

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**



***Estudo do potencial mineral para U-ETR com base na  
geoquímica e química mineral do Depósito Uranífero de São  
José de Espinharas (PB)***

---



*Autor: Breno Marinho de Araújo Barbosa*

*Orientador: Prof. Dr. Edilton José dos Santos  
Co-Orientador: Prof. João Adauto de Souza Neto, Dr.Sc.*

Recife (PE)

Janeiro/2012

**ESTUDO DO POTENCIAL MINERAL PARA U-ETR COM BASE NA GEOQUÍMICA E QUÍMICA MINERAL DO DEPÓSITO URINÍFERO DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS (PB) / BRENO MARINHO DE ARAÚJO BARBOSA**

**Resumo:** Avaliação do potencial mineral para U-ETR com base na geoquímica e química mineral do depósito Urinífero de São José de Espinharas (PB) / Breno Marinho de Araújo Barbosa

**Palavras-chave:**

**Resumo:** Avaliação do potencial mineral para U-ETR com base na geoquímica e química mineral do depósito Urinífero de São José de Espinharas (PB) / Breno Marinho de Araújo Barbosa

Catalogação na fonte

Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

**B238e**

Barbosa, Breno Marinho de Araújo.

Estudo do potencial mineral para U-ETR com base na geoquímica e química mineral do depósito Urinífero de São José de Espinharas (PB) / Breno Marinho de Araújo Barbosa. - Recife: O Autor, 2012.

116 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Profº Drº. Edilton José dos Santos.

Co-orientador: Prof.º João Adauto de Souza Neto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2012.

Inclui Referências e Anexos.

1. Geociências. 2.Geoquímica. 3.Química Mineral.
- 4.Elementos de Terras Raras (ETR). I.Santos, Edilton José dos (Orientador). II. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2012- 162

**ESTUDO DO DEPÓSITO URANÍFERO DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS (PB):  
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL MINERAL PARA U-ETR COM BASE NA  
PETROGRAFIA DETALHADA E GEOQUÍMICA DO MINÉRIO**

O Projeto estudado encontra-se localizado na Ilha do Mel, no litorâneo da costa da Bahia, no Brasil. A área de estudo é parte da serra das Ilhas, que faz parte da Chapada Diamantina, no interior da Bahia. A serra das Ilhas é uma formação geológica que se estende ao longo da costa da Bahia, entre os rios São Francisco e São João. O projeto é uma exploração mineral que visa a extração de urânio e outros elementos raros da serra das Ilhas.

**APROVADO**

O Projeto de Exploração de urânio da serra das Ilhas é um projeto de exploração mineral que visa a extração de urânio e outros elementos raros da serra das Ilhas. O projeto é uma exploração mineral que visa a extração de urânio e outros elementos raros da serra das Ilhas.

**Edilton José dos Santos**

31 de janeiro de 2012

Teresópolis (E.T.R) de reforma

Nos resultados preliminares do projeto foram detectadas 10 em 100 amostras de testemunho de sondagem, realizadas pela ETR, no Espírito Santo, para fornecer os dados de referência para o projeto de extração de urânio da serra das Ilhas.

**João Adauto de Souza Neto**

31 de janeiro de 2012

Nos resultados preliminares do projeto foram detectadas 10 em 100 amostras de testemunho de sondagem, realizadas pela ETR, no Espírito Santo, para fornecer os dados de referência para o projeto de extração de urânio da serra das Ilhas.

**César Ulisses Vieira Veríssimo**

31 de janeiro de 2012

Nos resultados preliminares do projeto foram detectadas 10 em 100 amostras de testemunho de sondagem, realizadas pela ETR, no Espírito Santo, para fornecer os dados de referência para o projeto de extração de urânio da serra das Ilhas.

## RESUMO

A região estudada encontra-se a cerca de 25km a nordeste de Patos, cidade do sertão paraibano, no município de São José de Espinharas. Do ponto de vista geológico está enquadrada na Província Borborema, situada no Domínio Rio Grande do Norte, alojada dentro do terreno Rio Piranhas (TRP), um extenso maciço paleoproterozóico retrabalhado no ciclo Brasiliano.

O Depósito de São José de Espinharas é caracterizada como mineralização de urânio formada por epissienitização, pela alteração metassomática das rochas hospedeiras, que promove essencialmente albitização de rochas ígneas (aplogranitos) e *augen gnaisse*. Sabe-se de trabalho anteriores que há um grande potencial neste depósito para ele ser considerado, além de urânio, importante em concentrações de Elementos Terras Raras (ETR) e fósforo.

Nos trabalhos realizados, no âmbito dessa dissertação, foram coletadas amostras de testemunho de sondagem, realizados em São José de Espinharas pela NUCLAM, na década de 80, hoje armazenados no interior do Ceará, no acampamento da jazida de Itataia, pertencente às Indústrias Nucleares do Brasil. Essas amostras foram analisadas em Fluorescência de Raios-X portátil, geraram uma matriz de correlação e foram encontradas as correlações Fe-Mn, em feldspatos alterados com inclusões de magnetita oxidada e manganês, e a associação Te-Cs-Sb-Sn, em minerais preenchendo fraturas de alto ângulo. Posteriormente a amostra EBH1-EB-2 passou por análise de química mineral, buscando se caracterizar as fases minerais portadoras de urânio, fosfato e elementos terras raras.

As fases minerais separadas pelo estudo petrográfico, como principais alvos da investigação da mineralização em U e ETR, foram minerais secundários, os opacos e cloritas, associadas a uma geração de albitas tardias de alteração hidrotermal, e estão ocupando os interstícios da rocha, criados devido ao espaço dado provavelmente pelo processo de dessilicificação.

## ABSTRACT

The study area is about 25 km northeast of Patos, Paraíba in the municipality of São José de Espinharas. The geological point of interest is in the Borborema Province, located in Rio Grande do Norte Domain, within the Terreno Rio Piranhas (TRP), an extensive terrene paleoproterozoic reworked in the brasiliano cycle.

The deposit of São José de Espinharas is characterized as an deposit of uranium mineralization formed by sodic metasomatic alteration of igneous rocks (aplogranitos) and augen gneiss during Brazilian event (~500 Ma). Although It is known from previous works with uranium ore, there is potential in additional to have good concentrations of rare earth elements (REE) and phosphorus.

The Drillhole of places most known ore in São José de Espinharas were carried out by NUCLAM and Geosol company in the 1980's. These samples have studied in São Jose de Espinharas and are now stored in the interior of Ceará state, in the camp site of Itataia, them are properties of the Nuclear Industries Brazil, who controls the exploration of brazilian uranium. These samples were analyzed by X-ray fluorescence portable to generate a correlation matrix. The correlations of Fe-Mn in altered feldspars with inclusions of magnetite and manganese oxidized and the association Cs-Te-Sb-Sn in minerals filling high-angle fractures were found after analyse the data. Subsequently some points of the sample EBH1-EB-2 underwent analysis of mineral chemistry seeking to characterize the mineral phases containing uranium and rare earth elements.

The petrographic study with mineral chemistry is the main tool to target the objectives proposed in this work, where the mineralization of Rare Earth Elements (REE) is investigated as secondary ore in this deposits. The REE are included in mineral opaque with uranium, associated to late hydrothermal alteration created by some processes, one them is the Na metassomatic.

## **Apresentação**

---

Com orgulho apresenta-se esta dissertação intitulada: “*Estudo do Depósito Urânifero de São José de Espinharas (PB): Avaliação do potencial mineral para U-ETR com base na geoquímica e química mineral*”, realizado por Breno Marinho de Araújo Barbosa, Geólogo formado em 2009.1 pela UFPE, agora mestrando sob a orientação dos amigos e professores Edilton José dos Santos e João Adauto de Souza Neto.

A minha decisão de me especializar nos estudos de recursos energéticos foi tomada durante o curso de Geologia, ainda na cadeira de Recursos Energéticos, até então ministrada pelo grande amigo e professor Evenildo Bezerra de Melo.

A Universidade Federal de Pernambuco não tem atualmente tradição em trabalhos voltados para a área energética de urânio, o que me fez pensar em começar uma pós-graduação fora do estado, nas instituições que oferecem maiores prestígios no País. Por sorte, ou coincidência feliz, seja lá o que as pessoas dizem sobre isso, que acredito ser parte de um plano divino, o professor Adauto me ofereceu o projeto de Espinharas com uma humilde proposta: de retomar os trabalhos de avaliação geoquímica do minério, começados por ele na geração 2000 com o relatório final de graduação do Geólogo Sebastião Rodrigo Cortez de Souza, elaborado âmbito de projetos coordenados por ele na UFPE e CNPq.

A história dessa dissertação se inicia com meu estágio na Crusader do Brasil Mineração Ltda., empresa australiana com filial situada em João Pessoa, no qual faria-se parceria em prol de novos conhecimentos geológicos do depósito mineral em foco. Como o urânio ainda é monopólio do governo, e São José de Espinharas já é preconizado um depósito de urânio (5º do Brasil em reservas), os estudos teriam uma perspectiva nova: a de avaliar o potencial para outros elementos químicos com valor de mercado agregado.

Sabendo-se para isso que para se extrair o urânio é necessário programar a forma de mineração da jazida, seja ela a céu aberto ou por meio de galerias subterrâneas. O que vai balizar essa decisão serão as fases minerais em que se encontram o urânio e sua distribuição ao longo do corpo mineralizado.

O enfoque geológico desse trabalho é investigar e avaliar, com base em petrografia de detalhe e dados geoquímicos e de composição química mineral, de amostras frescas do minério coletadas nos testemunhos de sondagem, realizados em São José de Espinharas na década de 80.

Com isso espera-se contribuir com novidades na geologia local e levantar mais discussões sobre a gênese e o modelo de mineralização metassomática do urânio na Província Borborema.

## Lista de Figuras

---

- Figura 3.1 – Aparelho portátil de fluorescência de raios-x, Niton®, utilizado para determinar concentração de alguns elementos químicos nas amostras descritas nos furos de sondagem estudados.....14
- Figura 4.1 – Compartimentação tectônica da Província Borborema. As subprovíncias setentrionais, ao norte do lineamento Patos, possuem grandes extensões de terrenos arqueanos e paleoproterozóicos (incluindo a faixa Orós-Jaguaribe) e domínios brasileiros (Médio Coreau, Ceará Central e Seridó). A subprovíncia Transversal inclui um terreno paleoproterozóico (Alto Moxotó) e faixas de evolução Cariris Velhos e/ou brasileira (Cachoeirinha, Riacho Gravatá, Alto Pajeú e Rio Capibaribe). As subprovíncias meridionais, ao sul do lineamento Pernambuco, englobam faixas de evolução predominantemente brasileira (Riacho do Pontal e Sergipana) e domínios brasileiros (Canindé-Marancó e Pernambuco Alagoas). Modificado de Santos & Medeiros (1999).....17
- Figura 4.2- Padrões aeromagnético e compartimentação tectônica do estado da Paraíba. As zonas de cisalhamento Patos e Malta são grandes corredores tectônicos e pode ter grande importância como percoladores de fluidos mineralizados, Santos et al(2002).....18
- Figura 5.1: Mapa com os principais depósitos de urânio conhecidos no Brasil (Fonte: adaptado de Forman (1978) e Javaroni & Maciel (1985).....21
- Figura 5.2 – Mapa do contexto regional com localização dos prospectos de urânio entre eles o de São José de Espinharas, Porto da Silveira (1991).....22
- Figura 5.3 - Os Elementos Terras Raras ou grupo dos lantanídeos da tabela periódica, (Fonte: U.S. Geological Survey,2010). O elemento Pm (61) não existe na natureza, por isso não está em destaque negrito na figura.....28
- Figura 5.4 – Gráfico mostrando a produção de ETR de 1950 a 2000. Entre 1950 até a metade da década de 80 os Estados Unidos dominavam a produção dos elementos (Era dos carbonatitos de Mountain Pass). Desde então os chineses ocupam quase toda produção e colocam em discussão esse lado negativo que existe quando um país controla o destino da economia do mundo eletrônico (Fonte: U.S. Geological Survey).....29
- Figura 5.5 - Padrão de abundância dos Elementos Terras Raras, mostrando um leve enriquecimento de terras raras pesados nos depósitos lateríticos chineses em relação ao carbonatito de Mountain Pass e a crosta continental superior. (Fonte: U.S. Geological Survey ,2010). Note-se que na escala vertical está em uma base logarítmica, equivalente a ppm.....29
- Figura 5.6 - Dados geoquímicos para o granito-gnaisse ( contato entre os gnaisses bandados e os microgranitos intrusivos) do depósito de U-ETR de São José de Espinharas (A); para o aploranito (epissienito) (B) (mod. de Silveira et al., 1986) e para o stock de Ghurayyah, na Arábia Saudita, referentes às suas rochas encaixantes e seus equivalentes mineralizados (C) (segundo Drysdall et al, 1984), retirado de Grossi Sad et al. 1989.....34
- Figura 5.7 – Dado geoquímico de ETR para a série de transição da rocha biotita-anfibólito gnaisse mineralizada ( $U = 755 \text{ ppm}$ ) a não mineralizada ( $U = 3-27 \text{ ppm}$  ), onde região cinza mostra forte enriquecimento em terras raras pesados, a partir do Eu (Adaptado de Porto da Silveira (1991)).....34
- Figura 5.8- (I) Albítitos intrusivos, fraturados, no corpo mineralizado da cidade de São José de Espinharas ( Mapa da Crusader do Brasil Mineração, Anexo 1) com intrusões pegmatíticas de baixo ângulo (setas cinzas) e (II) detalhe de fraturas metassomatizadas (setas cinzas); em (III) afloramento no prospecto de Lajedo Branco, com sheet de albítitos metassomatizados acompanhando concordantemente a foliação de *augen* gnaisse anfibólito, metassomatizado e mineralizado.....39

Figura 5.9 – Modelagem do controle de mineralização, com contorno do dique inferido cortando a foliação regional e esforços tectônicos que geraram uma zona principal de deformação. As amostras plotadas fazem parte dos alvos de estudos, coletadas em profundidade, sendo a EB-2, a amostra representativa utilizada neste estudo para as análises de química mineral. Modificado de Grossi Sad et al. (1989).....	40
Figura 6.1 – Galpão da INB em Santa Quitéria (CE) com as caixas de sondagem de São José de Espinharas. Geralmente as caixas de sondagem apresentam falta de amostras em alguns intervalos e não há conservação adequada.....	41
Figura 6.2 – Cintilômetro portátil da marca Explorium Gr-110 Gamma Ray Scintillometer, usado para contagem de radiação total (K + Th + U) por segundo (cps).....	42
Figura 6.3 – – Gnaisse bandado metassomatizado (coloração avermelhada, dada por albitezção e presença de microcristais de hematita) com máficos (biotita e hornblenda) alterando para clorita (verde claro). Furo de sondagem EBH-3 (143 m), da área do Depósito de U-ETR de São José de Espinharas (PB). A largura do testemunho tem 5 cm.....	44
Figura 6.4 – – Albitito mineralizado com concentrações anômalas de urânia e veio de quartzo truncado. Furo de sondagem EBH-3 a 172 m. Depósito São José de Espinharas – PB.....	45
Figura 6.5 - Albitito cortado por dique pegmatítico, onde os minerais brancos são carbonatos (dolomita) e feldspatos estão alterados para cor vermelha quando sofrem sericitização e hematização. A amostra EBH-12 está a 361m do solo. O metassomatismo modificou toda a textura da rocha primária do depósito São José de Espinharas – PB.....	45
Figura 6.6- – Diques graníticos epissieníticos (albitito avermelhando) cortando o gnaisse (cinza avermelhado). EBH-52 a 224m. Depósito São José de Espinharas – PB.....	45
Figura 6.7 - Albitito mineralizado com preenchimento de interstícios, possivelmente ricos em clorita (coloração esverdeada), onde se acreditava ser uma potencial fase portadora de urânia e Elementos Terras Rara, furo EBH-3 a 175m.....	46
Figura 6.8.- Fotomicrografia mostrando (A) albitezção ocorrendo na troca de feldspato potássico (microclina) para sódico (albita) com saussuritização posterior atingido seletivamente a albita (carbonato + epidoto + sericita). (B) mesma imagem com nicóis cruzados. Amostra EBH-1 EB-2. (Objetiva 4x/0,25 P).....	50
Figura 6.9 -(A) Microclina intensamente sericitizada com corona de recristalização composta por albita. (B) Detalhe da albitezção e sericitização em nicóis cruzados . Leica (Obj. 4x/0,25 P).....	50
Figura 6.10 – Biotita alterando para clorita (esverdeadas e opacas). Esta reação pode ser a fonte de Fe para formação de óxidos (minerais opacos). Nicóis paralelos, amostra EB20, furo EBH-57.....	54
Figura 6.11– – Hematização (Hem- oxidação da magnetita) minerais opacos (Op) nos insterstícios de feldspatos e em clivagens (setas amarelas), de plagioclásio (Plag) na maioria, com outros minerais opacos associados. Ainda é possível ver Microclina (Mic) zonada por albita recristalizada. Augen gnaisse anfibolítico metassomatizado do Furo EBH-1, amostra EB2 a 115 metros do solo. Microscópio Leica (Obj. 4x/0,25 P).....	55
Figura 6.12 – Hematização pervasiva nos feldspatos alcalinos, com formação de minerais opacos (magnetita ou pirita ) nos interstícios. Piritização ocorre subordinadamente dentre os minerais opacos. Furo EBH-53, amostra EB 21 a 262 metros do solo.....	55
Figura 6.13 – – Fotomicrografia mostrando a hornblenda (Hbl) sofrendo transformação com formação de riebeckita–arfvedsonita (Rbk) e alteração por inclusão de minerais opacos (Op), preferencialmente desenvolvidas nas bordas dos cristais. Nicóis paralelos e aumento de 10x.....	56

Figura 6.14 - Hornblenda actinolizada (Act) com alta birrefringência e alteração da hornblenda (Hbl) para clorita (Clr), minerais fibrosos nas bordas do cristal. Amostra EB-16, furo EBH-19.56

Figura 6.15 – Fotomicrografia mostrando clorita (Chl) associada as albitas tardias (Ab) e minerais opacos (Op), ambos cristalizados como massa microcristalina nos interstícios dos feldspatos alcalinos albitizados com hematita associada. Furo EBH-56, amostra EB-7. Nicóis Paralelos, Aumento de 40X.....58

Figura 6.16 - Massa de feldspatos albiticos com inclusões de óxidos de Fe e Mn associados. Sob nicóis cruzados, à esquerda, os feldspatos são escuros. À direita, sob luz transmitida, os feldspatos mostram aspecto fosco e nebuloso, dado pelas inclusões de óxidos de Fe e Mn. Todos espaços entre os cristais (cinzas na imagem da esquerda, e brancos na imagem da direita) são vazios da dissolução. Amostra EBH24/EB-24 (Área VI).....60

Figura 6.17 – Imagem das lâminas delgadas polidas estudadas e detalhadamente para a seleção de minerais para o estudo de química mineral. São 8 lâminas no total, onde foram descritas mais de 40 áreas (círculos amarelos) contendo fases minerais potencialmente hospedeira de U. A amostra representativa contendo todas as fases minerais de interesse, selecionada para o estudo de química mineral é a Amostra EBH1-EB2, primeira lâmina, no canto superior esquerdo da imagem. Trata-se de um biotita-hornblenda gnaissé albitizado, que teve das 15 áreas estudadas, duas usadas para detalhamento e análises qualitativas por MEV-WDS.....61

Figura 6.18 - Imagem da amostra EB-2 contendo 1.354 ppm de U e representa a maior quantidade desse elemento nas amostras dos furos de sondagem estudados. Foram selecionadas 15 áreas de interesses (círculos amarelos), considerados alvos para possíveis fases minerais portadoras de U-ETR. As imagens do lado direito da foto mostram o detalhamento de cada área de interesse, da Área I a XI.....62

Figura 6.19 - Imagem da amostra EB-2 contendo 1.354 ppm de U e representa a maior quantidade desse elemento nas amostras dos furos de sondagem estudados. Foram selecionadas 15 áreas de interesses (círculos amarelos), considerados alvos para possíveis fases minerais portadoras de U-ETR. As imagens do lado direito da foto mostram o detalhamento de cada área de interesse, da Área XIII a XV.....63

Figura 6.20 – Fotomicrografia mostrando detalhe da Área 1 da Amostra EBH1-EB2, onde são observados os minerais envolvidos nas análises químicas qualitativas por MEV-WDS. Abreviaturas: Ab albita, Chl clorita, Ser sericita, Op – opacos/uraninita.....65

Figura 6.21 – Imagens no MEV da Área 1 (Amostra EBH1-EB2) investigada com os respectivos espectros qualitativos MEV-WDS das análises químicas nos pontos 1 e 2. O Ponto 1 o espectro (a) mostra os elementos U > Th > Y > Ce > P que foram detectados. O Ponto 2 com os dois espectros abaixo (b) e (c), feitos no mesmo ponto, detectaram no primeiro espectro Al > Mg > Si, e no segundo Fe > Mn Ab- Albita, Chl – Clorita, Sr – Sericita, Ur-Uraninita.....66

Figura 6.22 – Fotomicrografia mostrando detalhe da Área 13 da Amostra EBH1-EB2, onde são observados os minerais opacos nas bordas de feldspatos recristalizados com clorita, envolvidos nas análises químicas qualitativas por MEV-WDS. O retângulo da esquerda, onde foram analisados os minerais opacos possíveis portadores de U-ETR, e o quadrado do lado direito, onde foram analisados os feldspatos zonados com albitização.....67

Figura 6.23 – Imagens detalhadas em MEV da Área 13, do retângulo onde foram analisados os minerais opacos (Amostra EBH1-EB2) investigada com espectros qualitativos MEV-WDS. Ur-Uraninita, Mag – Magnetita (A) Os minerais opacos constituem dois grupos de minerais associados, um mais claro e outro mais escuro. O mais claro é portador de U – Th – Y – P, classificado como uraninita (Ur) (B). O outro mais escuro trata-se de magnetita (Mag), onde foi detectado Fe, sem Ti (espectro qualitativo não disponível).....68

Figura 6.24. A investigação do feldspato zonado comprova a albitização, onde o núcleo tem composição de microclina (Mc) e a borda de albina (Ab) (I). No núcleo de microclina sericitizado há várias inclusões de magnetita (Mag) (II).....69

