocorrência de sedimentos fosfatíferos da Bacia Potiguar no Platô do Ceará (GUAZELLI & COSTA, 1978). Este projeto recuperou, através de dragagens, rochas sedimentares fosfatadas com teores de até 18,4% de P_2O_5 . Nestas operações verificou-se, também, uma crosta de calcário fosfatado ferruginoso que aflora na escarpa superior do Platô do Ceará, provavelmente em todo o seu redor, a uma profundidade em torno de 700m. Esta concentração de fosfato é atribuída por Guazelli *et al.* (1977) ao retrabalhamento in situ de sedimentos calcários terciários, ricos em fosfato, por correntes de fundo ou por ondas, durante fases de exposição,

A teoria de uma origem associada a sedimentos calcários terciários, ricos em fosfato, é fortalecida pelo episódio fosfogênico global, que ocorreu na transição Oligoceno/Mioceno (27-21 Ma, com pico em 25 Ma) decorrente período geológico de mudança climática global (HEIN *et al.*, 1993). Neste período as correntes de fundo oceânico se intensificaram promovendo o incremento do *upwelling* das águas profundas em torno das elevações submarinas.

Ao se analisar a coluna estratigráfica da Bacia Potiguar, nesta região costeira, considerando um intervalo do tempo geológico dentro deste evento fosfogênico global, passível de formação de fosforita diagenética e o ambiente propício para deposição do fósforo, aproxima-se da Formação Guamaré. Esta formação foi depositada em plataforma e talude, é de idade

Campaniano/Mioceno e constituída por calcarenitos bioclásticos e calcirruditos (SOUSA, 2002).

8. CONCLUSÕES

A descoberta de expressivos corpos de fosforitos associados à falhamentos das zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Orós, abre um novo ambiente metalogenético para futuros trabalhos de exploração mineral na província da Borborema.

O controle estrutural por falhas geológicas das zonas de cisalhamento transcorrente Senador Pompeu e Orós, define o metalotecto do minério.

As mineralizações de todos os corpos conhecidos apresentam, de modo geral, uma grande homogeneidade, tanto em relação aos minerais constituintes como nos aspectos estruturais. A variação frequente que ocorre, tanto em escala de “amostras de mão” como em escala de afloramento, é na quantidade relativa de quartzo e fosforito.

A mineralização é formada essencialmente por variscita e quartzo, contendo minerais fosfatados secundários em quantidades traço, como a colinsita, e com reduzidas quantidades de nacrita (grupo caulim) e vaterita (Ca-carbonato).

Agradecimentos

Agradeço ao Dr. R. M. Pereira pelas profícuas discussões e revisão do texto que muito contribuíram para a estruturação do presente manuscrito e que permitiram alcançar os resultados ora explanados.



Referências bibliográficas

- ALHEIROS M.M *et al.*, 1988, Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental. In: SBG/Núcleo Norte, Cong. Bras. Geol., 35, Belém, Anais, 2: 753-760.
- CALADO, B. O., 2017, Geologia e recursos minerais da folha Bonhu – SB.24-X-A-V: Estado do Ceará. Escala 1:100.000. / Fortaleza: CPRM, 2017. 56p.: il.; + mapa (disponível em meio digital) Programa Geologia do Brasil - PGB. Integração e Difusão de Dados da Geologia do Brasil.
- CPRM, 2020 - Mapa de Recursos Minerais do Estado do Ceará - Escala 1:500.000 – Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral - Ação Levantamentos Geológicos e Integração Geológica Regional – SMTM/SGM/CPRM
- GDILL, H., 2001, The geology of aluminium phosphates and sulphates of the alunite group minerals: a review, *Earth-Science Reviews*, Volume 53, Issues 1–2, March 2001, Pages 35-93.
- GOMES NETO, A. O., 2007 - Neotectônica do Baixo Vale do Rio Jaguaribe – Ceará - Tese (Doutorado em Geociências) Unesp – Rio Claro.
- GUAZELLI, W. *et al.*, 1977. Cruzeiro Platôs Marginais do Nordeste Brasileiro: Resultados Geológicos Preliminares. In: Simpósio de Geologia do Nordeste. Atas, 101-110, Campina Grande, Brasil.
- GUAZELLI, W & COSTA, M.P.A., 1978, Ocorrência de Fosfato no Platô do Ceará. Projeto REMAC, v. 3: 7-14, Rio de Janeiro, Brasil.
- LARSEN, E.S. (1942), The Mineralogy and Paragenesis of the Variscite Nodules from Near Fairfield, Utah. part 3.- *American Mineralogist* Volume 27, pages 441-451.
- MIZUSAKI A.M.P. *et al.*, 2002, Mesozoic and Cenozoic igneous activity and its tectonic control in northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v.15, p. 183-198.
- PARENTE, C.V. & ARTHAUD, M. H., 1995, O Sistema Orós-Jaguaribe no Ceará, NE do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. 25 (4): 297- 306.