## **Lista de Tabelas**

---

Tabela 5.1- Configuração eletrônica para átomo ou íons do elemento químico urânio com os estados de oxidação $U^{+2}$ e $U^{+3}$ obtidos apenas em condições de laboratório, Nash et al. 1981.....	24
Tabela 5.2: Concentrações médias de urânio nos principais tipos de rochas ígneas, sedimentares, metamórficas e nos minérios de Espinharas (modificado de Rogers & Adams,1969b). Note que as amostras de gnaiss metassomatizado apresentam média maior que os albititos/epissienitos, Porto da Silveira (1986).....	24
Tabela 5.3 – Redução da quota de exportação dos ETR chineses (em toneladas), mostrando um corte de 40% na exportação de 2010 em relação ao total da quota de exportação de 2009, fonte: Lynas Corporation ,2010.....	30
Tabela 5.4 - Preços para os Elementos Terras Raras, “FOB” China, com 99% de pureza em óxido (Fonte: Lynas Corporation, 2011). O Ce foi o elemento com maior queda de preço entre os terras raras, registrando 53% em comparação ao 3º trimestre de 2011. Note que Mt Weld distribution (não tem tradução específica para o português) totaliza 98.9%, cujo saldo é feito por óxidos de Ga, Ho, Er e Y. Informações do preço desses metais não foi disponibilizado pela Lynas Corporation.....	27
Tabela 5.5 – Metalogênese de granitoides com base em ETR, o do tipo alcalino mais se enquadra com depósito de São José de Espinharas. (Organizada e modificada segundo dados de Taylor & Fryer 1983).....	28
Tabela 5.6 Melalogênese dos Granitoides Tipo RC e MM com Base nos ETR, segundo trabalhos da Escola Chinesa. Modificado de Grossi Sad et al. (1989).....	31
Tabela 5.7 - Descrição resumida da complexa litoestratigrafia de Espinharas, correlacionadas com as litologias, unidades e principais características petrológicas. (baseado em dados de Souza, S.R 2004).....	33
Tabela 6.1 - Relação das amostras coletadas nos testemunhos de sondagem estudados, contendo identificação do furo de sondagem e da amostra, litologia, teor de urânio (analisado com FRX portátil da Niton®) e profundidade. Note-se que o maior teor de urânio (1.354,34 ppm) encontrado foi registrado em um gnaiss albítizado (Furo EBH-1/Amostra EB-2). Abreviatura: U urânio; Prof. é profundidade; m é metros e ppm partes por milhão.....	41
Tabela 6.2- Principais processos de metassomatismo associada a mineralização com o timing das ocorrências entre elas no depósito de São José de Espinharas. O grupo 1 de minerais opacos engloba a magnetita e o grupo 2, as uraninitas e coffinita. Estabelecido por Porto Silveira (1991).....	42
Tabela 6.3 – Tabelas de dados e matriz de correlação das concentrações de elementos maiores, menores e traços obtidos por FRX portátil das 22 amostras frescas coletadas nos furos de sondagem de São José de Espinharas (PB). Todas as concentrações estão em ppm e na matriz de correlação, as correlações positivas estão realçadas em tom cinza.....	50

## **Tabela de Conteúdo**

---

1.	Introdução .....	10
2.	Objetivos .....	11
3.	Metodologia.....	12
4.	Geologia Regional e História da Exploração Mineral em São José de Espinharas.....	15
5.	Reservas de Urânio no Brasil e Aspectos da Geologia Econômica de São José de Espinharas.....	20
5.1.	Urânio .....	23
5.2.	Revisão sobre os Elementos Terras Raras e sua Economia Mineral.....	27
5.2.1.	Produção e Abundância dos Elementos Terras Raras no Mundo.....	27
5.2.2.	Preços dos Elementos Terras Raras.....	30
5.2.3.	Revisão dos Trabalhos Anteriores Envolvendo Elementos Terras Raras em São José de Espinharas.....	31
5.3	Aspectos de Campo e Controle Estrutural Da Mineralização Obtido em Furos de Sondagem de São José de Espinharas.....	36
6.	Resultados.....	41
6.1.	Analise dos Testemunhos de Sondagem de São José de Espinharas: Amostragem e Avaliação GamaEspectrométrica In Situ.....	41
6.2.	Analise dos Testemunhos de Sondagem de São José de Espinharas: Estudos Petrográficos Detalhados.....	48
6.3.	Analise dos Testemunhos de Sondagem de São José de Espinharas: Estudos Geoquímicos de Fluorescência de Raios-X E Microscopia Eletrônica de Varredura com WDS Acoplada.....	59
7.	Discussão e Conclusões.....	70

### **Referência Bibliografia**

Anexo 1- Geologia Interpretada dos depósitos de Espinharas e o prospecto Araras com localização dos furos de sondagem.

Anexo 2– Mapa geológico de São José de Espinharas.

Anexo 3– Tabelas com as descrições dos furos de sondagem.

Anexo 4– Tabelas com descrições petrográficas das amostras estudadas dos furos de sondagens de São José de Espinharas (PB).

## **1. INTRODUÇÃO**

---

Esta dissertação foca no quinto maior depósito de Urânio conhecido no Brasil, o de São José de Espinharas, localizado no município homônimo, pertencente estado da Paraíba. Nos últimos anos este depósito foi alvo de pesquisa na área de geologia econômica de urânio e geoquímica de professores da UFPE e pesquisadores de geociências, além das empresas NUCLAM/NUCLEBRAS (anos 70), Geosol (anos 80), e recentemente a mineradora australiana, Crusader do Brasil Mineração Ltda., pelo interesse nos metais ditos Terras Raras, elementos de matérias primas na indústria de alta tecnologia e que se acredita estar associados ao minério de urânio.

Este trabalho é mais uma tentativa de retomar os estudos desse depósito, alvo de prospecção mineral das antigas empresas governamentais nucleares (NUCLAM E NUCLEBRAS), na década de 70 e 80. Os investimentos em São José de Espinharas foram notáveis aos cofres públicos, que decidiram abandonar o depósito em meados da década de 80. Por outro lado, diversas informações geológicas estão inutilizadas, como por exemplo, as caixas contendo as rochas da campanha de sondagem foram sepultadas em galpões longínquos e os relatórios dos trabalhos emprateleirados nas bibliotecas quase desconhecidas. Na década de 80 e 90, trabalhos de Porto da Silveira (1986), Grossi Sad et al. (1989) e Porto da Silveira et al. (1990), contribuíram para o conhecimento da geoquímica, enriquecida em Elementos Terras Raras, no Depósito de São José de Espinharas. No início dessa geração 2000, a retomada dos estudos aconteceu no trabalho de graduação feito pelo Cortez de Souza, Souza Neto e Santos, com o mapeamento geológico detalhado (1:40.000) da área em torno do depósito, geoquímica de rochas hospedeira e encaixantes representativas da área, respectivamente. O trabalho de Cortez de Souza (2004) está sendo usado como referência no atual trabalho (ver Anexo 2).

A respeito do conhecimento geológico do depósito, considerada avançada se comparada com outras pequenas ocorrências minerais de urânio feitos pela NUCLAM na Província Borborema, há necessidade de ser renovados e

adequados os conceitos de modelo de mineralização, pois o modelo usado de metassomatismo, assimilado na época da escola francesa é ultrapassado para explicar a gênese desse depósito. Além disso, há possibilidade de investigar a perspectiva do depósito mineral apresentar significativas concentrações de Elementos Terras Raras (ETR) associadas ao minério de urânio. Com as novas tecnologias, tais como: análise mineralogia de alta definição (microssonda eletrônica, difratometria de raios-X), junto com outras técnicas de análises das imagens óticas de alta resolução (com até 350.000 x de aumento), são capazes de detectar fases portadoras de urânio em baixas concentrações de  $U_3O_8$  e em resolução espacial menor. Através de estudos geológicos refinados dos dados que já foram adquiridos, dentre eles a campanha de sondagem, pode ser possível dar novos passos em reavaliar as possíveis fases minerais de urânio, associações e determinar a concentração em cada uma delas. Assim uma empresa, que tenha interesse na área, planejaria e desenvolveria projetos com extração de todos os recursos agregados ao urânio, otimizados e sustentáveis, com aproveitamento mais racional de suas reservas.

## **2. Objetivos**

---

O principal objetivo dessa dissertação é estudar as amostras frescas dos furos de sondagem, pretendendo-se com petrografia detalhada e a ajuda de geoquímica (rocha total e química mineral), determinar as fases minerais portadoras das mineralizações de urânio e ETR, no depósito de São José de Espinharas.

Esse estudo não contempla a mudança do modelo geotectônico do depósito enunciado e preconizado de mineralização para o deposito de São José de Espinharas, onde as litologias mineralizadas são formadas por epissienitização. Ou seja, que é caracterizado na geologia local pela alteração metassomática das rochas hospedeiras, acompanhadas de albitização de grande parte das litologias encontradas na região (NUCLAM,1980). Nos trabalhos publicados sobre este depósito percebe-se que carecem de estudos detalhados com informações de quais fases minerais precisamente o urânio se encontra hospedado, se é, por exemplo, proveniente de substituição isomórfica

dos minerais primários ou se o urânio está em minerais acessórios. Além disso, trabalhos geoquímicos desenvolvidos em São José de Espinharas mostram um enriquecimento de Elementos Terras Raras Pesados (ETRP: Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, e Lu) nos albititos derivados de aplogranitos e granito-gnaisse e biotita anfibólito gnaisse (Grossi Sad et al. 1989). Com isso, São José de Espinharas defronta-se com a oportunidade de ser um depósito também detentor de metais classificados como de alta tecnologia (ETR), para os quais há um aumento na demanda global.

### **3. METODOLOGIA**

---

A metodologia adotada para execução desta dissertação contemplou estudos de campo e de laboratório, os quais podem ser divididos nas seguintes etapas;

- i. Revisão Bibliográfica sobre o tema abordado na literatura especializada nacional e internacional, assim como em órgãos públicos, empresas particulares e instituições de ensino;
- ii. Uso do mapa geológico de semi-detalhe (Escala 1:40.000) de Cortez de Souza (2004) para geologia regional e compreensão do depósito; o mapa geológico (Escala 1:12.500) da empresa Crusader do Brasil Mineração Ltda. é utilizado para reconhecimento em planta dos furos de sondagem feitos pela NUCLAM e discussão dos resultados.
- iii. Descrição e amostragem dos testemunhos de sondagem, executadas no depósito de São José de Espinharas, da década de 1980, atualmente guardados na base das Indústrias Nucleares Brasileiras (INB) em Santa Quitéria, Ceará; Os testemunhos de sondagem, antes de serem levados para o Ceará, estavam armazenados em galpões especialmente construídos para manter as caixas em São José de Espinharas, na Paraíba. Porém com a posse da INB, detentora atual dos direitos

mineiros de São José de Espinharas, os testemunhos foram transferidos para a base de Itataia, localizado em Santa Quitéria, Ceará. As descrições dos furos foram feitas de acordo com as nomenclaturas preconizadas da geologia local mais recente (Cortez de Souza, 2004), com triagem das rochas aparentemente mineralizadas, com atenção voltada para estruturas importantes (fraturas e foliações) e principais minerais formadores das rochas descritas.

- iv. Durante os trabalhos de descrição foram coletadas 22 (vinte e duas) amostras dentre os 13 (treze) furos existentes, onde somente 17 amostras foram usadas porque as demais se perderam no laboratório de confecção de amostras. A coleta de furos de testemunhos de São José de Espinharas ocorreram no acampamento de Itataia, onde em média era coletarada duas amostras por furo. A seleção era feita de forma aleatória, sendo assim coletada uma rocha mineralizada (albitito/epissienito ou *augen* gnaisse albitizado) e uma amostra não mineralizada (geralmente gnaisses). Todas as amostras coletadas para estudos petrográficos passaram por análise com um aparelho portátil de Fluorescência de Raios-X, da marca Niton® (Figura 3.1), cedido pela Crusader do Brasil Mineração Ltda. Com os dados dessas análises geoquímicas foi feita uma matriz de correlação geoquímica envolvendo todos os elementos analisados (elementos maiores: Fe, Ti, Mn, Ca e K; e os elementos menores e traços: U, Th, Zr, Cu, Mo, Sr, Rb, Pb, Zn, Co, V, Sn, Ba, Cs, Sc, Te, Sb, Cd, Pd).
- v. Estudos petrográficos das amostras frescas coletadas nos testemunhos de sondagem pré-existentes. As lâminas (delgadas e delgadas polidas) foram confeccionadas, no total de 17 amostras das 22 amostras, no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia (DGEO) da Universidade Federal de Pernambuco, descritas com auxílio de microscópio petrográfico, nas instalações laboratoriais do DGEO-UFPE. Esta etapa forneceu parâmetros fundamentais para a caracterização petrográfica detalhada dos tipos de rochas estudados e da mineralogia das rochas hospedeiras de U-ETR, permitindo a seleção dos litotipos e

feições mais representativas, com possibilidades de mineralização, para as análises de química mineral;

- vi. Das 22 (vinte e duas amostras) coletadas nos furos de sondagem descritos e amostrados, 8 (oito) foram selecionadas para serem polidas por serem representativas da mineralogia do minério, e destas apenas 1 (uma) amostra foi selecionada para as análises de composição química mineral das fases potenciais hospedeiras de U e ETR. Essa amostra selecionada (EBH-1 EB-2) foi selecionada por ser representativa das fases minerais da mineralização, e também por apresentar a maior concentração de U encontrada, além de ser a amostra com menor grau de alteração, bem preservada.
- vii. Análises de química mineral, de forma qualitativa, foram executadas no LDN (Laboratório de Dispositivos Nanotecnologia) da UFPE, no aparelho de Microscopia Eletrônica de Varredura com espectrometria de comprimento de onda acoplado (MEV-WDS).

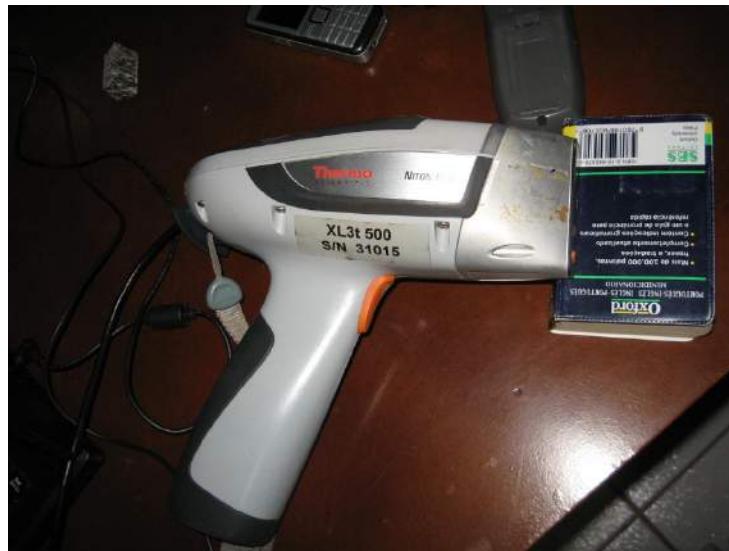


Figura 3.1 – Aparelho portátil de fluorescência de raios-x, Niton®, utilizado para determinar concentração de alguns elementos químicos nas amostras descritas nos furos de sondagem estudados.

#### **4. GEOLOGIA REGIONAL E HISTÓRIA DA EXPLORAÇÃO MINERAL EM SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS**

---

A região estudada está enquadrada na Província Borborema, Almeida et al. (1977), situada no Domínio Rio Grande do Norte, que é caracterizado por uma faixa neoproterozóica central, a Faixa Seridó, seguida ao lado por maciços ou terrenos paleoproterozóicos que incluem restritos núcleos arqueanos. Todo domínio é intensamente afetado por um expressivo plutonismo granítico brasileiro (600-550 Ma), que varia desde tipos calcialcalinos normais ou ricos em K até leucogranitos e granitos pegmatoides tardios. Provavelmente, trata-se de magmas férteis, que deram origem a importantes províncias minerais de origem metassomática (skarns mineralizados em W, Mo, Au), pegmatítica (Li, Be, Ta, Nb, Sn, feldspato, caulim e pedras coradas) e pneumatolítica-hidrotermal (Au, Ba, F, Cu, Bi, Sb, U), Santos et al, (2002).

Dentro do Domínio Rio Grande do Norte, o depósito de São José de Espinharas situa-se no Terreno Rio Piranhas (TRP), um extenso maciço paleoproterozóico retrabalhado no ciclo Brasiliense, que por sua vez serviu de embasamento para as rochas supracrustais da Faixa Seridó (Figura 4.1).

A principal unidade litoestratigráfica do TRP é o Complexo Caicó, representados por gnaisses diversos, bandados e intercalados com rochas maficas e cálcio-silicáticas, de idades cedo-paleoproterozóicas, Hackspacher et al., (1990). Autores como Dantas (1992) e Ferreira (1997), interpretam as rochas do Complexo Caicó como sendo representativas de arcos magmáticos transamazônicos, ao passo que Jardim de Sá (1994), considera que os ortognaisses do embasamento representam na sua quase totalidade magmas juvenis extraídos da cunha de manto metassomatizado acima de zonas de subducção. Ainda segundo Jardim de Sá (1994), o Complexo Caicó foi originado pela sucessiva acresção de arcos magmáticos, gerando uma protocrosta siática, ao longo de um evento orogênico, informalmente referido como o Paleotransamazônico (2,3-2,15 Ga). A porção inferior do Grupo Seridó, constituída por um pacote de rochas sedimentares discordantes sobre o complexo Caicó, representa a evolução de ambientes desde um rifte até uma

margem continental passiva (paragnaisse e quartzitos das formações Jucurutu e Equador, respectivamente), segundo Jardim de Sá (1994).

Intrudindo o Complexo Caicó, ocorrem rochas gnáissicas ortoderivadas, do tipo *augen*, ricas em minerais máficos, representados pela suíte intrusiva Poço da Cruz, datadas por Dantas (1992) como sendo tardi-paleoproterozóica. Para essas rochas é dada uma interpretação de derivação crustal, com características meta a peraluminosas, (Gonçales & Villas ,1984; Ferreira, 1997), tendo outros autores interpretados tanto como do tipo colisionais transamazônicas (Jardim de Sá et al., 1981; Macedo et al.,1984) ou como de origem anorogênica paleoproterozóica, Caby & Arthaud, (1986).

Litoestratigraficamente sobrejacente a estas rochas ortoderivadas do embasamento, depositam-se seqüências metavulcanosedimentares, da Faixa Seridó, representadas pelas Formações Jucurutu (paragnaisse com intercalações de mármore e rochas calcissilicáticas), Equador (quartzitos e metaconglomerados) e Seridó (micaxistos com granada, cordierita e, ocasionalmente estaurolita e andaluzita).

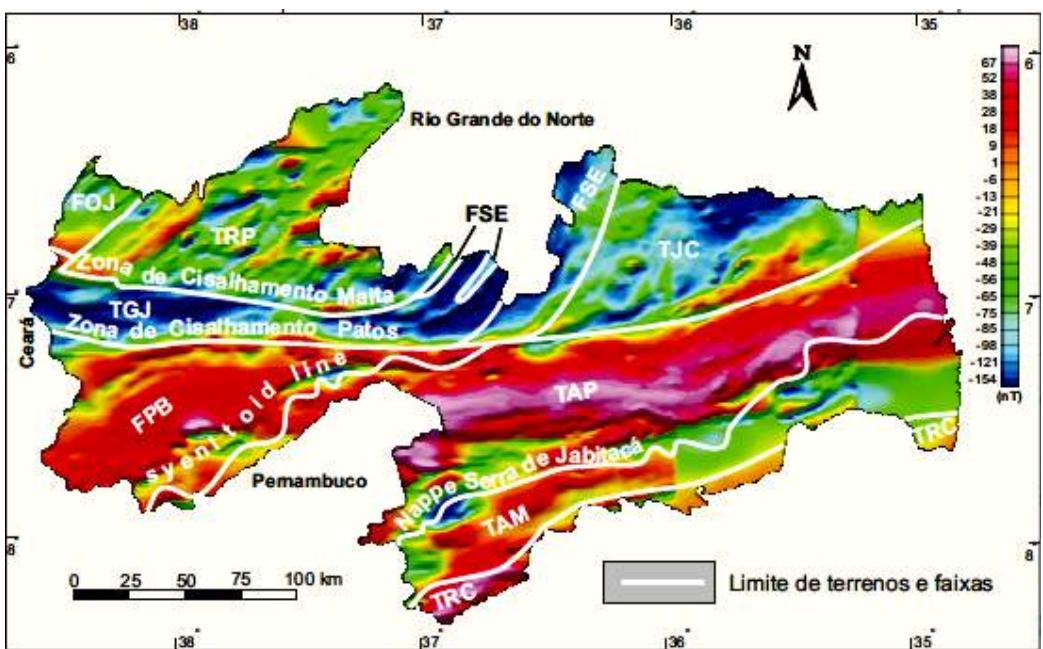
Todo o conjunto foi recortado por vários tipos de granitóides incluindo tipos híbridos dioríticos e graníticos, metaluminosos, calcialcalinos normais a calcialcalinos com alto K, leucograníticos peraluminosos, peralcalinos e granitos pegmatóides, todos de idade brasileira. Acompanhando o estágio final da granitogênese brasileira, ocorreu uma volumosa intrusão de corpos pegmatíticos, de composições e texturas variadas, juntamente com a formação de rochas do tipo skarns comumente mineralizados, Souza Neto et al. (2008). A mineralização uranífera de S.J. Espinharas esta associada aos aplogranitos e epissienitos de origem metassomática.

O Terreno Rio Piranhas é limitado com a Faixa Seridó e o Terreno Granjeiro pela Zona de Cisalhamento Malta (Figura 4.2). Essas megaestruturas tectônicas controlam a orientação de várias intrusões sin a tardi-tectônicas, geraram outros cisalhamentos subsidiários e devem ter contribuído para a formação das mineralizações que estão adjacentes. Neste trabalho o foco maior está na associação U-ETR desenvolvida tanto nos aplogranitos/epissienitos, supostamente tardi-brasilienses, como nas rochas

encaixantes ortoderivadas paleoproterozóicas dos complexos Caicó e Poço da Cruz, na região de São José de Espinharas, estado da Paraíba.



Figura 4.1 - Compartimentação tectônica da Província Borborema. As subprovíncias setentrionais, ao norte do lineamento Patos, possuem grandes extensões de terrenos arqueanos e paleoproterozóicos (incluindo a faixa Orós-Jaguaribe) e domínios brasiliados (Médio Coreá, Ceará Central e Seridó). A subprovíncia Transversal inclui um terreno paleoproterozóico (Alto Moxotó) e faixas de evolução Cariris Velhos e/ou brasiliada (Cachoeirinha, Riacho Gravatá, Alto Pajeú e Rio Capibaribe). As subprovíncias meridionais, ao sul do lineamento Pernambuco, englobam faixas de evolução dominadamente brasiliada (Riacho do Pontal e Sergipana) e domínios brasiliados (Canindé-Marancó e Pernambuco Alagoas). Modificado de Santos & Medeiros (1999).



#### TERRENOS

TRP- Rio Piranhas  
TGJ- Granjeiro  
TJC- São José do Campestre  
TAP- Alto Pajeú  
TAM - Alto Moxotó  
TRC - Rio Capibaribe

#### FAIXAS

FSE – Seridó  
FOJ – Orós - Jaguaribe  
FPB – Piancó Alto Brígida

Figura 4.2 - Padrões aeromagnético e compartimentação tectônica do estado da Paraíba. As zonas de cisalhamento Patos e Malta são grandes corredores tectônicos e podem ter grande importância como percoladores de fluidos mineralizados, Santos et al., (2002).

O depósito de São José de Espinharas foi descoberto durante um levantamento radiogeológico executado pela CNEN/CPRM, em 1972. De 1976 a 1978, Espinharas foi inclusa na chamada área de interesse Rio Grande do Norte/Paraíba, juntamente com outras anomalias, onde foram executados trabalhos iniciais de verificação e avaliação com duas campanhas de sondagem. De 1979 em diante, São José de Espinharas já teria sido considerado “Projeto Avançado”, tendo chegado em 1981 com um total de 18.800 m de sondagem e um relatório final com reserva geológica estimada em 10.000t de  $U_3O_8$  (Santos & Anacleto, 1985). Os trabalhos de geofísica e aquisição de primeiros dados geológicos foram executados pela NUCLAM – Nuclebrás Auxiliar de Mineração S.A., empresa do grupo NUCLEBRÁS, com os estudos iniciais de sondagem e prospecção mineral da área realizada pela

GEOSOL - Geologia e Sondagens S/A, liderado pelo Geólogo J.H. Grossi Sad, no final da década de 70.

Os seguintes aspectos da geologia do depósito são descritos e como eles têm influência sobre a discussão que também se segue:

- São José de Espinharas é discutido na literatura como um depósito de urânio metassomático, amplamente disseminado, caracterizada como urânio hospedado também dentro das rochas deformadas (gnaisses dos complexos encaixantes) afetadas por metassomatismo cálcico-sódica. A mineralização é uma auréola de alteração que atinge desde as litologias do Complexo Caicó até intrusões tardias brasilianas, sendo que esta mineralização é possivelmente controladas por fluidos oriundos de intrusões de aplogranitos..
- Deste tipo de mineralização, os maiores exemplos nacionais considerados são os depósitos de Itataia (Santa Quitéria, no Ceará) e o depósito de Lagoa Real (Caetité, na Bahia). Outros exemplos internacionais, podem ser comparados ao depósito de Espinharas, o de Zheltye Vody na Ucrânia, incluindo o Valhalla e depósito Skal próximo de Mount Isa, ambos na Austrália.
- A mineralização de urânio está associada a zonas de albitização que são amplamente disseminadas em torno do dique principal de microgranito, Souza (2004). O corpo principal da mineralização se dispõe na direção nordeste – sudoeste (060Az) e mergulhos de 45 ° para noroeste.

A estrutura principal, do corpo mineralizado, pode ser seguida por mais de 2 km em superfície. A albitização (metassomatismo sódico-cálcico) resultou em, NUCLAM (1980):

- Dissolução de quartzo;
- Albitização do plagioclásio e microclina, associado com hematita avermelhada, além de substituição de quartzo por albita tardia, em zonas mais intensas da auréola de alteração. O aumento da intensidade de alteração tem reflexo na transição de albitito com estrutura bandada para o maciço;
- Cloritização da biotita e alteração de hornblenda para anfibólito sódico;

- Deposição de urânio, associado com o enriquecimento em minerais portadores de elementos terras raras pesados e desenvolvimento de clorita, albita e carbonato. O principal mineral de urânio considerado até o momento seria a coffinita, silicático de urânio com a formula empírica  $U(SiO_4)_{0,9}(OH)_{0,4}$ , Porto da Silveira (1991).
- Intrusão de microgranitos alcalinos pertecentes a única filiação estrutural e mineralógica, Porto da Silveira (1991).
- Os gnaisses são metaluminosos a peraluminosos com índices de granitóides cálcio-alcalino e alcalino. O biotita-anfibólito gnaisse tem origem pré-metamórfica e supracrustal, e de acordo com diagrama AFTNa versus AFTK, proposto por Moine (1969, 1974), provavelmente são derivadas de grauvacas com contribuição de vulcânicas máficas, tufos e lavas, Porto da Silveira (1991).
- O minério é albitizado e epissienitizado, independe da litologia, pois ocorre metassomatização intensa da litologia original.

## **5. RESERVAS DE URÂNIO NO BRASIL E ASPECTOS DA GEOLOGIA ECONÔMICA DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS**

---

No território brasileiro são conhecidos oito grandes depósitos de urânio totalizando até hoje a reservar com 301.490 t de  $U_3O_8$ . Os detentores dessa quantia estão divididos em: (Figura 5.1) Itataia (CE), São José de Espinharas (PB), Lagoa Real (BA), Campos Belos/Rio Preto e Amorinópolis (GO), Quadrilátero Ferrífero (MG), Poços de Caldas (MG), Figueira (PR), Javaroni & Maciel (1985), e Pitinga (AM), Majdalani (1999). Na Tabela 5.1 podem ser visualizadas as reservas de  $U_3O_8$  dos principais depósitos de urânio no Brasil.

No Brasil, se conhece bem a jazida de Lagoa Real, única mineração de urânio ativa na America latina, controlada pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB). O urânio é extraído de rochas albitíticas ricas em uraninita, com titanita rica em urânio e estão relacionados a um magmatismo sienítico supostamente

metasomatizado. O autor Chaves et al., (2007) descreve algumas consequências nas rochas mineralizadas de Lagoa Real são elas:

- Predominância de plagioclásio sódico como resultado de albitização,
- Presença de minérios acessórios como zircão, titanita, alanita e apatita com U,Th e terras raras, porém o principal mineral de U é uraninita.
- Mecanismo de dessilicificação do granito São Timóteo para gerar albititos uraniníferos .

Dois eventos geotectônicos estão relacionados com a mineralização em Lagoa Real, o evento paleoproterozóico orogenético Orosiriano e o evento brasiliano, onde ambos gerariam minério de urânio.

Uma revisão recente sobre mineralizações de U ao longo do tempo geológico encontra-se em Cuney (2010), porém o autor menciona que um modelo geológico tem que ser capaz de explicar a origem do evento termal que permite circular grandes volumes de fluidos em alta temperatura (550°-350°C) e produzir metassomatismo de Na ao longo de estruturas de escala crustal.

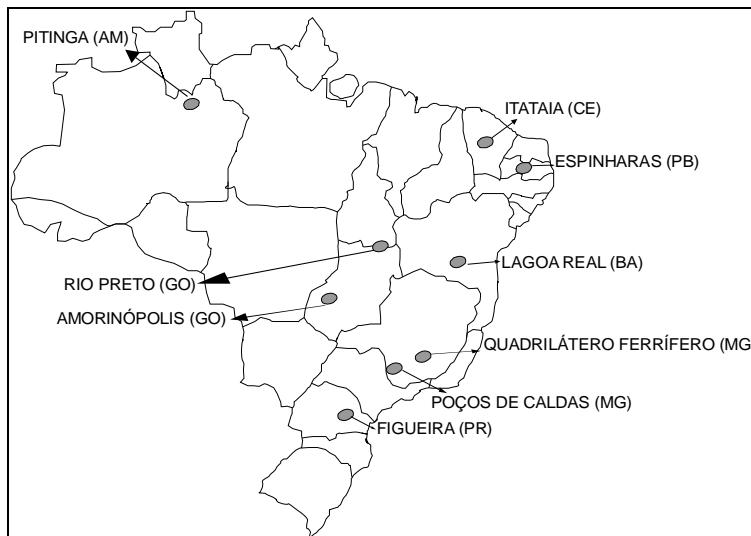


Figura 5.1: Mapa com os principais depósitos de urânio conhecidos no Brasil. Fonte: adaptado de Forman (1978) e Javaroni & Maciel (1985).

Dentro da Província Borborema, algumas anomalias radioativas estão registradas nos terrenos pré-cambrianos, geralmente cortadas por zonas de cisalhamentos subsidiárias às grandes zonas de cisalhamento Patos e Pernambuco. Várias dessas anomalias foram registradas na década de 80, todas apresentando pontos em comum: Pequenas dimensões de mineralização, associados a granitos tardios e metassomatismo (sódico) por albitização das rochas encaixantes (Figura 5.2).

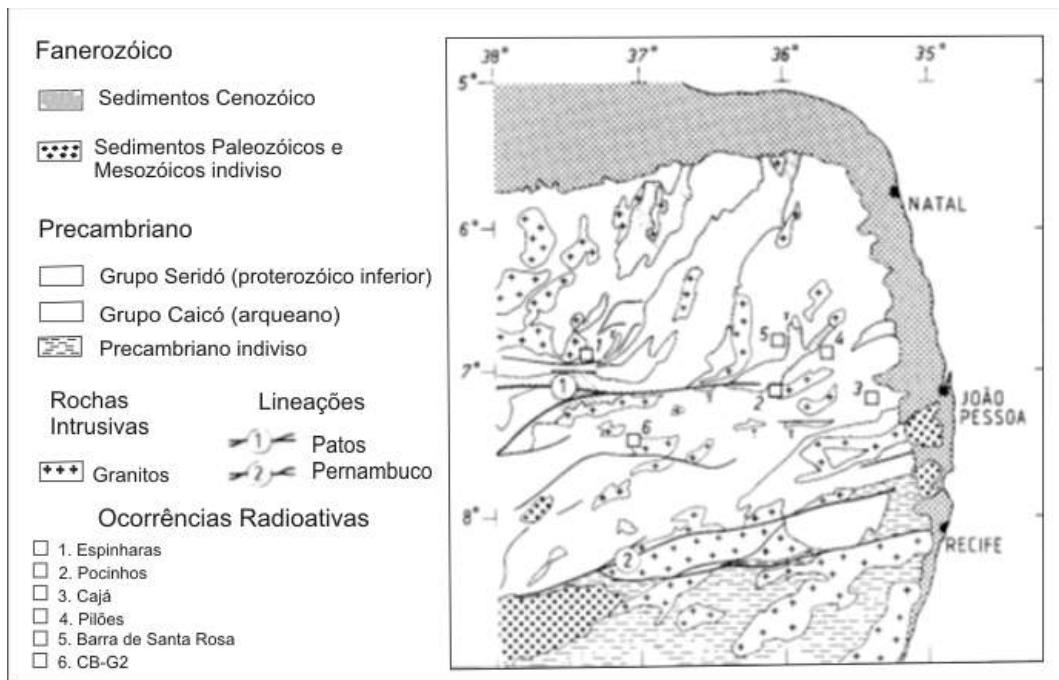


Figura 5.2 – Mapa do contexto regional com localização dos prospectos de urânio entre eles o de São José de Espinharas, Porto da Silveira, (1991).

O depósito de urânio de São José de Espinharas (PB) possui reserva total de 10.000 toneladas de  $U_3O_8$ , Javaroni & Maciel (1985) e está localizado a 25 km a norte da cidade de Patos. Este depósito foi descoberto através de um levantamento radiométrico autoportado, com posterior verificação de campo e avaliação geológica de anomalias e sondagens geológicas. É um depósito de urânio epigenético, de origem metassomática, onde ocorrem gnaisses pré-cambrianos com intrusões neoproterozóicos de granitos e episienitos, alterados por processos metassomáticos, tais como albitização e hematização, que

promoveram lixiviação da sílica e enriquecimento em fosfato, urânio e Elementos Terras Raras (ETR), Santos & Anacleto (1985).

A albitização ocorre em várias litologias da área estudada, tanto nos diques de microgranitos como no augen gnaisse que os encaixa. A média da concentração de urânio calculada nas amostras do minério está em torno de 300ppm. Há um enriquecimento notável nos teores de U nos *augen gnaisses* albitizados avermelhados da encaixante, chegando a conter maior contagem cps que o minério epissienítico albitizado, provindo de intrusões de aplogranitos.

Os Elementos Terras Raras nas rochas mineralizadas de São José de Espinharas, quando comparado com outros depósitos conhecidos, apresentam quantidades anômalas em terras raras pesados, Grossi Sad (1989). Os estudos de Porto da Silveira (1990) concluíram que a coffinita apresenta uma associação de U-Y-P e esse seria o mineral principal de urânio. O principal mineral minério dos ETR ainda esta sendo investigado, pois a presença de minerais como colofana, davidita, xenotima, carnotita, já foi detectado por (Barbosa, 2008), através de difratometria de raios-x em amostras de solo da área do depósito, ou também pode se encontrar terras raras em alguma fase mineral que contenha esses elementos na sua composição como inclusão química na rede cristalina.

## 5.1 URÂNIO

---

O urânio é um elemento metálico radioativo pertencente ao grupo 3 B da Tabela Periódica, mais especificamente à família dos Actinídeos. O urânio natural é uma mistura dos isótopos  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  e  $^{234}\text{U}$  indistinguíveis quanto ao comportamento químico (Cowart & Osmond, 1974).

O Urânio apresenta várias valências (+2, +3, +4, +5 e +6), como mostra a Tabela 5.1, sendo mais importante para os processos geológicos seu estado de oxidação +4 e +6, por sua estabilidade nos ambientes naturais. Apenas obtém-se os estados de oxidação 2+ e 3+ em condições laboratoriais (Nash *et al*, 1981). Embora Langmuir (1978) e Calas (1979) tenham enfatizado que o

estado de oxidação 5+ possa ser o mais importante, a geoquímica do urânio tem sido descrita em termos dos estados de oxidação 4+ e 6+. Uma vez que a transição de 4+ para 6+ tem um potencial de oxi-redução compreendido no intervalo normal de variação dos ambientes geológicos, podendo-se esperar, desta forma, a presença de compostos destes dois estados de oxidação na natureza (Krauskopf, 1972).

Nos minerais mais solúveis de urânio como uraninita ou petchblenda e cofinita, sob condições de intemperismo, o urânio se oxida para o estado de valência 6+, constituindo o íon uranila ( $\text{UO}_2^{2+}$ ), com raio iônico de 0,80 Aº e potencial iônico 7 (Rösler & Lange, 1972). A transição de  $\text{U}^{4+}$  para  $\text{U}^{6+}$  ocorre de acordo com a reação:  $\text{U}^{4+} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{UO}_2^{2+} + 4\text{H}^+ + 2\bar{e}$ , cujo potencial de óxido-redução Eh corresponde a 0,273 Volts (Fuger & Oetting, 1976).

O íon uranila ocorre em minerais secundários como autunita [Ca ( $\text{UO}_2$ )<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.12H<sub>2</sub>O] e carnotita [K<sub>2</sub>(UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(VO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O], formados principalmente nos climas áridos onde a evapotranspiração concentra o urânio e precipita ligantes como vanadatos e fosfatos, entre outros (Bonotto, 2004).

Átomo ou íon	Configuração eletrônica
$\text{U}^0$	[Rn] 5f3 6d1 7s2
$\text{U}^{+2}$	[Rn] 5f3 7s1
$\text{U}^{+3}$	[Rn] 5f3
$\text{U}^{+4}$	[Rn] 5f2
$\text{U}^{+5}$	[Rn] 5f1
$\text{U}^{+6}$	[Rn] 5f0

Tabela 5.1- Configuração eletrônica para átomo ou íons do elemento químico urânio, com os estados de oxidação U +2 e U +3 obtidos apenas em condições de laboratório, Nash et al, (1981).

O comportamento do urânio e seu estado de oxidação mudam de um ambiente geológico para outro devido suas características químicas (Nash et al, 1981). Em minerais ígneos primários, está presente o urânio no estado 4+, constituindo o íon uranoso ( $\text{U}^{4+}$ ) com potencial iônico 4 e raio iônico 1,05 Aº,

próximo ao do cálcio e das terras raras trivalentes (Goldschmidt, 1954). Embora existam vários íons metálicos similares ao urânio, em termos de raio iônico, alta carga positiva e/ou características de coordenação, este elemento resiste à incorporação como um substituto de outros íons metálicos na maioria das rochas comumente formadas e em depósitos minerais, tendendo, ao invés disto, formar seus próprios minerais, Nash *et al.*, (1981).

A abundância crustal média do urânio corresponde a 2,5 ppm, possuindo esse elemento dois isótopos primários, o  $^{238}\text{U}$  e o  $^{235}\text{U}$ , os quais ocorrem atualmente na proporção de 99,3% de  $^{238}\text{U}$  para 0,7% de  $^{235}\text{U}$ . Na Tabela 5.2, pode-se observar as concentrações médias de urânio para alguns tipos de rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, junto com as médias das amostras frescas dos minérios de Espinharas.

ROCHAS		U(ppm)
ÍGNEAS	Graníticas	4,19
	Gabróides	0,84
	Ultramáficas	0,022
	Ecoglitos	0,20
	Intrusivas alcalinas	9,82
	Extrusivas silicáticas	5,0
	Basálticas	0,43
SEDIMENTARES	Arenitos	1,48
	Grauvacas	2,1
	Arcóseos	1,5
	Folhelhos	3,25
	Calcários	2,19
	Dolomitos	0,03 – 2,0
	Fosfáticas	50 – 300
	Evaporitos	< 1,0
METAMÓRFICAS	Anfibolito	3,5
	Gnaisse	2,2
	Paragnaisse	4,5
	Granulito	4,9
	Ortognaisse	3,6
	Cordierita gnaisse	5,8
	Mármore	0,17
	Filito	1,9
	Xisto	2,5
	Rochas máficas	3,2
SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS*	Albita/epissienito	123
	Gnaisse metassomatizado	745

Tabela 5.2: Concentrações médias de urânio nos principais tipos de rochas ígneas, sedimentares, metamórficas e nos minérios de Espinharas (modificado de Rogers & Adams, 1969b). Note que as amostras de gnaisse metassomatizado apresentam média maior que os albititos/epissienitos, Porto da Silveira, (1986).

O  $^{238}\text{U}$  é considerado um elemento primário, sendo o dióxido ( $\text{UO}_2$ ) o principal composto em depósitos minerais (Krauskopf, 1972), uma vez que o urânio não ocorre naturalmente como um elemento nativo, pois ao reagir com a água forma um óxido ou hidróxido (Nash *et al.*, 1981). Desta forma, o urânio é constituinte essencial em quase 100 minerais, ocorrendo principalmente na variedade bem cristalizada uraninita ( $\text{UO}_2$ ) e na sua forma microcristalina pechblenda. Contudo, o  $\text{UO}_2$ , contém pequenas quantidades de rádio, tório, polônio, chumbo e hélio. Ocorrendo uma oxidação incipiente e perda de urânio por decomposição radioativa pode ser que ocorra um aumento da relação oxigênio-urânio, de modo que, a relação oxigênio/urânio pode se alterar no dióxido ( $\text{UO}_2$ ), modificando a composição para  $\text{U}_3\text{O}_8$  (Krauskopf & Bird, 1995). Outras importantes formas de ocorrência mineral do urânio são: a cofinita  $[\text{U}(\text{SiO}_4)_{1-x} (\text{OH})_{4x}]$ , a uranotorita  $[(\text{Th}, \text{U}) \text{SiO}_4]$  e a uranotorianita  $[(\text{Th}, \text{U})\text{O}_2]$  (Bonotto, 1996).

Nas águas superficiais e subterrâneas oxidantes, ocorre o transporte de urânio como íons uranila  $[\text{UO}_2]^{+2}$ , sob a forma de vários complexos solúveis com os ânions comumente dissolvidos. Em condições ácidas, os principais complexos de uranila são formados com o fosfato e em condições alcalinas são formados com o carbonato (Langmuir, 1978). As condições ácidas e alcalinas comumente formam os minérios supergênicos, potencial meio para se formar um minério desse gênero no depósito mineral estudado em São José de Espinharas.

## **5.2 REVISÃO DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS E SUA ECONOMIA MINERAL**

---

### **5.2.1 PRODUÇÃO E ABUNDÂNCIA DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS NO MUNDO**

---

Os Elementos Terras Raras (ETR), referem-se aos termos químicos como o grupo dos Lantanídeos da Tabela Periódica, compostas de 15 elementos com números atômicos de 57 a 71 (Figura 5.2). Em termos químicos, o grupo é frequentemente subdividido nos elementos com massa atômica mais leve, que englobam os elementos do lantânio (La) ao samário (Sm) são referidos coletivamente como os ETR leves ou ETRL; e os elementos pesados, do gadolínio (Gd) ao itérbio (Yb), são referidos coletivamente como os ETR pesados ou ETRP.

As propriedades químicas dos ETR influenciaram fortemente as aplicações comerciais dos ETR. Os elementos Lantânio, Cério e Neodímio são os mais abundantes dos ETR leves, tipicamente possuem maior abundância na crosta terrestre, em fator de 10 vezes ou mais, em relação aos ETR médio e pesados. Estes elementos mais abundantes são mais fáceis de produzir em quantidades suficientes, para uma série de aplicações em uso atualmente, portanto suas aplicações comerciais são mais ligadas à fabricação de materiais de alta tecnologia e que proporcionam economia em fontes de energias limpas.

Historicamente, a maioria do uso dos ETR foi contabilizada pelo uso dos lantanídeos e cério em iluminação fluorescência, como catalizador em produção de petróleo (refino), pesquisas e desenvolvimentos dos materiais de alto desempenho com baixo consumo de energia (LEDs e baterias). Neodímio, samário e mais recentes alguns ETRL, tem sido investigados em aplicações para imãs e miniaturização de equipamentos eletrônicos. Recentemente, considerações ambientais têm levado uma expectativa no aumento da demanda, levando em conta a ampla aplicação em tecnologias verdes e novas. O uso destes elementos químicos inclui, por exemplo, eficiência na energia luminosa e como imãs em motores elétricos, particularmente em carros híbridos ou movidos a energia elétrica, U.S. Geological Survey, (2010).

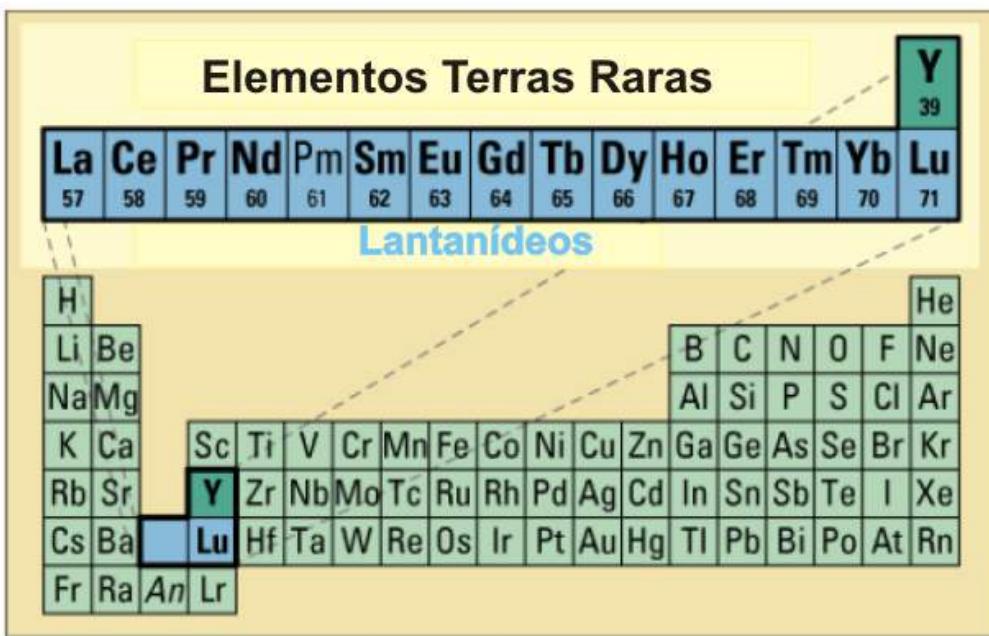


Figura 5.3 - Os Elementos Terras Raras ou grupo dos lantanídeos da tabela periódica, (Fonte: U.S. Geological Survey, 2010). O elemento Pm (61) não existe na natureza, por isso não está em destaque negrito na figura.

ETR são, ao contrário do nome do grupo, relativamente comuns na crosta terrestre, porém os pesados são mais raros que os leves, Figura 5.5. Limitada sua demanda até o presente, resultou em fornecimento restrito a poucos produtores com depósitos de alto grau. A mina Mountain Pass, na América do Norte, foi o maior produtor e fornecedor de ETR no mundo até meados da década de 80, depois a produção declinou até o fechamento da mina em 2002 (Figura 5.4). China atualmente contabiliza mais do que 90% do fornecimento global de ETR.

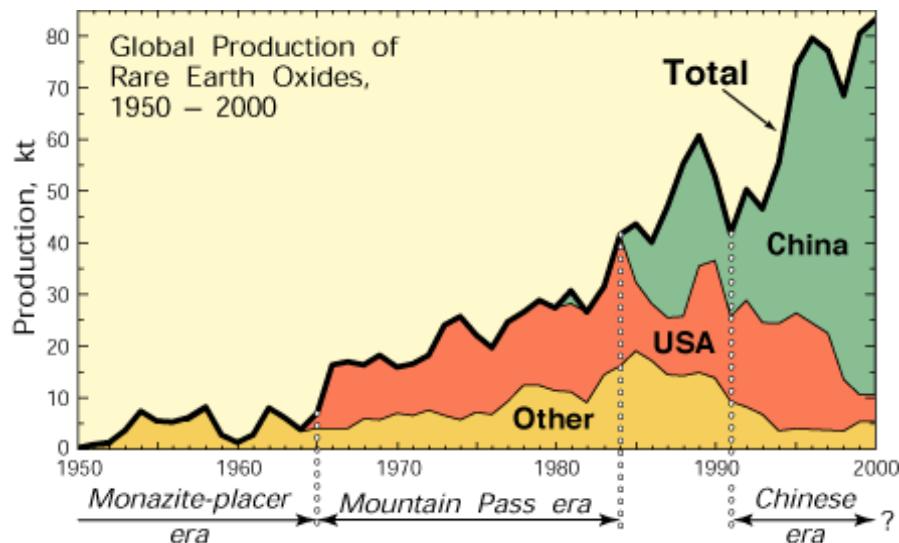


Figura 5.4 – Gráfico mostrando a produção de ETR de 1950 a 2000. Entre 1950 até a metade da década de 80 os Estados Unidos dominavam a produção dos elementos (Era dos carbonatitos de Mountain Pass). Desde então os chineses ocupam quase toda produção, em minério laterítico, e colocam em discussão esse lado negativo que existe quando um país controla o destino da economia do mundo eletrônico (Fonte: U.S. Geological Survey,2010).

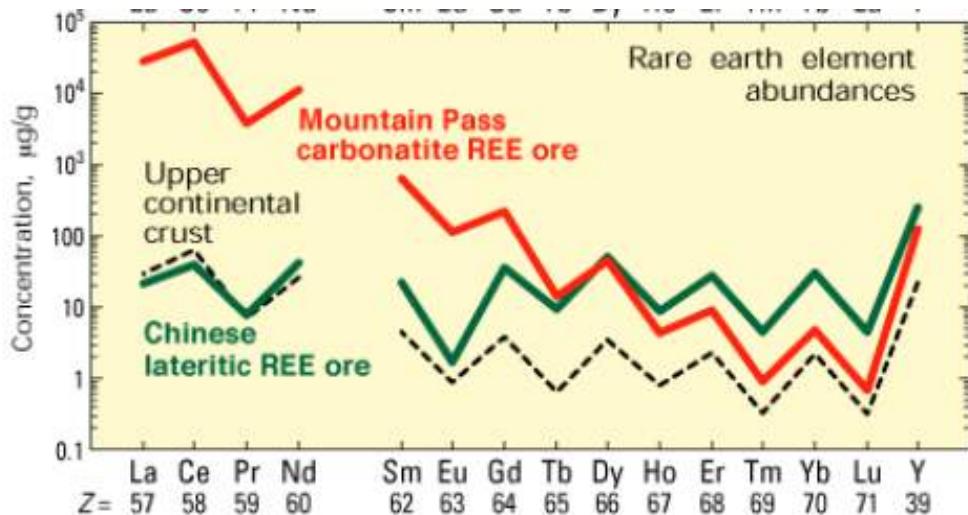


Figura 5.5 - Padrão de abundância dos Elementos Terras Raras, mostrando um leve enriquecimento de terras raras pesadas nos depósitos lateríticos chineses em relação ao carbonatito de Mountain Pass e a crosta continental superior. (Fonte: U.S. Geological Survey ,2010). Note que a escala vertical está em uma base logarítmica, equivalente a ppm.

Com aumento do número atômico os ETR mostram padrão “dente de serra”, revelando a intercalação de alta e de baixa ocorrência natural. Os ETR leves, lantânia, cério e neodímio, foram os primeiros a serem explorados

comercialmente, em parte por causa de maiores abundâncias relativos ao ETR pesados e relativa facilidade de recuperação em massa (USGS,2010).

O Atual cenário mundial dos ETR coloca em xeque os países com indústria eletrônica emergente por novas fontes de extração uma vez que o único país produtor, China com mais de 90% da produção total, adotou altas reduções de exportações dos óxidos de elementos terras raras, como mostra a Tabela 5.3, Lynas Corporation (2010).

Quota de Terras Raras Chinesas para Empresas Locais e Exportação para Investidores Estrangeiros (t)						
	2009		2009	2010		2010
	1º semestre	2º semestre	Total	1º semestre	2º semestre	Total
Exportação	6,685	10,16	<b>16,845</b>	5,978	1,768	<b>7,746</b>
Investidores Locais	15,043	18,257	<b>33,3</b>	16,305	6,208	<b>22,513</b>
Total	21,728	28,417	<b>50,145</b>	22,283	7,976	<b>30,259</b>

Tabela 5.3 – Redução da quota de exportação dos ETR chineses (em toneladas), mostrando um corte de 40% na exportação de 2010 em relação ao total da quota de exportação de 2009. Fonte: Lynas Corporation, 2010.

## 5.2.2 PREÇOS DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS

---

ETR são tipicamente vendidos com o padrão pureza (99% do elemento) em óxidos dos elementos individuais. Existem variações significativas nos valores das cotações no mercado internacional devido à falta de um mercado livre comercial internacional, com demanda dominada esmagadoramente pelos produtores na China, U.S. Geological Survey (2010).

A Tabela 5.4 mostra típica media anual dos preços para 99% de pureza de óxidos dos elementos individuais, cotado em US\$/kg, na China. Estes dados mostram que os ETR pesados são significantemente mais atrativos. A venda de ETR pesados atualmente mostra-se com preços ainda maiores, no entanto a falta de demanda significativa denota que os preços atuais podem não ser usados realisticamente como um guia para preços futuros (Lynas Corporation).

A média de preços para 2008, durante o estouro das *commodities*, também mostram altas significantes. O ano de 2011 foi relativamente ruim para os preços de comodites de óxidos de Terras Raras, em dezembro chegando a ter baixas próximas de 55% nos preços de alguns elementos, quando

comparados com os preços referentes ao 3º trimestre de 2011 (Lynas Corporation, 2011).

Óxido de Terras Raras	Mt Weld Distribution	2008	2009	2010	2º Trimestre 2011	3º Trimestre 2011	05/12/2011
La Óxido	25.50%	8.71	4.88	22.40	135.02	117,68	65
Ce Óxido	46.74%	4.56	3.88	21.60	138.29	118,65	55
Ne Óxido	18.50%	31.90	19.12	49.50	256.15	338,85	240
Pr Óxido	5.32%	29.48	18.03	48.00	220.08	244,73	210
Sa Óxido	2.27%	5.20	3.40	14.40	125.60	129,45	80
Dy Óxido	0.124%	118.49	115.67	231.60	921.20	2262,31	1900
Eu Óxido	0.443%	481.92	492.92	559.80	1830.00	4900	3800
Te Óxido	0.068%	720.77	361.67	557.80	1659.20	3761,54	2820

Tabela 5.4 - Preços para os Elementos Terras Raras, "FOB" China, com 99% de pureza em óxido (Fonte: Lynas Corporation, 2011). O Ce foi o elemento com maior queda de preço entre os terras raras, registrando 53% em comparação ao 3º trimestre de 2011. Note que *Mt Weld distribution* (não tem tradução específica para o português) totaliza 98.9%, cujo saldo é feito por óxidos de Ga, Ho, Er e Y. Informações do preço desses metais não foi disponibilizado pela Lynas Corporation.

### **5.2.3 REVISÃO DOS TRABALHOS ANTERIORES ENVOLVENDO OS ELEMENTOS TERRAS RARAS EM SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS**

---

Trabalhos feitos por Taylor & Fryer (1983) classificaram os depósitos granitoides em relação aos ETR, importante ferramenta para a metalogênio, pois mostram claramente o comportamento dos sistemas sob investigação. De acordo com a Tabela 5.5, o depósito de Espinharas se enquadra no Tipo Peralcalino, onde os granitoides podem ter concentrações elevadas de Nb, Zn, Ta, ETR, Be e fluorita, quando estabelecido com vistas a regionalização e vocação mineral. O excessivo fracionamento dos ETRP em relação aos leves pode ser visto nos espectros de ETR da Figura 5.6, onde o gnaisse metassomatizado enriquece em ETRP mais até que o aplogranito. Na Figura 5.7 o padrão de terras raras pesados do biotita-anfibólito gnaisse enriquece preferencialmente a partir do Eu. O enriquecimento em fluidos de F pode acontecer no Tipo Peralcalino, mas não há comprovação desse fenômeno na mineralização de São José de Espinharas.

Item	Tipo Pórfiro	Tipo Granitófilo	Tipo Peralcalino
<u>Mineralização</u>	Hidrotermal Cu, Mo, Au.	Sr, W, Mo, U, Ta.	Albititos com Nb, Zn, Ta, ETR, Be, Fluorita, Zr, Th, U.
<u>Quimismo</u>	Calcicalcinos	Félsico com $\text{SiO}_2 > 70\%$ .	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} > \text{Al}_2\text{O}_3$ .
<u>Litologia</u>	Hornblenda e/ou biotita tonalito e granodiorito	Leucogranitos a duas micas ricos em F, Be, B, Li, P, H <sub>2</sub> O	Piroxênio e/ou anfibólito sódico são os principais máficos
<u>Comportamento dos ETR</u>	Forte enriquecimento em ETRL, durante alteração potássica. As outras alterações mobilizaram ETRP.	Fracionamento singular dos ETRP em relação aos leves	Excessivo fracionamento dos ETRP em relação aos ETRL.
<u>Fluidos</u>	Rico em Cl.	Rico em F	Rico em F.

Tabela 5.5 – Metalogênese de granitoides com base em ETR, o do tipo alcalino é o que mais se enquadra com o depósito de São José de Espinharas. (Organizada e modificada segundo dados de Taylor & Fryer 1983).

Geólogos chineses, com base no trabalho de Wang et al. (1983), Liankui et al. (1984), Kenqin et al. (1984), Shembao (1984), Shouxi et al. (1984), Yingjum et al. (1984) e Zhonggang (1984), desenvolveram um modelo prático de regionalização de ETR e subdiviram as rochas graníticas, sob um ponto de vista de material fonte, mecanismo de formação, petrologia e metalogênese em: Tipo de Transformação com Refusão Crustal (Tipo RC); Tipo de Sintexis com Fonte Mista, Manto Superior Predominante (Tipo FM); Tipo de Diferenciação Mantélica (Tipo DM); e Tipo de Transformação Metamórfica-Metassomática (Tipo MM).

A curva de distribuição normalizada de ETR nos granitos tardí-tectônicos e equivalentes mineralizados (Albititos) de S.J. de Espinharas, Porto da Silveira(1986), tende para o tipo RC ou granito tipo A, espectro em forma de "V" simétrico, com uma anomalia negativa muito forte para o Eu. Os ETRL têm fracionamento forte a quase inexistente, o mesmo valendo para os ETRP, em termos de teores absolutos. Há dois esquemas de distribuição de ETR para o tipo RC: um é rico em ETRL e o outro em ETRP. Os granitos de refusão crustal são o tipo mais rico em ETR, comparativamente com outros granitóides. Sua relação (La/Lu)s é próxima de 1 ou  $> 1$ . A relação ETRL/ETRP é variável (0,26 a 4,08, sendo geralmente 1). O tipo RC é enriquecido nos elementos abundantes na crosta continental (Li, Rb, Cs, Be, Nb, Ta, W, Sn, F, etc), quando comparado com o conteúdo médio em rochas graníticas *lato sensu*.

Em relação a V, Cr, Co, Sr, etc, o modelo criado pelos chineses se mostra muito empobrecido e tem flúor como o elemento volátil característico. O grau de fusão parcial é função direta da anomalia de Eu. Corpos graníticos com valores baixos de Eu/Eu\* e mineralizados formam corpos pequenos, ao passo que grandes batólitos têm Eu/Eu\* mais elevado, Grossi Sad et al., (1989).

Já os espectros de ETR dos *augen gnaisses* de Espinharas são considerados do Tipo MM, podendo evoluir para o Tipo RC através de fusão parcial. Esse tipo é muito semelhante aos granitoides S dos geólogos australianos, Grossi Sad et al., (1989), com declive moderado da curva normalizada (mais fortes nos ETRL) e anomalias negativas de Eu.

Nem todos os aspectos químicos, da subdivisão dos ETR para granitoides mineralizados proposta pelos trabalhos dos autores chineses acima mencionados, são observados e comprovados em Espinharas. Por ser um modelo feito pela escola chinesa, o esquema foi desenvolvido a partir dos dados de seus depósitos, porém seu uso pode ser perfeitamente aplicável ou suscetível a modificações para atender as características peculiares dos depósitos minerais brasileiros.

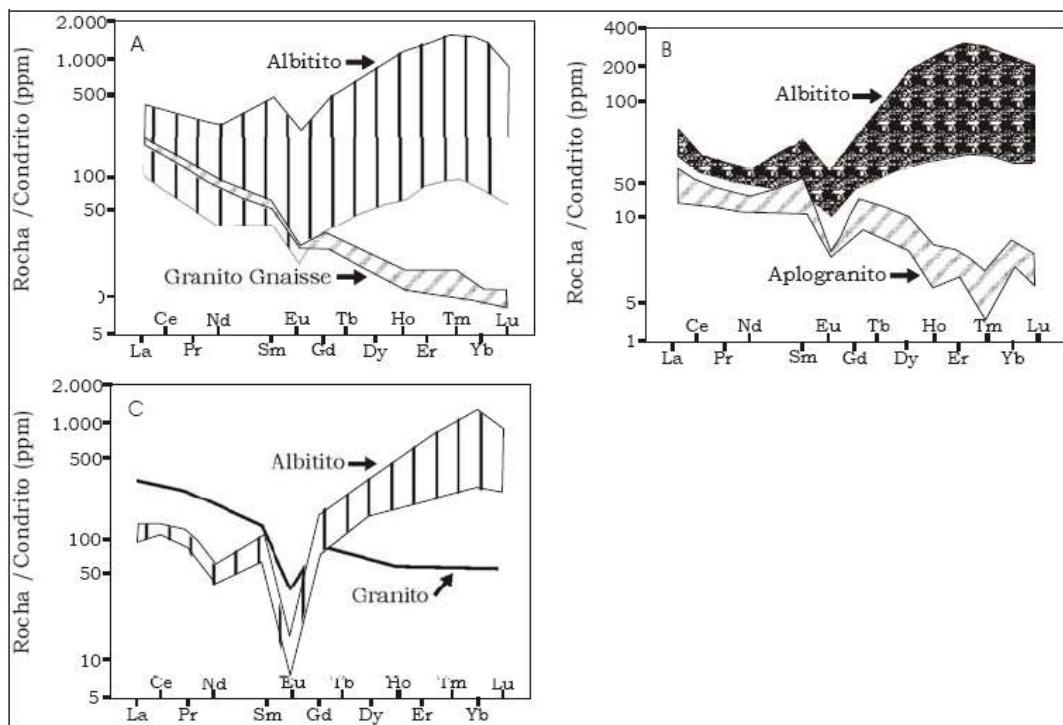


Figura 5.6 - Dados geoquímicos para o granito-gnaisse (contato entre os gnaisse bandados e os microgranitos intrusivos) do depósito de U-ETR de São José de Espinharas (A); para o aplogranito (epissienito) (B) (modificado de Silveira et al. 1986) e para o stock de Ghurayyah, na Arábia Saudita, referentes às suas rochas encaixantes e seus equivalentes mineralizados (C) (segundo Drysdall et al. 1984). Retirado de Grossi Sad et al. (1989).

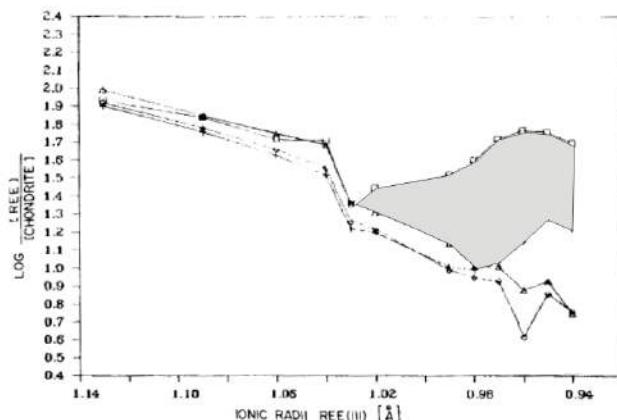


Figura 5.7 – Dado geoquímico de ETR para a série de transição do biotita-anfibólito gnaisse mineralizado ( $U = 755$  ppm) a não mineralizado ( $U = 3-27$  ppm ), onde a região cinza mostra forte enriquecimento em terras raras pesados, a partir do Eu, adaptado de Porto da Silveira (1991).

Item	Tipo de Transformação com Refusão Crustal (Tipo RC)	Tipo Transformação Metamorfica-Metassomática em Crosta Dominante (Tipo MM)
Distribuição espacial	Áreas continentais.	Áreas continentais, intrusões multicíclicas.
Rochas ígneas associadas	Granitos tardios ou pós orogênicos, ácidos, sem vulcanismo com agmático.	Granitos migmatíticos, com andetina, sillimanita, cordierita, granada, almandina, hiperstênio
K-Feldspato	Microclina intermediária a máxima.	Microclina máxima.
Biotita	Fe-biotita, siderofilita-annita	Fe-biotita, siderofilita-annita.
Acessorios	Minerais raros, minerais de TR, minerais radioativos, magnetita > ilmenita.	Cordierita, granada, andalusita (pobre em acessórios). Magnetita e ilmenita semelhantes.
Geoquímica geral	Ricos em Li, Rb, Cs, Be, Nd, Ta, W, Sn, F. Pobres em V, Cr, Co, Sr.	idem ao RC
Rb/Sr	> 1, em média 5,77	idem ao RC
U	> 10ppm, em média 13,6 ppm.	idem ao RC
Esquema de ETR	Forte eliminação de Eu. Eu/Eu* < 0,6 em geral < 0,3, com dois subtipos, um rico em ETRL, outro em ETRP. (La/Lu)N = 1 ou < 1. ETRL/ETRP > 1, quase sempre.	Granitos migmatíticos têm esquema igual ao da crosta superior. Declive moderado. Eu/Eu » - 0,6.
Al2O3/(Na2O+K2O+CaO)	> 1.	> 1.
Na2O/K2O	0,4 - 1,27	0,4 - 1,27
K/K + Na	0,5	0,22 - 0,55
K2O+Na2O/Al2O3	0,8	0,8
Fe3+/Fe2+ + Fe3+	0,3	0,13 - 0,39
Depósitos	W, TR( $\sum$ Ce > $\sum$ Y) → U	W, Sn, Nb, Ta, Be, ETRP, Bi, Au, U.
Alteração	Feldspatização e Albitização	idem ao RC
Evolução Litológica	Granito médio a grosso - granito fino - granito pôrfiro - diques de diabásio pôrfiro	Quartzodiorito - granodiorito - monzogranito
Volatile característico	F	F
Relação F/Cl	36,7 em média, mais elevado que no tipo MM.	idem ao RC

Tabela 5.6 Melalogênese dos Granitoides Tipo RC e MM com Base nos ETR, segundo trabalhos da Escola Chinesa. Modificado de Grossi Sad et al. (1989).

### **5.3 ASPECTOS DE CAMPO E CONTROLE ESTRUTURAL DA MINERALIZAÇÃO OBTIDO EM FUROS DE SONDAGEM DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS**

---

O quadro geológico da região é principalmente composto por ortognaisses, leucocráticos fino a mesocráticos médio a grosso, do complexo Caicó, parcialmente cortados por augen gnaisses (conhecido por suíte Poço da Cruz ou granito G2), leucocrático, milonitizado, anfibolítico médio a grosso chegando a porfirítico e alguns corpos cálcio silicáticos alojados em forma de lentes, esse concordantes com a foliação dominante dos augen gnaisses (Cortez de Souza, 2004). Discordante em relação a foliação das rochas do embasamento estão as intrusões tardias, diques de albititos/epissienitos, microgranitos e pegmatitos.

O processo de alteração metassomática afetou as unidades modificando todas as texturas existentes, o que fica difícil interpretar se todas as litologias foram submetidas ao metassomatismo em grau variado. Acredita-se que em função de estruturas preexistentes todas as unidades sin e pré metassomatismo foram atingidas pela alteração metassomática. Não há um único tipo de litologia mineralizada, distinta das demais, pelo contrário, a mineralização se dar em quase todas as litologias, possuindo seu equivalente alterado metassomaticamente (Tabela 5.7). Essa observação é uma forte indicação do caráter metassomático da gênese da mineralização em estudo, onde os fluidos metassomáticos mineralizantes devem ter percolado através de estruturas geológicas como zonas de cisalhamento, falhas e fraturas. A albitização é suscetível em qualquer litologia, porém o controle é estrutural. Talvez haja uma relação entre a albitização e o desenvolvimento da intrusão tardi tectônica, ainda não comprovada. A Figura 5.9 mostra um possível núcleo de alteração metassomática em profundidade com os furos de sondagem plotados. Os furos pegariam mais a mineralização se fossem feitos no sentido de intrusão do dique aploranítico regional. No entanto foram feitos na vertical, fato esse evidência que os geólogos acharam que o corpo de interesse teria mergulho médio a fraco, menor que 30 graus, não sendo preciso direcionar as perfurações de sondagem. As extensões mineralizadas variam desde alguns

metros até centenas de metros; a espessura é variável de centímetros até dezenas de metros, descontinua em profundidade, constatada por sondagem até a ordem de 200m, podendo se alcançar maiores profundidades de alteração metassomática em alguns furos (Figura 5.9 e Anexo 1)

O depósito de São José de Espinharas se caracteriza por corpos mineralizados, descontínuos superficialmente, e as áreas mineralizadas mais conhecidas se dispõem uma no próprio centro do município, e outra em volta da cidade, localmente chamado de Lajedo Branco, há cerca de 15 km do corpo central da cidade. (Anexo 2)

Aparentemente a mineralização também obteve influencia de tectonismo do evento brasiliano, onde corpos graníticos (albitito/aplogranito) e fluidos capazes de produzir a metassomatização das unidades (albitito metassomatizado) foram introduzidos por tectônica rúptil-dúctil. As fraturas são comuns em quase todas as rochas albitizadas, bem como nas encaixantes adjacentes, e quando estão mineralizadas é preenchida por massa de minerais ferrosos, de coloração avermelhada (Figura 5.8).

As modificações feitas na seção geológica da Figura 5.9 levantam uma alternativa de interpretação, na qual a zona mineralizada estaria associada a um dique ou uma coluna mineralizada com mergulho para NW, perpendicular a orientação da foliação regional.

O bloco mineralizado e aflorante na margem esquerda do Rio Espinharas já está relativamente bem estudado, onde mede 1.250 m de comprimento por 400 m de largura, com o minério estando em uma profundidade em torno de 250m (Nuclam).

Un. Litoestratigrafica	Idade	Litologia	Unidades	Características
Complexo Caicó	Paleoproterozoico	Rochas gnaissicas ortoderivadas	Leucocratica fina	Derivados de tonalitos- monzogramitos
			Mesocratica fina	Ortognaisse ricos em hornblenda e biotita
			Mesocrática média a grossa	Derivados de granitos - granodioritos
Suíte ortoderivada	Tardi - paleoproterozoico	Augen gnaisses	Mesocrática milonitzada	Microporfírica de textura média
			Milonitizado	Porfioclasticos - ultramilonitzado
			Leucocratico	Cortado por zonas de cisalhamento brasiliano
			Anfibolítico medios a grossos	Idem porém mais máfico
			Anfibolíticos grossos a porfirítico	Sheets ricos em anfibólitos
Intrusivas	tardi tectônica	Episienitos/Albitito Microgranitos /Pegmatitos Calcio Alcalina	Anfibolíticos albitizados	Sheets metassomatizado / minério de U - ETR
				Metassomático mineralizado com U
				Diques e soleiras cinza equigranular.
				Concordantes com a foliação do augen gnaisse

Tabela 5.7 - Descrição resumida da complexa litoestratigrafia de São José de Espinharas, correlacionadas com as unidades litoestratigráficas, idade, litologias, principais características petrográficas e petrológicas. Baseada em dados de Cortez de Souza (2004).



Figura 5.8- (I) Albititos intrusivos, fraturados, no corpo mineralizado da cidade de São José de Espinharas ( Mapa da Crusader do Brasil Mineração, Anexo 1) com intrusões pegmatíticas de baixo ângulo (setas cinzas) e (II) detalhe de fraturas metassomatizadas (setas cinzas); em (III) afloramento no prospecto de Lajedo Branco, com sheet de albititos metassomatizados acompanhando concordantemente a foliação de *augen gnaisse* anfibolítico, metassomatizado e mineralizado.

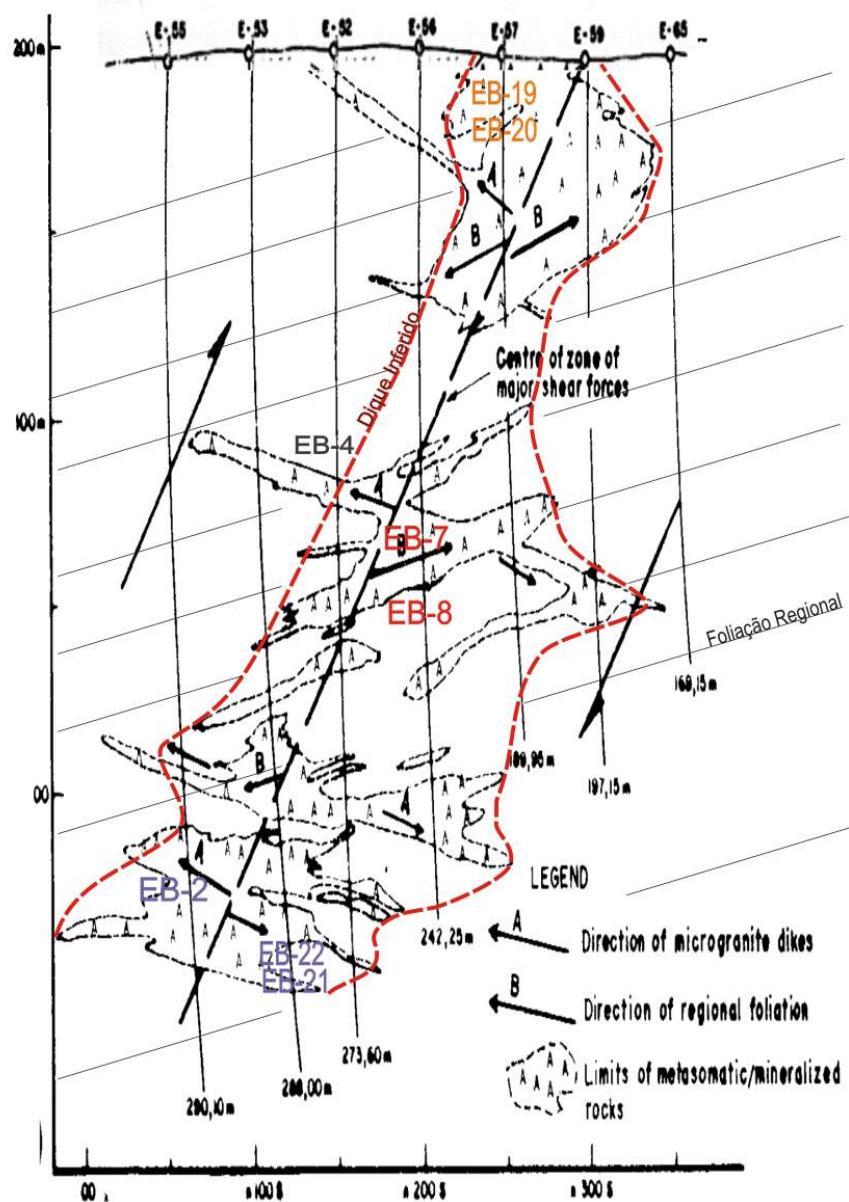


Figura 5.9 – Modelagem do controle de mineralização, com contorno do dique inferido cortando a foliação regional e esforços tectônicos que geraram uma zona principal de deformação. As amostras plotadas fazem parte dos alvos de estudos, coletadas em profundidade, sendo a EB-2 a amostra representativa utilizada neste estudo para as análises de química mineral. Modificado de GROSSI SAD et al. (1989)

## 6. RESULTADOS

### 6.1 ANÁLISE DOS TESTEMUNHOS DE SONDAGEM DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS: AMOSTRAGEM E AVALIAÇÃO GAMAESPECTROMÉTRICA *IN SITU*

A amostragem e avaliação partiram das descrições dos 13 (treze) furos de sondagem executados na área investigada no final da década de 70, e que hoje estão nos vários galpões construídos para armazenar o material de todas as sondagens feitas na Região Nordeste (Figura 6.1). Planilhas dessas descrições, contendo intervalo de profundidade, descrição da composição mineralógica, litologia, zona de alteração, estruturas, análises gamaespectrométricas (cintilometria, em cps) e observações variadas, ajudaram a compreender a zona mineralizada em profundidade e se familiarizar com as complexas relações litológicas do depósito de São José de Espinharas (ver Anexo 1).



Figura 6.1 – Galpão da INB em Santa Quitéria (CE) com as caixas de sondagem de São José de Espinharas. Geralmente as caixas de sondagem apresentam falta de amostras em alguns intervalos e não há conservação adequada.

Todos os testemunhos de sondagem feitos na área do depósito mineral investigado estão plotados em um mapa de trabalho de campo feito pela

empresa Crusader do Brasil Minerações Ltda. Além do prospecto de Espinharas, o mapa contempla o prospecto de Araras, localmente conhecido como Lajedo Branco (ver Anexo 1). Essa ocorrência fica a cerca de 10 km a leste da cidade de São José de Espinharas, e ainda é alvo de pouco estudo, o que leva a possibilidade de no futuro novas pesquisas levarem o aumento das reservas de Urânio nesse local.

Na descrição dos furos de sondagem (ver Anexo) os contatos dos intervalos mineralizados com as zonas estéreis, não albitizadas, são de gradativos a bruscos e podem ser percebidos pela coloração avermelhada, começando bem suave e ficando com tons mais escuros nas rochas com valores relativamente mais elevados da cintilometria (cps). O cintilômetro para análises *in situ* dos furos de sondagem foi o portátil *Explorium Gr-110 Gamma Ray Scintillometer*, de alta sensibilidade e mede a radiação total (K + Th + U; Figura 6.2).



Figura 6.2 – Cintilômetro portátil da marca Explorium Gr-110 Gamma Ray Scintillometer, usado para contagem de radiação total (K + Th + U) por segundo (cps).

Os albititos apresentam geralmente contatos bruscos nos furos e a alteração metassomática gradual, que atinge as rochas do complexo Caicó, da Suíte Ortoderivada e microgranitos tardios, podendo ou não apresentar um controle litológico de unidade original, sendo só correlacionado com o albitito, (Figuras 6.3; 6.4; 6.5; 6.6, 6.7).

As descrições dos testemunhos de sondagem revelaram que os anfibolitos ou gnaisses ricos em anfibólios estão quase sempre próximos das zonas mineralizadas, seja sobrejacente ou subjacente ao intervalo metassomatizado (albititos). Isso pode indicar que os minerais maficos, predominante nesses litotipos, ou algum processo metassomático importante para a mineralização, influenciou no aprisionamento do U-ETR.

As rochas metassomatizadas se apresentam avermelhadas (pela hematização), com alteração dos feldspatos potássicos para sódicos, sericitização, dessilicificação, cloritização, cristalização de carbonatos na porosidade secundária e formação de opacos , onde há a concentração do urânia.

Quanto às estruturas descritas nestes testemunhos de sondagem, observa-se próximo aos albititos, uma família de fraturas verticais e de alto ângulo com preenchimento de minerais criptocristalinos, as vezes podem ter seus cristais metassomatizados de cor marrom avermelhado, o que indicam terem sido precipitados a partir de fluidos metassomáticos síncronos a atividade tectônica ruptil.

As fraturas, quando abertas, são importantes para a percolação dos fluidos mineralizantes. Além disso, depois de se estudar as descrições de testemunho dos halos metassomáticos do depósito investigado, observou-se que as auréolas metassomáticas encontram-se mais adensadas em zonas próximas das redes de fraturas, principalmente de alto ângulo.

Essa informação indica que a mineralização, em São José de Espinharas, tem uma época de geração de estruturas rúpteis através da geração de fraturas, que em alguns furos são abertas (preenchidas por minerais) e fechadas (sem preenchimentos).



Figura 6.3 – Gneisse bandado metassomatizado (coloração avermelhada, dada por albitização e presença de microcristais de hematita) com máficos (biotita e hornblenda) alterando para clorita (verde claro). Furo de sondagem EBH-3 (143 m), do depósito de U de São José de Espinharas (PB). A largura do testemunho tem 5 cm.

Observa-se uma grande cristalização de carbonatos e minerais máficos (potenciais minerais de associação U-ETR) preenchendo as fraturas, próximos e dentro das zonas mineralizadas. Alguns desses minerais máficos apresentam hábito dendrítico, quando cristalizado em fraturas, e caracterizam um hábito comum de cristalização da uraninita ou pirolusita. Além das intrusões micrograníticas, tem-se evidência de porções pegmatíticas cortando os halos de albitito. Os pegmatitos já se encontram metassomatizados, apresentando a coloração tipicamente avermelhada, levantando a possibilidade desses diques pegmatíticos serem sin ou tardios em relação ao momento da intrusão dos diques aplogranito/albititos. Esses diques são portadores de carbonatos, provavelmente dolomitas, pois as amostras não efervesceram com o HCl a 10% (Figura 6.5).



Figura 6.4 – Albítito mineralizado com concentrações anômalas de urânia e veio de quartzo truncado. Furo de sondagem EBH-3 a 172 m. Depósito São José de Espinharas – PB.

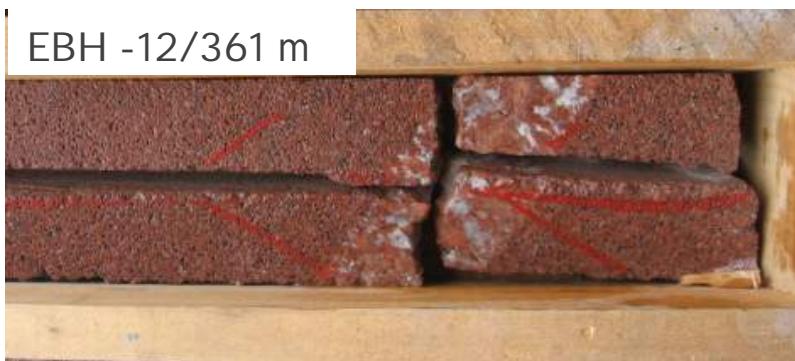


Figura 6.5 – Albítito cortado por dique pegmatítico, onde os minerais brancos são carbonatos (dolomita) e feldspatos estão alterados para cor vermelha quando sofrem sericitização e hematização. A amostra EBH-12 está a 361m do solo. O metassomatismo modificou toda a textura da rocha primária do depósito São José de Espinharas – PB.



Figura 6.6 – Diques e apofises graníticos epissieníticos (albitito avermelhado) cortando o gnaisse (cinza avermelhado). EBH-52 a 224m. Depósito São José de Espinharas – PB.



Figura 6.7- Albítito mineralizado com preenchimento de interstícios, possivelmente ricos em clorita (coloração esverdeada), onde se acreditava ser uma potencial fase portadora de urânio e Elementos Terras Rara, furo EBH-3 a 175m.

O aparecimento de carbonatos nos sistemas de fraturas e em diques de pegmatitos, próximos da mineralização pode ser importante, pois poderia servir para prever uma possível relação com a mineralização de ETR, já que os estudos de Taylor et al. (1981) sugerem que o enriquecimento em ETRP e outros elementos químicos (Nb, Ta, Th, U) resulta da forma de seu transporte na forma de complexos carbonatados, no fluido alcalino responsável pelo metassomatismo.

O gnaisse albitizado, quando ocorre com coloração vermelha, apresenta teor médio de U maior que os albítitos porosos ou de qualquer outro minério estudado nos testemunhos de sondagem.

Foram coletadas 22 amostras frescas, junto com as descrições dos testemunhos, respeitando uma média de duas amostras por furo e que contivesse anomalia de U, de acordo com as análises com o aparelho portátil de Fluorescência de Raios-X (FRX), Niton®, e o cintilômetro, ambos de propriedade da Crusader Mineração Ltda. Na Tabela 6.1 pode ser vista a relação das amostras coletadas e o teor de urânio encontrado com o FRX da Niton. As amostras foram coletadas de modo que para cada furo de sondagem estudado, se representasse dois tipos de rochas: uma chamada de minério,

com maior valor radiométrico, e outra com baixos valores. Isso para se estudar a influência da mineralogia em cada uma.

Furos	Amostra	Litologia	U (ppm)	Prof. (m)
EBH-56	EB-7	Albitito (minério)	14,87	132,50
	EB-8	Gnaisse	13,80	154,50
EBH-12	EB-9	Gnaisse albitizado (minério)	738,83	142,60
	EB-10	Gnaisse	26,06	153,50
EBH-03	EB-11	Albitito mineralizado	141,77	145,00
	EB-12	Albitito	19,50	170,00
EBH-35	EB-13	Albitito (minério)	487,99	207,50
	EB-14	Gnaisse	23,26	201,50
EBH-19	EB-15	Albitito (minério)	55,91	197,50
	EB-16	Gnaisse	189,01	191,50
EBH-13	EB-17	Albitito (minério)	116,98	77,50
	EB-18	Gnaisse	24,68	88,50
EBH-57	EB-19	Albitito (minério)	176,67	17,50
	EB-20	Albitito	59,25	40,50
EBH-53	EB-21	Albitito (minério)	68,15	262,50
	EB-22	Gnaisse	25,28	260,50
EBH-1	EB-3	Albitito (minério)	166,27	120,50
	EB-2	Gnaisse albitizado (minério)	1354,34	115,50
EBH-52*	EB-4	Mineral preenchendo fratura	27,19	100,00
EBH-55	EB-1	Albitito	17,65	233,50
EBH-24	EB-23	Gnaisse albitizado (minério)	142,55	158,50
	EB-24	Albitito	53,20	182,50

Tabela 6.1 - Relação das amostras coletadas nos testemunhos de sondagem estudados, contendo identificação do furo de sondagem e da amostra, litologia, teor de urânio (analisado com FRX portátil da Niton®) e profundidade. Note-se que o maior teor de urânio (1.354,34 ppm) encontrado foi registrado em um gnaisse albitizado (Furo EBH-1/Amostra EB-2). Abreviatura: U urânio; Prof. é profundidade; m é metros e ppm partes por milhão.

## **6.2 ANÁLISE DOS TESTEMUNHOS DE SONDAGEM DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS: ESTUDOS PETROGRÁFICOS DETALHADOS**

---

Todas as descrições das lâminas delgadas e lâminas delgadas polidas, envolvidas na elaboração deste capítulo, estão no final do relatório (anexo 3). As amostras EB-2 e EB-9 foram as que apresentaram os teores de urânio mais elevados dentre todas as amostras coletadas. Portanto, passa-se a se descrever estas, dada a importância das mesmas para se avaliar a mineralogia do minério. Ambas tratam-se de gnaisses albitizados, com coloração vermelha dos feldspatos (feldspatos alcalinos albitizados e com microinclusões de hematita-magnetita), podendo apresentar níveis com alta dessilicificação, notada pela ausência ou pouca porcentagem de quartzo, com consequente geração de poros na rocha (Vuggy), que eventualmente foi preenchido por minerais de alteração e secundários (Albitas secundárias, clorita, carbonato e opacos). Esta rocha, quando alterada totalmente, torna-se um albitito sem estruturas, e mostra que passou por intensa alteração metassomática dos feldspatos alcalinos por albiticos, e alteração sericítica posterior, criando uma matriz microcristalina nos feldspatos alcalinos (Figuras 6.8 e 6.9)

Nas amostras coletadas, os biotita anfibólio gnaisses, com teores considerados de minério estão frescos, não foram albitizados completamente e registram algumas estruturas primárias (foliação magmática e geminação de minerais), antes de serem alterados por transformação mineral (formação de vugs, hematização, sericitização e saussuritização intensa).

.

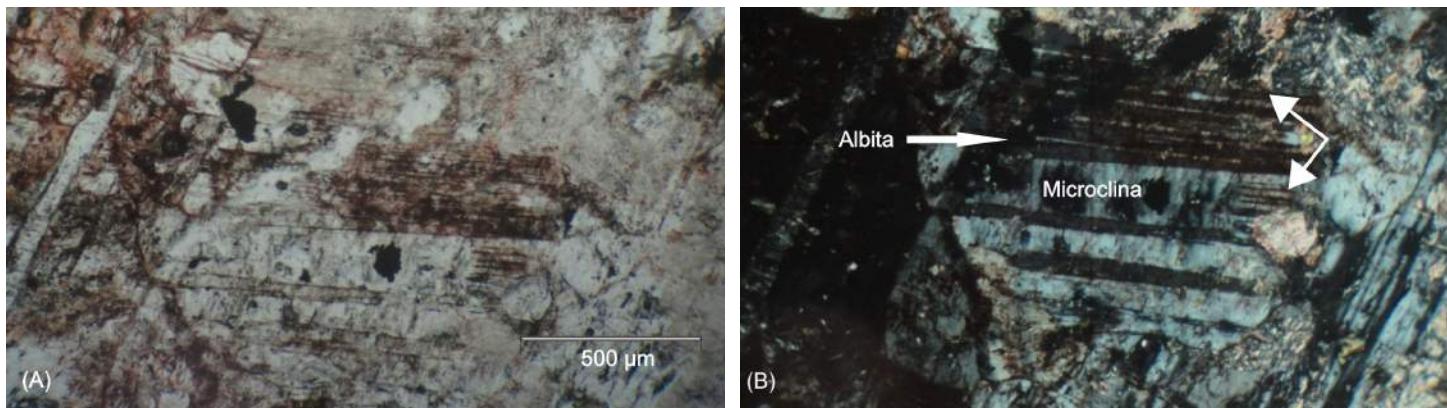


Figura 6.8 Fotomicrografia mostrando (A) albitização ocorrendo na troca de feldspato potássico (microclina) para sódico (albita) com saussuritização posterior atingido seletivamente a albita (carbonato + epidoto + sericita). (B) mesma imagem com nicóis cruzados. Amostra EBH-1 EB-2. (Objetiva 4x/0,25 P).

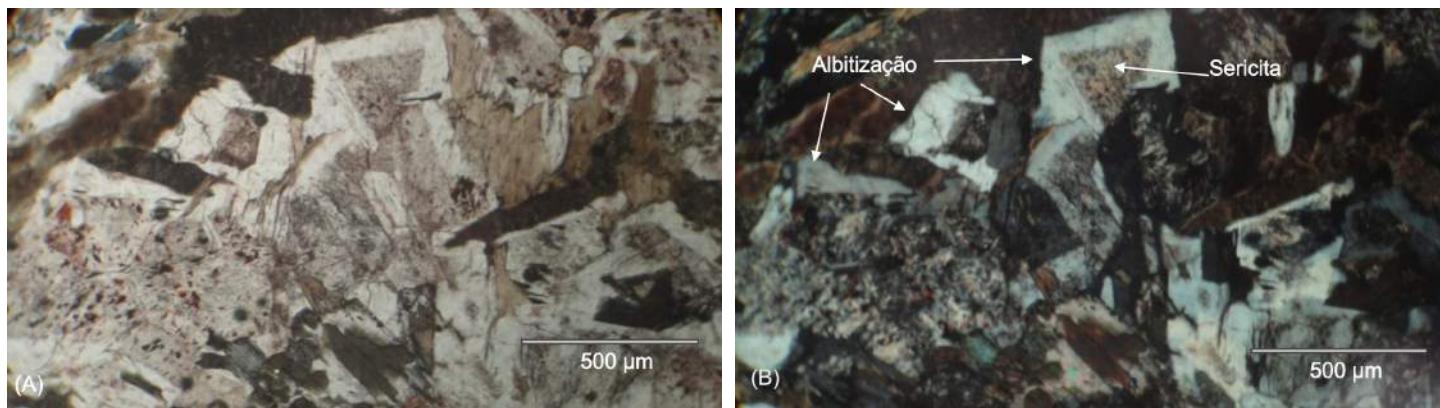


Figura 6.9.- (A) Microclina intensamente sericitizada com coroa de recristalização composta por albita. (B) Detalhe da albitização e sericitização em nicóis cruzados . Leica (Obj. 4x/0,25 P).

De acordo com o estudo detalhado das lâminas delgadas e delgadas polidas dos furos de sondagem foi possível observar alguns processos de alteração, e seu *timing*, em relação ao que foi estabelecido por Porto da Silveira (1991). A Tabela 6.2 sumariza estes processos de alteração metassomática registrados nas litologias associadas a mineralização. Algumas transformações foram superpostas ou atingiram pouco intensidade em algumas porções.

Cabe ressaltar que, de acordo com as investigações das lâminas das amostras frescas de minério, o metassomatismo resultou em alcalinização (sódica) das rochas, dessilicificação (dissolução de quartzo), alteração de minerais de Fe-Mg-Ti (como cloritização da biotita, transformação dos anfibólios formando riebeckita-arfevdsonita, formação de cloritas magnesianas a partir da transformação da biotita), albitização (mais de uma geração de cristalização), saussuritização e sericitização dos feldspatos primários, formação de mais de uma geração de minerais opacos, geração de carbonatos, e geração de apatitas.

A **dissolução** ocorreu possivelmente com o quarto e fracamente nos feldspatos alcalinos primários existentes. Isso explicaria a ausência ou a pouca porcentagem de quartzo observada nas rochas metassomatizadas. Quando a rocha não apresenta alteração metassomática intensa, o quartzo é abundante e não há formação de estrutura porosa.

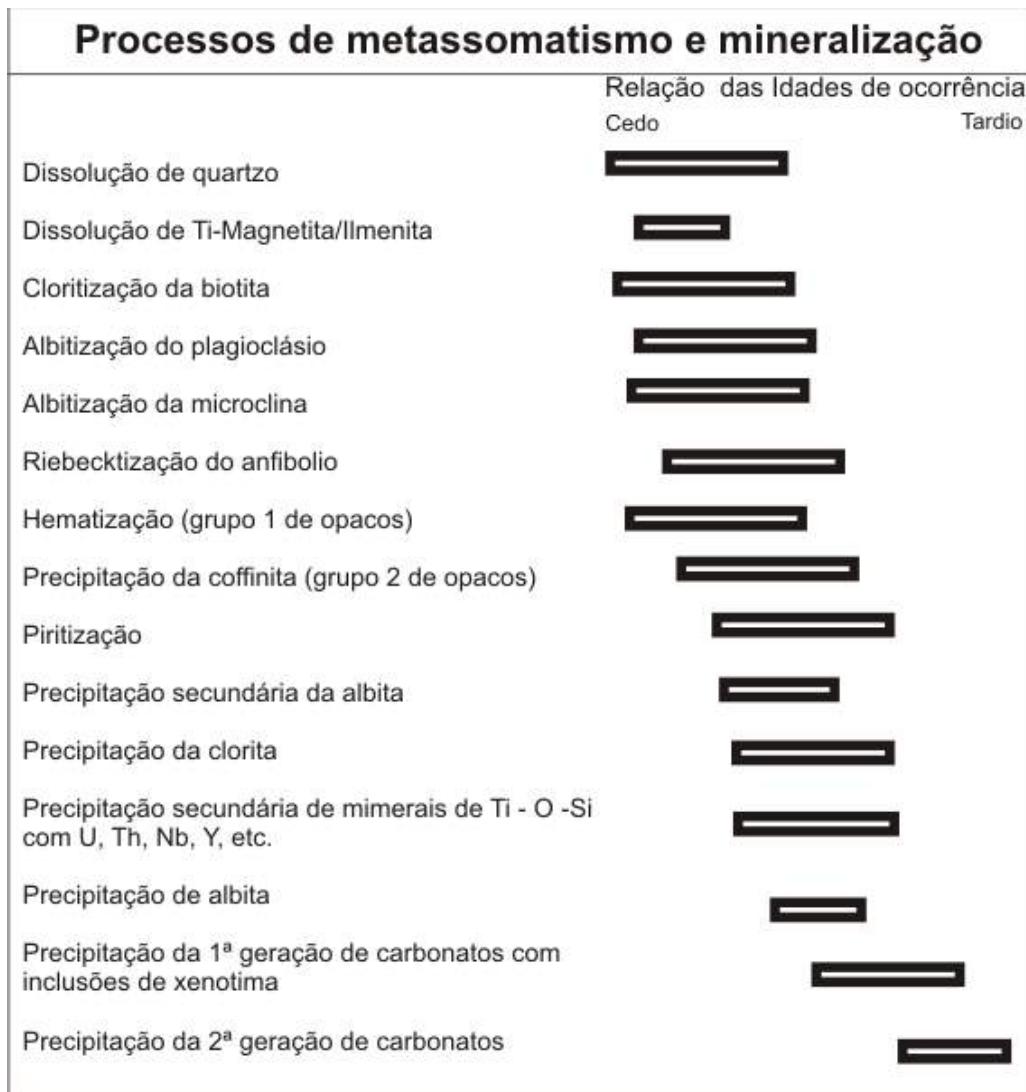


Tabela 6.2- Principais processos de metassomatismo associada a mineralização com o timing das ocorrências entre elas no depósito de São José de Espinharas. O grupo 1 de minerais opacos engloba a magnetita e o grupo 2, as uraninitas e coffinita. Estabelecido por Porto Silveira (1991).

Neste trabalho não verificou-se em que época ocorre a saussuritização (formando carbonatos + epidoto + sericita) e sericitização dos feldspatos, podendo apenas inferir que sejam pré ou sincronos a albitização, uma vez que geram bordas de recristalização.

Essas alterações alcalinas se deram nas bordas e/ou dentro de minerais (feldspatos e anfibólios) e foram essências na formação de outros minerais secundários (riebeckita-arfevdsonita). Nos feldspatos alcalinos (e.g. microclina), a alteração sódica pode ter ligação com outro processo, o de **sericitização**,

onde o feldspato é alterado para mica branca com textura fina (sericita). Esses argilominerais podem ter natureza sódica, já que há presença de vários minerais sódicos no sistema de alteração, onde as sericitas podem ser do tipo paragonita ou glauconita.

A **albitização** das rochas de São José de Espinharas compreende o processo no qual ocorre a formação de plagioclásio do tipo albita, substituindo feldspato potássico pré-existente, identificados por formação de albita sobre cristais preservando uma tênue geminação do tipo Carlsbad e do tipo Cruzada (Figura 6.8). A formação de plagioclásio também ocorre em poros criados na rocha, na forma de aglomerados de cristais exibindo contatos retos (ângulo de 120°) a irregular entre si, e geminação do tipo polissintética. Neste caso esta albita é considerada como de outra geração mais tardia, por ocorrer em poros e não apresentar nenhuma alteração secundária (e.g. saussuritização).

Se observa, em alguns cristais de feldspatos, a formação de um núcleo de feldspato alterado, microclina por ser mais propício aos processos de sericitização, e bordas de albita cristalizadas tardiamente. Esses cristais zonados chamam a atenção por apresentarem bordas de recristalização, límpidos, relevo semelhante aos minerais de natureza silicosa-feldspática, criando uma textura semelhante ao do tipo Corona descrito em rochas metamórficas com granada e piroxênio (Figura 6.9).

A reação geral de sericitização pode ser escrita da seguinte forma:



Como se pode ver, a reação envolve o feldspato alcalino e água proveniente de fluidos hidrotermais. Essa reação tem como produto a sericita, sílica mais óxido de potássio. A borda de albita recristalizada pode ser originada a partir dessa sílica livre, mais o sódio (Na) oriundo dos fluidos metassomáticos e foi alvo de investigações para comprovar sua real

composição química, sendo confirmada a sua natureza sódica em MEV-WDS (ver item 6.3 desse capítulo).

Considerada mais um produto do processo de metassomatismo, a albitização foi realizada com fluidos hidrotermais enriquecidos em sódio, aparentemente a principal substância adicionada às rochas. Os minerais de Fe presentes em todas as rochas metassomatizadas, em minerais opacos ou inclusões em cristais, estão oxidados e associados aos minerais atingidos por metassomatismo, principalmente nos feldspatos. Geralmente ocorrem na forma de partículas diminutas, conferindo-lhe uma cor avermelhada característica.

As inclusões ferruginosas são possivelmente minerais microcristalinos de óxido de ferro, como magnetita oxidada, de forma que o feldspato perde a sua geminação. O Fe pode estar também derivando da desestabilização de biotita ou da hornblenda (Figura 6.10). Dentro de feldspatos alterados há uma grande ocorrência de inclusões de ferro oxidado, cujos cristais de feldspatos desenvolvem um aspecto fosco, característico de “nuvens”, se tornando difícil de serem identificados por ausência da geminação.

Essa tonalidade avermelhada da albita pode ser confundida com feldspato potássico em amostra de mão. Em algumas seções das lâminas estudadas, ocorre a intensa hematização dos feldspatos e estão associados a oxidação dos minerais opacos pre-existentes, possivelmente magnetita, geralmente nos interstícios, planos de clivagem e espaços criados por dissolução (Figuras 6.11 e 6.12).

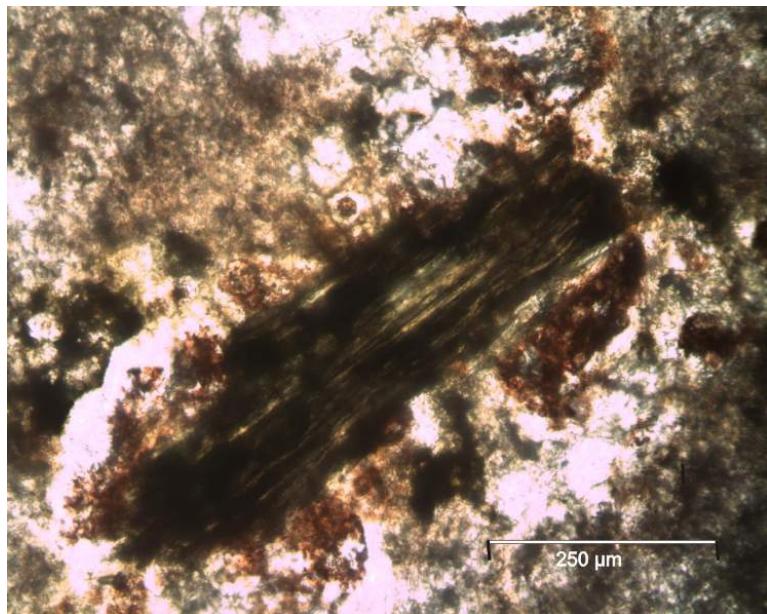


Figura 6.10 – Biotita alterando para clorita (esverdeadas e opacas). Esta reação pode ser a fonte de Fe para formação de óxidos (minerais opacos). Nicóis paralelos, amostra EB20, furo EBH-57.

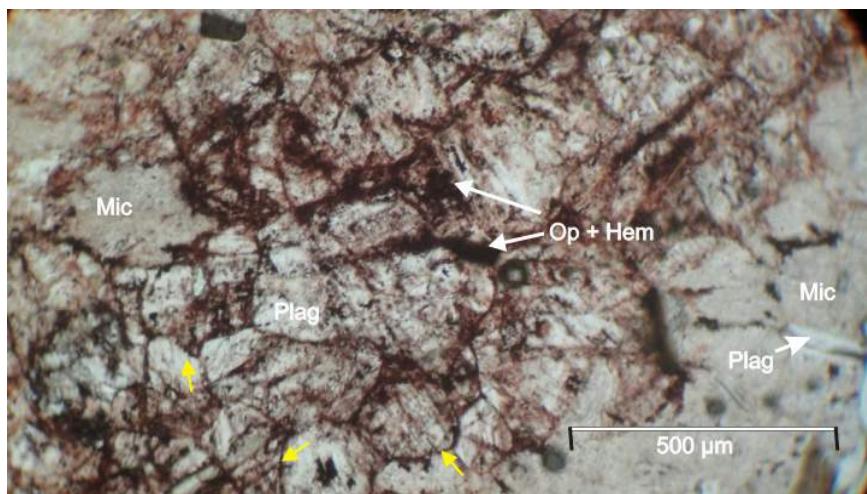


Figura 6.11– Hematização (Hem - oxidação da magnetita) minerais opacos (Op) nos insterstícios de feldspatos e em clivagens (setas amarelas), de plagioclásio (Plag) na maioria, com outros minerais opacos associados. Ainda é possível ver Microclina (Mic) zonada por albita recristalizada. Augen gnaisse anfibolítico metassomatizado do Furo EBH-1, amostra EB2 a 115 metros do solo. Microscópio Leica (Obj. 4x/0,25 P).

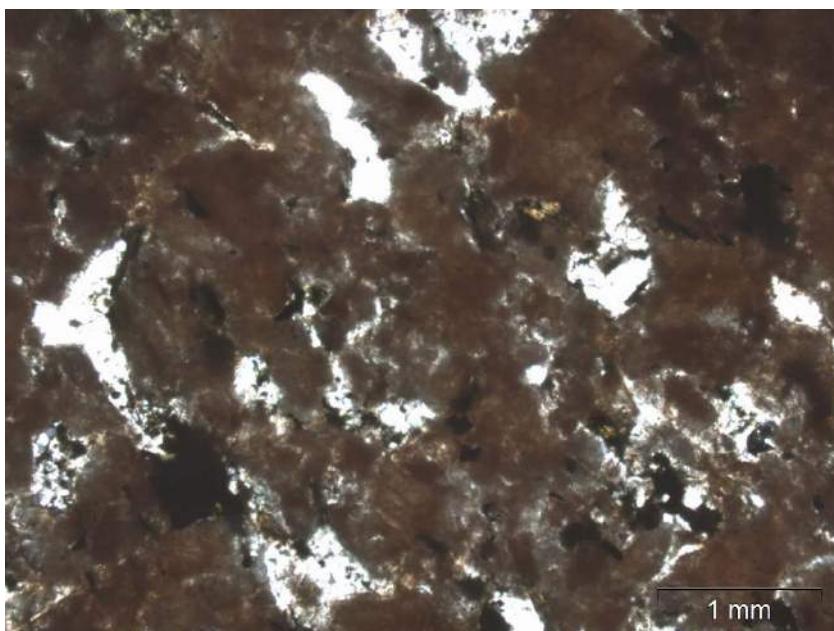


Figura 6.12 – Hematização pervasiva nos feldspatos alcalinos, com formação de minerais opacos (magnetita ou pirita) nos interstícios. Piritização ocorre subordinadamente entre os minerais opacos. Furo EBH-53, amostra EB 21 a 262 metros do solo.

As amostras das rochas metassomatizadas sofrem transformação dos anfibólios para bordas sódicas e aegerinização. Nos de alteração sódica, originalmente são hornblendas que se transformam em anfibólio sódico, para riebeckita-arfevdsonita (azul e ou esverdeado). Os anfibólios sódicos ocorrem na forma de: (1) bordas de alteração em cristais euédricos de hornblenda (2) agregados fibrosos (finas agulhas) preenchendo vazios ou circundando os cristais de hornblenda. Essa alteração é observada em todos os litotipos descritos nos testemunhos de sondagem estudados, e parece ser um dos primeiros estágios dos processos de metassomatismos que afetaram as rochas investigadas. Na Figura 6.13, observa-se a tal substituição das bordas de cristais de hornblenda formando riebeckita-arfevdsonita, onde o cálcio (que tem em cerca 10% na hornblenda) liberado pode servir para ajudar a formar carbonatos que ocorrem nos interstícios, ou mesmo ter uma contribuição maior do fluido externo. Os anfibólios ainda apresentam alteração para actinolita (actinolitização), com minerais secundários associados de hábito fibroso, podendo ser cloritização de alguma biotita ou mesmo do próprio anfibólio (Figura 6.14).

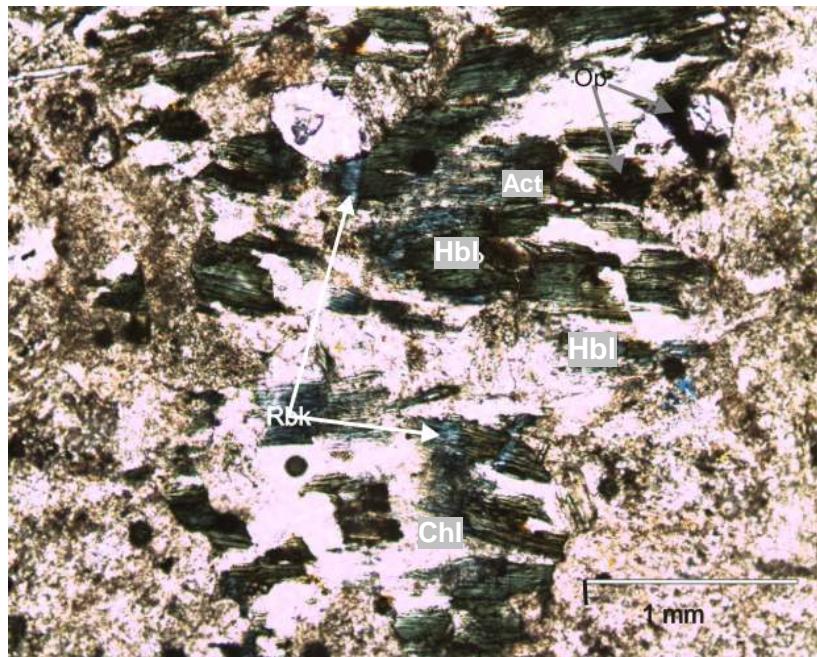


Figura 6.13 – Fotomicrografia mostrando a hornblenda (Hbl) sofrendo transformação com formação de riebeckita–arfvedsonita (Rbk) e alteração por inclusão de minerais opacos (Op), preferencialmente desenvolvidas nas bordas dos cristais. Nicós paralelos e aumento de 10x.



Figura 6.14 - Hornblenda actinolitizada (Act) com alta birrefringência e alteração da hornblenda( Hbl) para clorita (Chl), minerais fibrosos nas bordas do cristal. Amostra EB-16, furo EBH-19.

A formação de carbonatos ocorre nos interstícios dos minerais, entre resquícios de minerais dissolvidos (como por exemplo quartzo e feldspatos primários), minerais alterados, desestabilizados e ou em fraturas extensionais, quando preenchidas por minerais. Isso levanta a hipótese de que a carbonatação ocorreu como um dos últimos estágios dentro os processos metassomáticos, possivelmente aproveitando o Ca liberado na alteração sódica de anfibólios cárnicos, e do próprio Ca aportado externamente pelos fluidos metassomáticos.

Associados à alteração final da rocha, quando ocorre o aporte de soluções carbonatadas, outra alteração é notável nas amostras metassomatizadas, que são aquelas promovidas pelos fluidos fosfatados. Estas desenvolvem geração de apatitas, idiomórficas associadas a bordas de carbonatos e minerais máficos e hipidiomórficas nos interstícios dos feldspatos (alcalinos e albita). Apatita esta presente de forma primária (cristais euédricos), que ocorre cristalizada dentro de cristais de máficos e em meio aos minerais secundários, produzido pelos feldspatos.

A apatita, em geral, representa nessas amostras estudas, um mineral secundário comum a zonas de alteração hidrotermal atribuidos serem de alta temperatura.

Cristais de clorita, verde claro a amarelo claro, criptocristalino, se formam como uma massa com textura argilosa nos interstícios das rochas mineralizadas, geralmente associada a uma geração de albitas euédricas tardia. Imaginava-se ser uma fase mineral de U-ETR, mas ao contrário do que se pensava, são estéreis em U-ETR e ricas em Mg, apesar de poder estar associada aos minerais opacos, entre os minerais minérios de U (Figura 6.15).

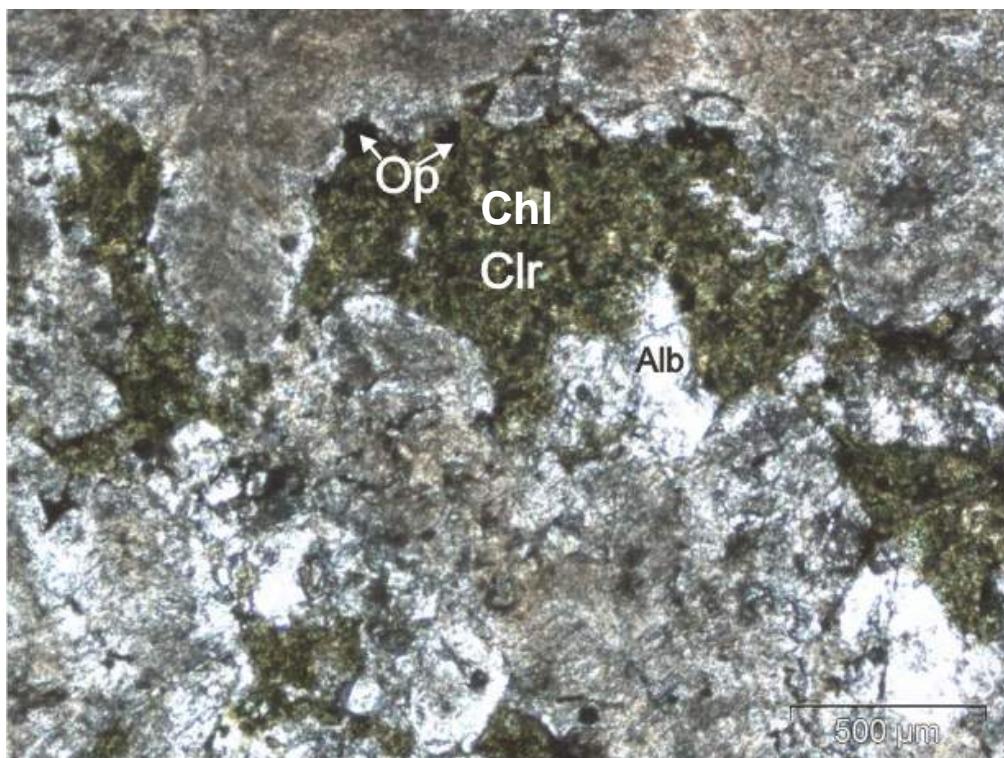


Figura 6.15 – Fotomicrografia mostrando clorita (Chl) associada a albitas tardias (Ab) e minerais opacos (Op), ambos cristalizados como massa microcristalina nos interstícios dos feldspatos alcalinos albitizados com hematita associada. Furo EBH-56, amostra EB-7. Nicóis Paralelos, Aumento de 40X.

O metassomatismo sódico é o principal processo de transformação observado nas rochas mineralizadas de São José de Espinharas, caracterizando-se pelo aporte de fluido alcalino sódico (Na), que é um dos componentes responsáveis pela formação de alguns minerais de alteração secundária, como por exemplo, riebeckita-arfevdsonita e albita.

### **6.3 ANÁLISE DOS TESTEMUNHOS DE SONDAGEM DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS: ESTUDOS GEOQUÍMICOS (FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X E MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA COM WDS ACOPLADO)**

---

Dados geoquímicos, vários elementos químicos (elementos maiores: Fe, Ti, Mn, Ca e K ; os elementos menores e traços: U, Th, Zr, Cu, Pb, Zn, Rb, Cs, Ba, Sr, Co, V, Mo, Sn, Sc, Sb, Te, Cd, Pd) foram medidos por Fluorescência de Raios-X (FRX) diretamente *in situ* nas amostras de testemunho de sondagem estudadas, com auxílio de um aparelho portátil. Todos os resultados estão dispostos na Tabela 6.3.

Os dados de ETR passaram por detecção química no aparelho de FRX, Niton® com a limitação de elementos, pois o fabricante disponibiliza alguns elementos para configuração adequada para a prospecção do cliente e caso haja interesse em algum outro elemento do qual não se programou sua detecção , o aparelho passa por novas calibrações com custo adicional de manutenção.

Na matriz de correlação dos resultados de FRX ocorre uma associação dos elementos Te, Cs, Ba e Sr, obtidos com valores altos na amostra EB-4, retirada dentro de fraturas verticais, como minerais de preenchimento. Dados do Pd, adquirido no FRX em ppm, são considerados anômalos em algumas amostras (EB2-EB11-EB12-EB9-EB13-EB4-EB7), já que normalmente as mineralizações desse metal têm concentrações da ordem de ppb. O Pd é um elemento associado a minerações auríferas ou em rochas maficas e ultramáficas, assim não era esperado o seu aparecimento nesse tipo de mineralização.

Estes dados foram utilizados para a geração de matriz de correlação, sendo que para isto os valores de concentração abaixo do limite de detecção do aparelho foram considerados a metade do seu valor, para fins de cálculo da matriz de correlação. Na matriz de correlação (Tabela 6.4) algumas fortes correlações positivas (coeficiente de Pearson > 0,8) foram detectadas entre:

O Rb-Ba: provavelmente acontece pela associação desses elementos químicos em feldspatos, pois ambos apresentam raios iônicos compatíveis com

o K (Rb), Ca e Na (Ba); Te-Cs-Sb-Sn aparecem mais altos na amostra EB-4. Esta amostra possui material com preenchimento de fraturas de alto ângulo. Esses são exemplos de fluidos tardios mineralizados, podendo estar ligado a algum elemento da mineralização de U-ETR. Fe-Mn: provavelmente ocorrem associados em massas feldspáticas com minerais opacos. Isso mostra uma manganesiferação das amostras albitizadas, associadas à hematização (Figura 6.16).

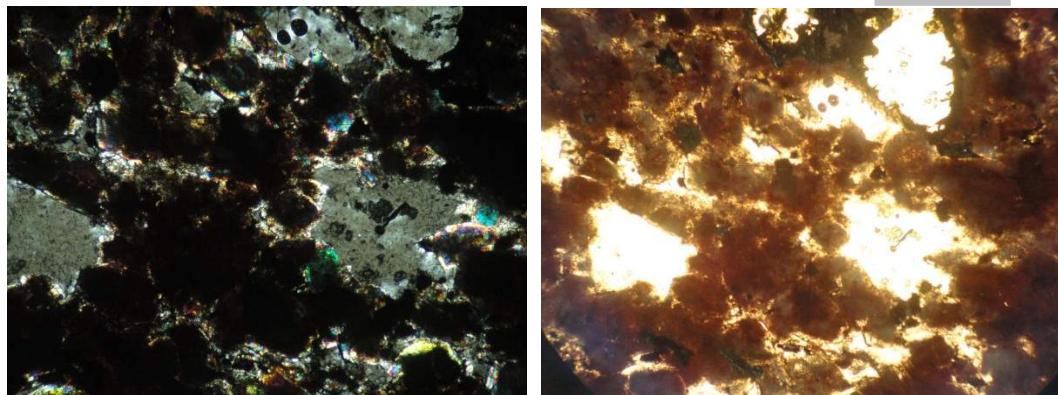


Figura 6.16 - Massa de feldspatos albiticos com inclusões de óxidos de Fe e Mn associados. Sob nicóis cruzados, à esquerda, os feldspatos são escuros. À direita, sob luz transmitida, os feldspatos mostram aspecto fosco e nebuloso, dado pelas inclusões de óxidos de Fe e Mn. Todos espaços entre os cristais (cinzas na imagem da esquerda, e brancos na imagem da direita) são vazios da dissolução. Amostra EBH24/EB-24 (Área VI).

Dentre as amostras coletadas, foram selecionadas 8 amostras representativas para observações petrográficas mais detalhadas, a fim de se estudar a química mineral das fases minerais possíveis hospedeiras de urânia (Figura 6.17). A amostra EB-2, por conta do registro do teor mais elevado (1.354 ppm) de U obtido por FRX dentre as amostras dos furos de sondagem estudados, foi selecionada para estudo detalhado de química mineral no MEV-WDS. Esta amostra também é considerada representativa da mineralogia dos minerais de minério da área (Figuras 6.18 - 6.19).

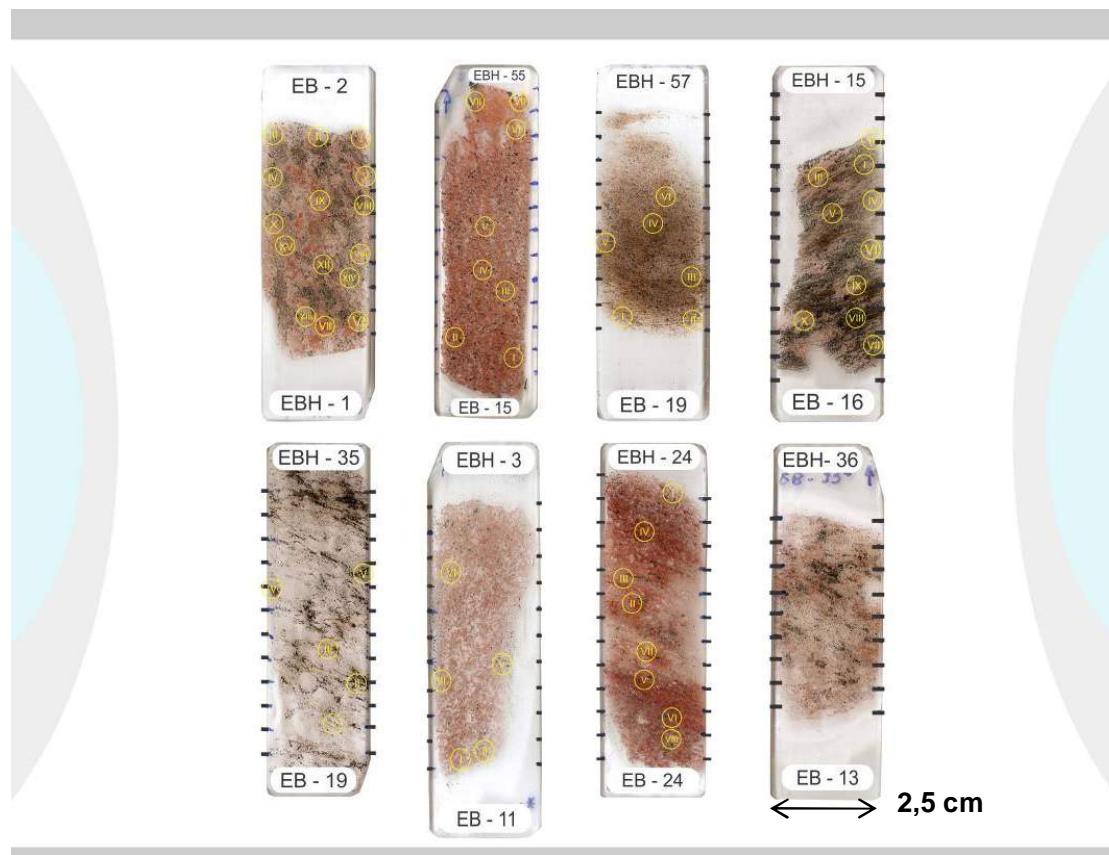


Figura 6.17 – Imagem das lâminas delgadas polidas estudadas e detalhadamente para a seleção de minerais para o estudo de química mineral. São 8 lâminas no total, onde foram descritas mais de 40 áreas (círculos amarelos) contendo fases minerais potencialmente hospedeira de U. A amostra representativa contendo todas as fases minerais de interesse, selecionada para o estudo de química mineral é a Amostra EBH1-EB2, primeira lâmina, no canto superior esquerdo da imagem. Trata-se de um biotita-hornblenda gnaisse albitizado, que teve das 15 áreas estudadas, duas usadas para detalhamento e análises qualitativas por MEV-WDS.

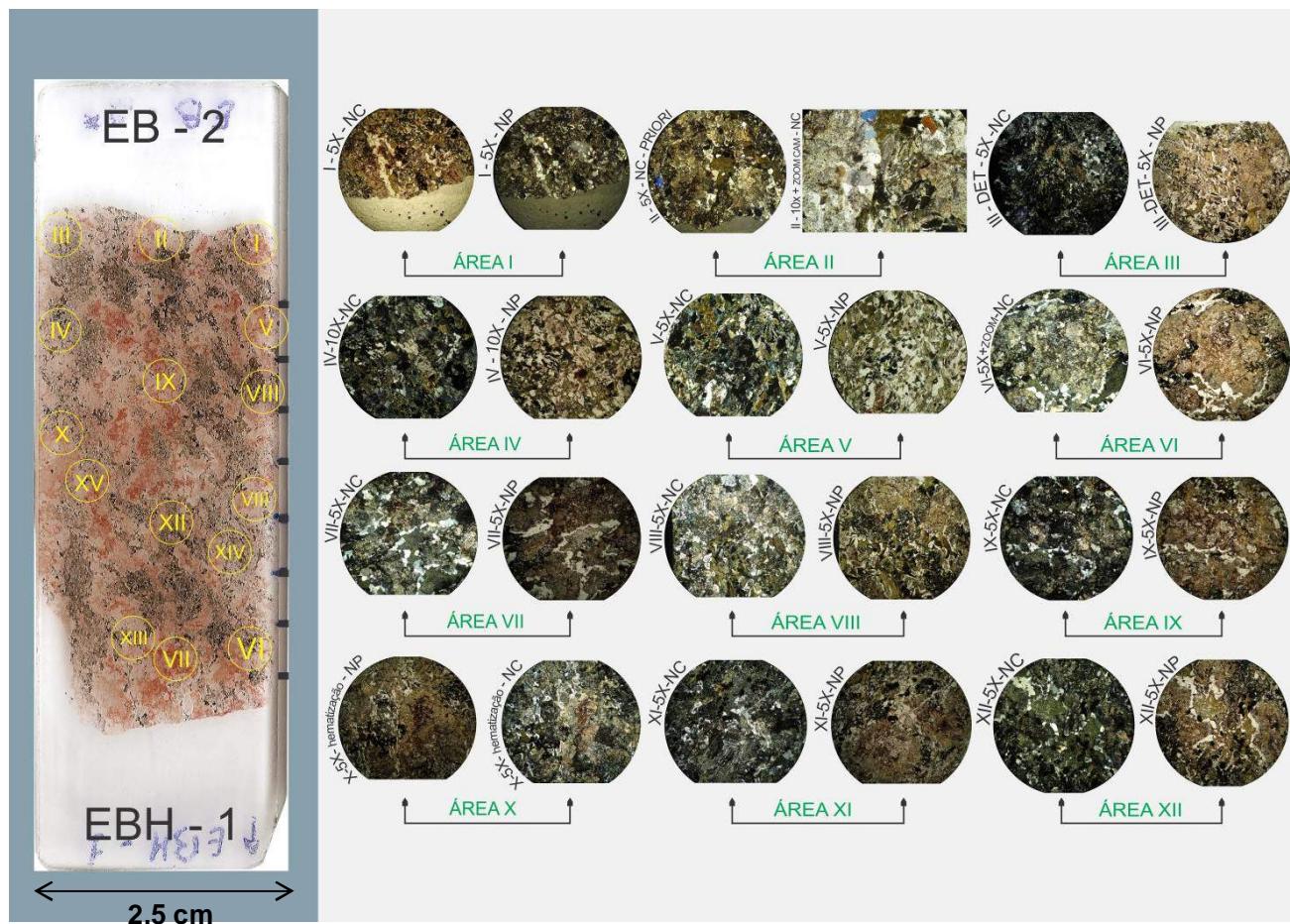


Figura 6.18 - Imagem da amostra gnáissica EB-2 contendo 1.354 ppm de U e representa a maior quantidade desse elemento nas amostras dos furos de sondagem estudados. Foram selecionadas 15 áreas de interesses (círculos amarelos), considerados alvos para possíveis fases minerais portadoras de U-ETR. As imagens do lado direito da foto mostram o detalhamento de cada área de interesse, da Área I a XI.

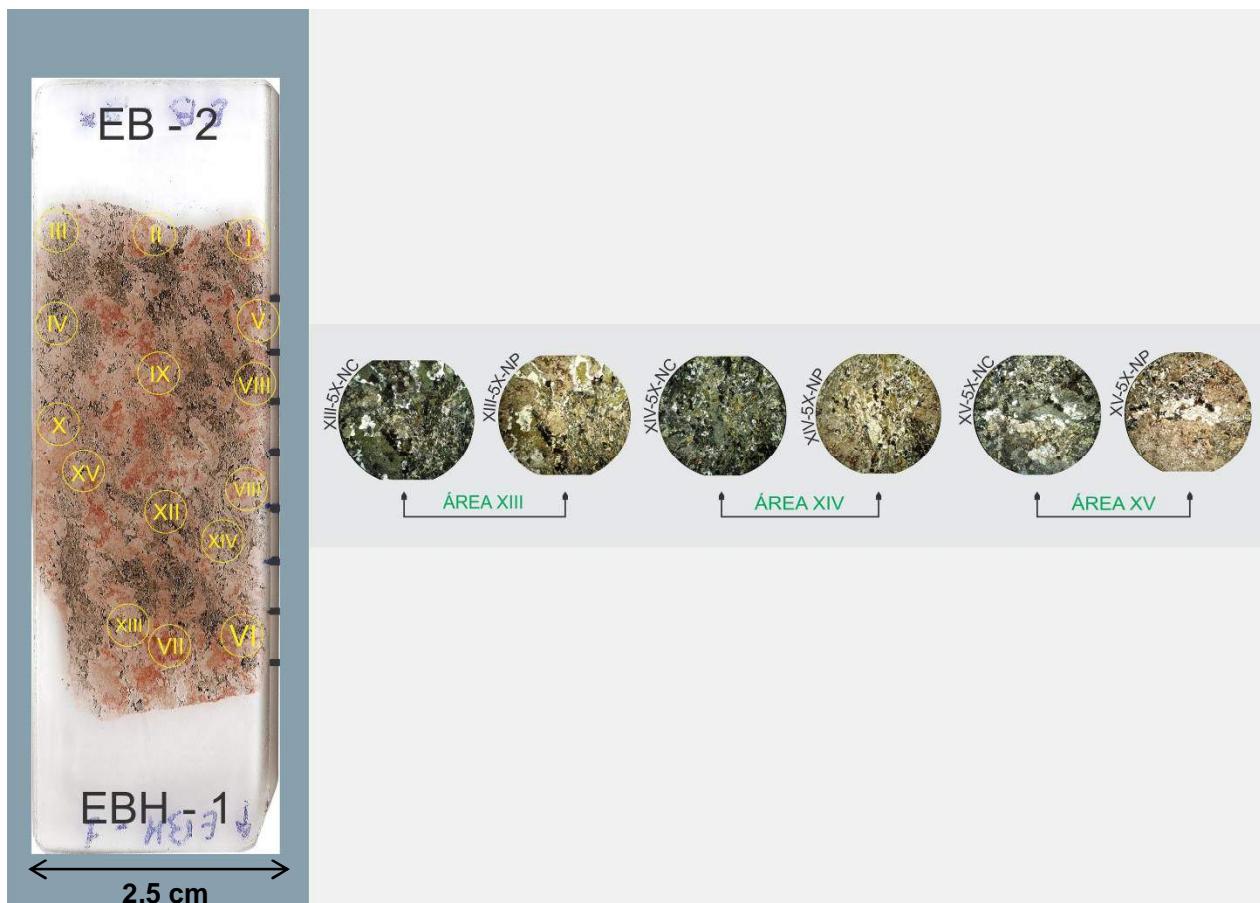


Figura 6.19 - Imagem da amostra gnáissica EB-2 contendo 1.354 ppm de U e representa a maior quantidade desse elemento nas amostras dos furos de sondagem estudados. Foram selecionadas 15 áreas de interesses (círculos amarelos), considerados alvos para possíveis fases minerais portadoras de U-ETR. As imagens do lado direito da foto mostram o detalhamento de cada área de interesse, da Área XIII a XV.

Amostra	Furo	Fe	Ti	Mn	Ca	K	U	Th	Zr	Cu	Pb	Zn	Rb	Cs	Ba	Sr	Co	V	Mo	Sn	Sc	Sb	Te	Cd	Pd
EB 2	EBH-1	27200	1047	507	13083	4500	1354	158	215	13	61	42	121	28	582	304	20	10	5	10	69	5	50	5	27
EB 3	EBH-1	4696	194	275	25241	473	166	442	154	13	4	24	11	63	256	55	20	10	5	10	20	27	127	5	5
EB 11	EBH-3	10499	307	297	4533	535	142	42	175	13	4	8	2	122	391	160	171	10	5	54	20	54	280	5	21
EB 12	EBH-3	3137	100	28	4555	24749	4	4	177	80	55	8	82	171	1087	387	20	10	5	66	20	80	323	19	19
EB 20	EBH-57	3772	651	28	620	200	59	190	69	13	4	83	2	60	234	40	20	10	5	10	20	35	102	5	5
EB 9	EBH-12	10637	50	28	24505	1465	739	182	90	13	4	8	31	28	64	650	20	10	28	10	85	5	50	5	19
EB 10	EBH-12	24945	978	566	19320	10510	4	4	119	13	4	8	116	159	1372	788	20	10	5	62	20	60	277	29	5
EB 17	EBH-13	2529	387	28	1328	200	117	238	113	13	4	8	10	74	340	46	20	10	5	10	20	30	142	5	5
EB 18	EBH-13	30125	836	370	6778	2379	4	4	105	13	22	61	61	74	597	500	20	10	5	10	52	47	144	5	5
EB 15	EBH-19	6986	426	28	21554	200	56	100	3	13	4	8	2	93	219	71	20	10	5	35	77	42	122	5	5
EB 16	EBH-19	65881	2659	1117	7133	603	189	41	277	85	4	87	24	48	267	213	20	10	5	10	58	5	50	5	5
EB 23	EBH-24	31122	1590	554	8252	1694	143	130	169	13	4	58	47	67	394	308	20	10	5	10	42	5	102	5	5
EB 24	EBH-24	9087	229	162	2015	904	53	35	199	13	4	8	36	101	575	222	20	10	5	10	20	55	206	5	5
EB 13	EBH-35	18897	928	305	4945	1981	488	69	131	13	4	43	56	78	916	276	20	10	5	30	56	42	138	5	26
EB 14	EBH-35	7912	650	28	2497	13870	4	4	62	13	21	8	130	118	1525	348	20	10	5	50	20	47	209	5	5
EB 4	EBH-52	200585	50	3681	8277	2057	4	4	49	13	4	8	60	202	813	116	20	10	5	69	43	112	361	5	29
EB 8	EBH-56	63704	1674	1242	16690	200	4	4	127	13	4	82	6	71	278	94	20	114	5	10	62	5	101	5	5
EB 21	EBH-53	5683	267	141	2064	650	68	141	354	13	4	34	32	86	326	126	20	10	5	10	20	39	124	24	5
EB 22	EBH-53	46769	1424	695	4760	3528	4	4	240	13	4	77	85	71	693	213	20	10	5	10	41	5	126	5	5
EB 1	EBH-55	1779	219	28	112456	635	18	45	47	13	4	8	7	101	430	129	20	10	5	42	20	46	157	5	5
EB 7	EBH-56	3308	179	28	19730	557	15	31	22	13	4	8	8	139	394	65	20	10	5	54	20	75	297	22	32
EB 19	EBH-57	83201	1575	1655	5448	1341	177	46	128	13	36	216	51	57	278	78	20	130	5	10	71	5	50	5	5

U	Th	Zr	Fe	Cu	Mo	Sr	Rb	Pb	Zn	Co	Mn	Ti	V	K	Sn	Ca	Sc	Ba	Cs	Te	Sb	Cd	Pd	
U	1,0																							
Th	0,3	1,0																						
Zr	0,2	0,1	1,0																					
Fe	-0,1	-0,3	-0,1	1,0																				
Cu	-0,1	-0,2	0,3	0,0	1,0																			
Mo	0,4	0,2	-0,1	-0,1	-0,1	1,0																		
Sr	0,2	-0,3	0,0	-0,1	0,1	0,5	1,0																	
Rb	0,3	-0,3	0,2	0,1	0,1	-0,1	0,6	1,0																
Pb	0,5	-0,1	0,1	0,0	0,3	-0,1	0,2	0,6	1,0															
Zn	0,0	-0,1	0,2	0,3	0,1	-0,1	-0,2	0,0	0,2	1,0														
Co	0,0	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	1,0													
Mn	-0,1	-0,3	0,0	1,0	0,0	-0,1	-0,1	0,1	0,0	0,3	-0,1	1,0												
Ti	0,1	-0,2	0,4	0,3	0,3	-0,2	0,0	0,1	0,0	0,7	-0,1	0,2	1,0											
V	-0,1	-0,2	0,0	0,3	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	0,2	0,7	-0,1	0,4	0,4	1,0										
K	-0,1	-0,3	0,0	-0,1	0,5	-0,1	0,5	0,7	0,6	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1,0									
Sn	-0,3	-0,5	-0,4	0,2	0,2	-0,2	0,2	0,2	0,1	-0,5	0,3	0,2	-0,4	-0,2	0,5	1,0								
Ca	0,0	0,0	-0,3	-0,2	-0,1	0,1	0,0	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,2	1,0							
Sc	0,5	-0,1	-0,1	0,3	0,0	0,4	0,1	0,0	0,2	0,4	-0,2	0,3	0,4	0,4	-0,3	-0,4	-0,1	1,0						
Ba	-0,2	-0,5	-0,1	0,1	0,1	-0,3	0,5	0,8	0,3	-0,3	-0,1	0,1	-0,1	-0,2	0,7	0,6	-0,1	-0,3	1,0					
Cs	-0,5	-0,5	-0,3	0,3	0,1	-0,3	0,1	0,2	0,0	-0,5	0,2	0,3	-0,4	-0,2	0,5	0,9	0,0	-0,5	0,6	1,0				
Te	-0,5	-0,4	-0,3	0,2	0,1	-0,3	0,1	0,2	0,0	-0,6	0,3	0,2	-0,5	-0,3	0,5	0,9	0,0	-0,6	0,6	1,0	1,0			
Sb	-0,4	-0,3	-0,4	0,2	0,0	-0,2	0,0	0,1	0,0	-0,5	0,1	0,2	-0,6	-0,4	0,3	0,8	0,0	-0,5	0,5	0,9	0,9	1,0		
Cd	-0,2	-0,2	0,2	-0,2	0,1	-0,1	0,3	0,2	0,0	-0,3	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	0,4	0,4	0,0	-0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	1,0	
Pd	0,4	-0,1	-0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	-0,3	0,2	0,2	-0,3	-0,2	0,1	0,5	-0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,1	1,0	

Tabela 6.3 – Tabelas de dados e matriz de correlação das concentrações de elementos maiores, menores e traços obtidos por FRX portátil das 22 amostras frescas coletadas nos furos de sondagem de São José de Espinharas (PB). Todas as concentrações estão em ppm e na matriz de correlação, as correlações positivas estão realçadas em tom cinza.

A amostra EBH1-EB2 foi dividida em 15 áreas de interesse para realização das análises de química mineral, de acordo com os minerais opacos e outros considerados alvos, possíveis de conter U e ETR (Figuras 6.18 - 6.19).

As áreas 1 e 13 foram escolhidas para investigação e serão comentadas nesse capítulo. A área 1 compreende os processos de albitezação e sericitização dos plagioclásios e feldspatos alcalinos, respectivamente, com distintas texturas: um com sericitização, ocupando maior porção da seção, e outros cristais recristalizados de albite, onde os plagioclásio apresentam contatos em 120º (Figura 6.16). Os minerais Opacos e o mineral esverdeado (“cloritas”) foram selecionados para análises de química mineral. Este último por se suspeita de se tratarem fosfatos ou carbonatos portadores de U e ETR.

Os feldspatos primários são microclinas sericitizadas, onde ocorre hematização - manganesífera incipiente nesse litotipo. Na Área I (Figura 6.20) os minerais opacos passaram por análises químicas qualitativas, onde foram detectados quantidades relativas na ordem U > Th > Y > Ce > P, com La, Te, Rb, V, Yb, Fe, Mn não detectados (Figura 6.21a). A interpretação dessas análises químicas qualitativas nesses minerais opacos sugere que os mesmos se tratam de uraninita ou cofinita, pela presença de P e por serem portadores de U-ETR.

Nas cloritas investigadas foram detectadas as quantidades relativas na ordem Fe > Mn > Al > Mg > Si detectados, sendo que os elementos U, Th, Y, Yb, Ce e P não foram detectados (Figura 6.21b,c). As cloritas são portanto magnesianas e estão associadas à recristalização tardia de albita.

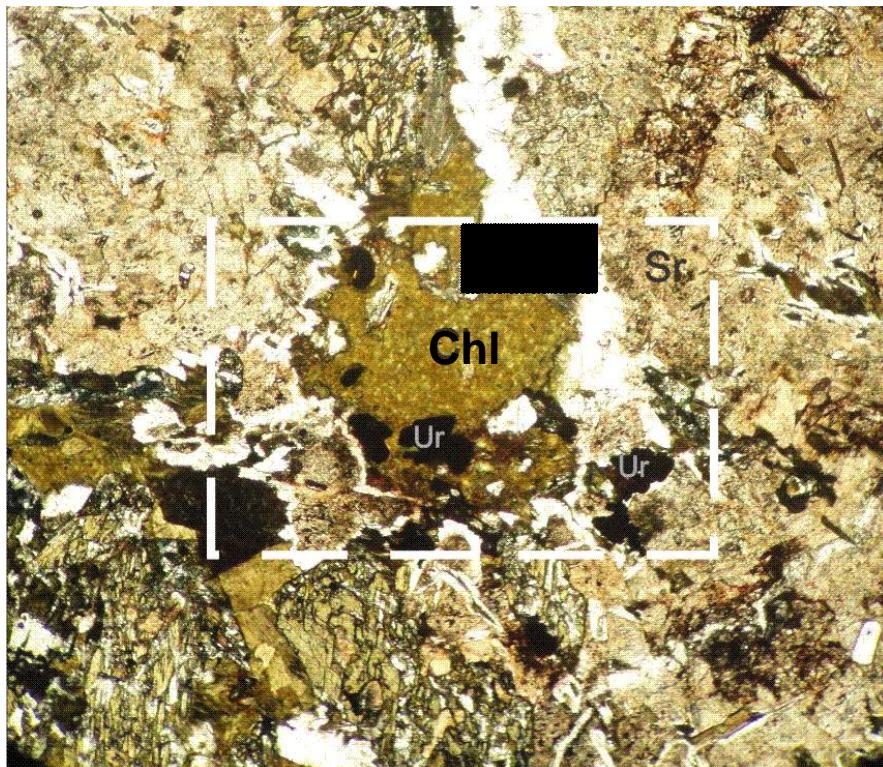


Figura 6.20 – Fotomicrografia mostrando detalhe da Área 1 da Amostra EBH1-EB2, onde são observados os minerais envolvidos nas análises químicas qualitativas por MEV-WDS. Abreviaturas: Ab albita, Chl clorita, Sr sericitita, Ur – uraninita.

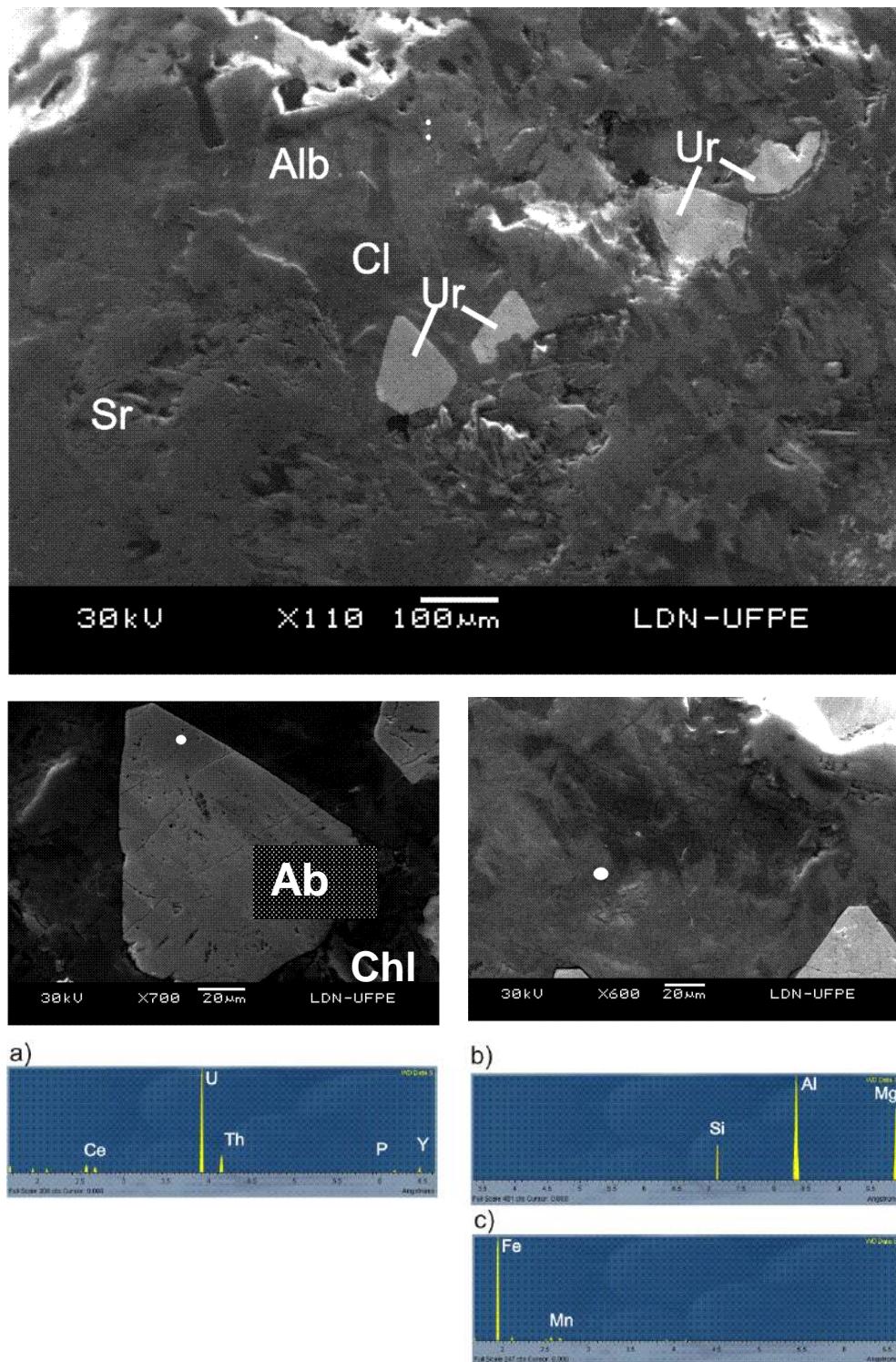


Figura 6.21 – Imagens no MEV da Área 1 (Amostra EBH1-EB2) investigada com os respectivos espectros qualitativos MEV-WDS das análises químicas nos pontos 1 e 2. O Ponto 1 o espectro (a) mostra os elementos U > Th > Y > Ce > P que foram detectados. O Ponto 2 com os dois espectros abaixo (b) e (c), feitos no mesmo ponto, detectaram no primeiro espectro Al > Mg > Si, e no segundo Fe > Mn. Ab- Albita, Chl- Clorita, Sr – Sericita, Ur – Uraninita.

Na Área 13, da amostra EBH1-EB2, uma massa rica em clorita (esverdeada) está disseminada sobre feldspatos de albíta recristalizados e minerais opacos nas bordas (Figura 6.22). A saussuritização atinge as albítas, que são produtos de recristalização nos interstícios vazios, gerados por dissolução da rocha, possivelmente quartzo. O retângulo e o quadrado marcam as áreas de investigação que aparecem na Figura 6.22.

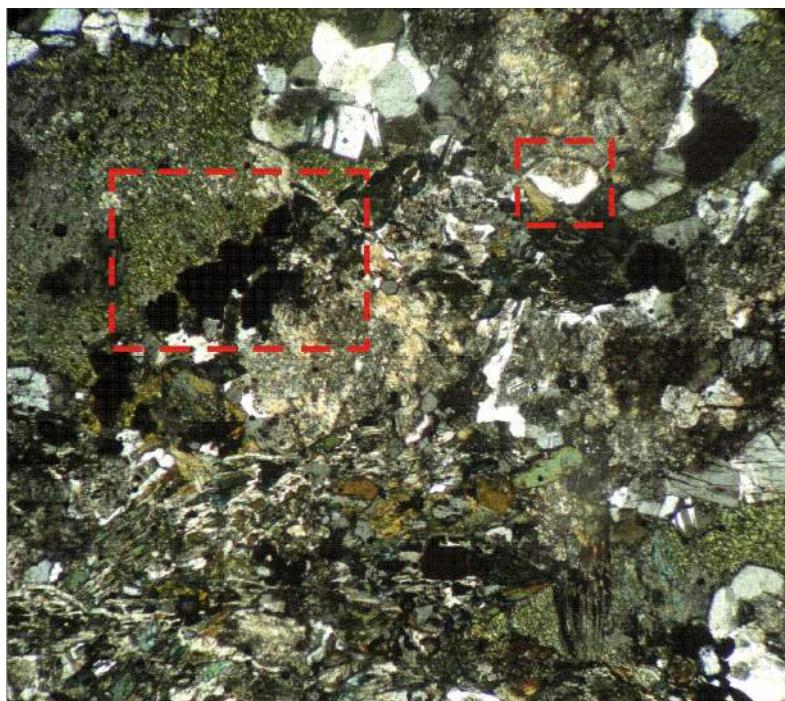


Figura 6.22 – Fotomicrografia mostrando detalhe da Área 13 da Amostra EBH1-EB2, onde são observados os minerais opacos nas bordas de feldspatos recristalizados com clorita, envolvidos nas análises químicas qualitativas por MEV-WDS. O retângulo da esquerda, onde foram analisados os minerais opacos, possivelmente portadores de U-ETR, e o quadrado do lado direito, onde foram analisados os feldspatos zonados com albítização.

Na Figura 6.23, as áreas de investigação contemplaram os minerais opacos e os feldspatos zonados por albítas tardias. As análises qualitativas, feitas em MEV-WDS, mostram que existem 2 grupos de cristalização associados entre os minerais opacos: um sendo composto por minerais de magnetita (estéril em U-ETR) e outro grupo de uraninita contendo U-Th-P-Y (Figura 6.24). Os feldspatos zonados são potássicos, como descrito na petrografia, com cristais intersticiais de magnetita dentro do núcleo de alteração, e estão zonados por albítas tardias, como mostra a Figura 6.24

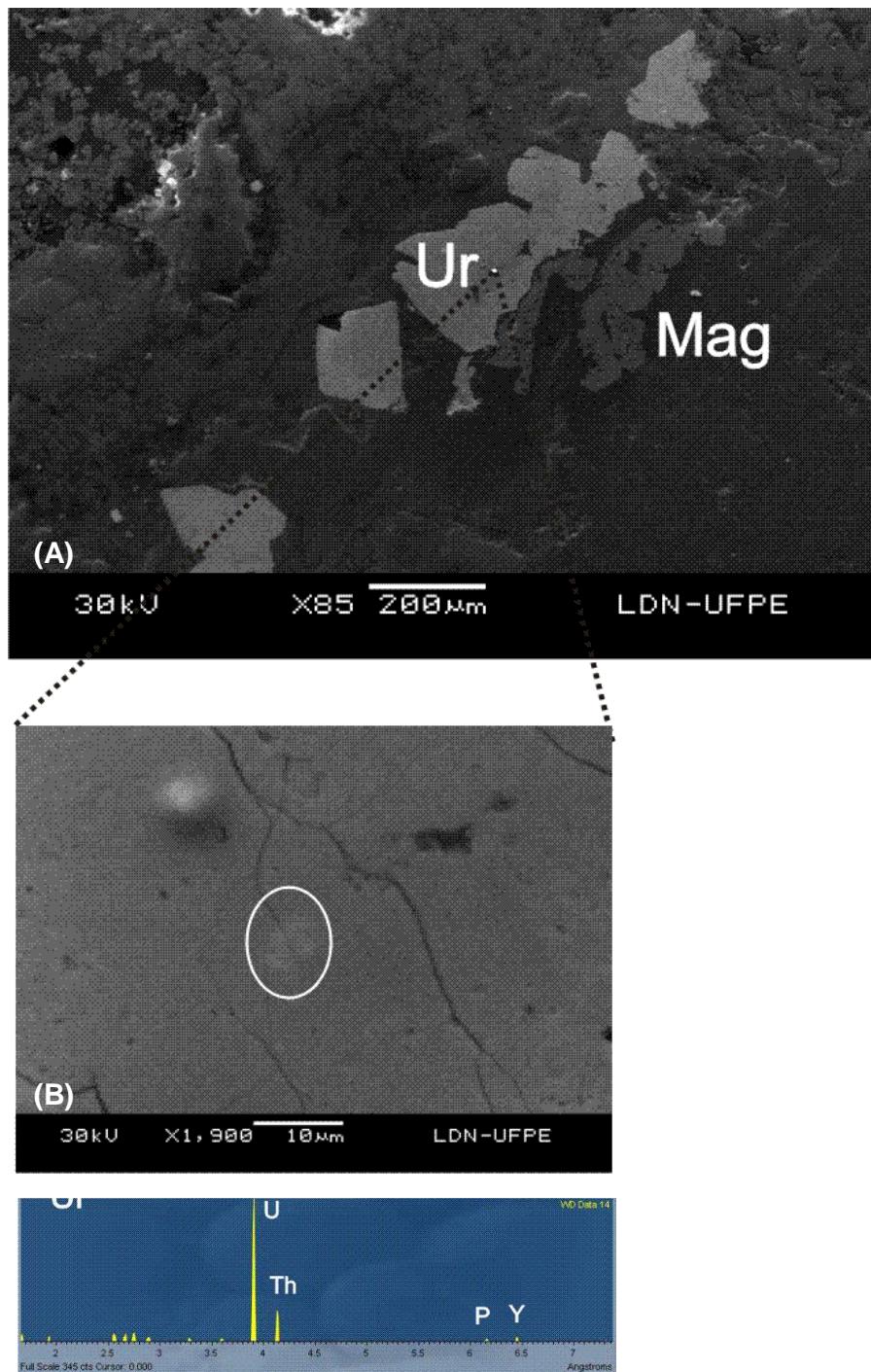


Figura 6.23 – Imagens detalhadas em MEV da Área 13, do retângulo onde foram analisados os minerais opacos (Amostra EBH1-EB2) investigada com espectros qualitativos MEV-WDS. Ur- Uraninita, Mag – Magnetita. (A) Os minerais opacos constituem dois grupos de minerais associados, um mais claro e outro mais escuro. O mais claro é portador de U – Th – Y – P, classificado como uraninita Ur (B). O outro mais escuro trata-se de magnetita (Mag), onde foi detectado Fe, sem Ti (espectro qualitativo não disponível).

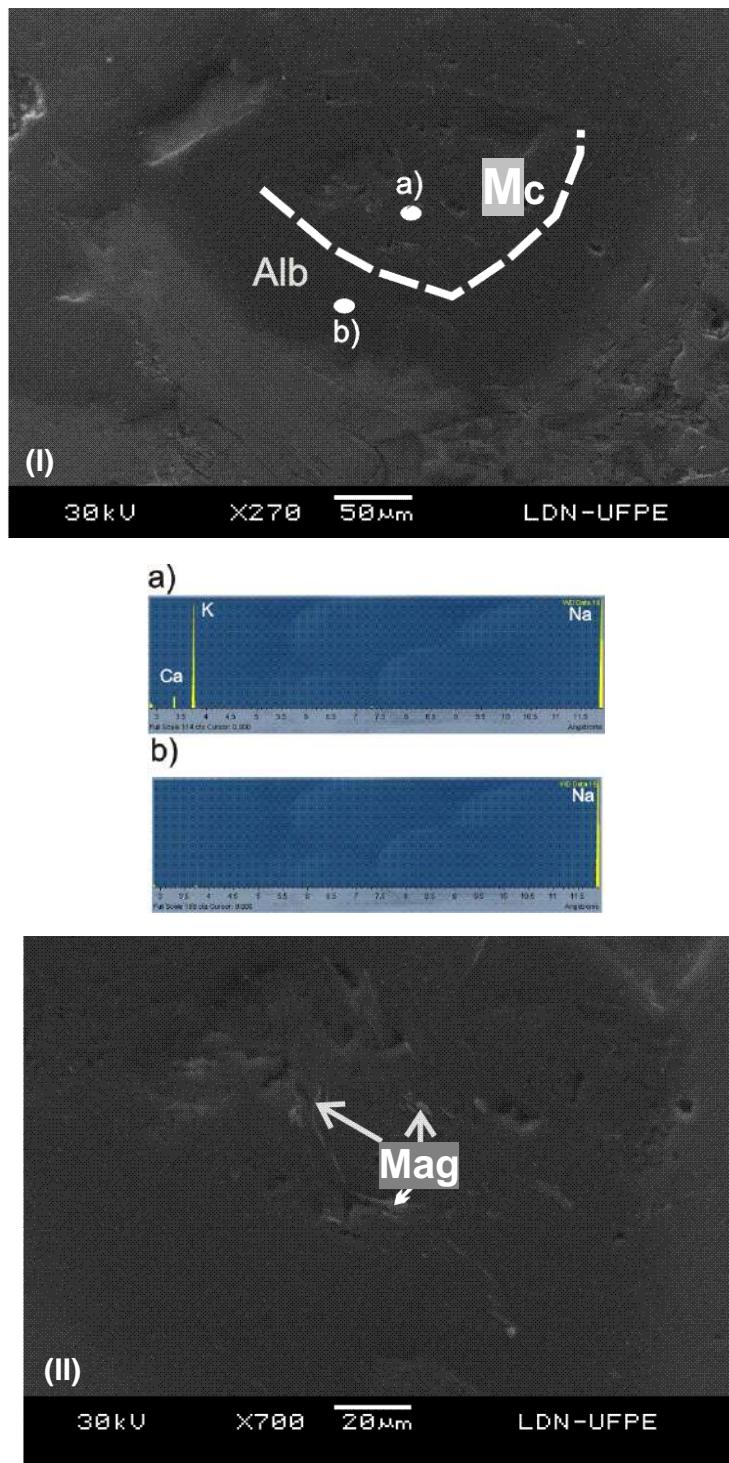


Figura 6.24. A investigação do feldspato zonado comprova a albitização, onde o núcleo tem composição de microclina (Mc) e a borda de albita (Ab) (I). No núcleo de microclina sericitizado há várias inclusões de magnetita (Mag) (II).

## **7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES**

---

As unidades litológicas foram tratadas como já haviam sido descritas nos estudos anteriores, chamados de albititos, quando está totalmente transformada pelo metassomatismo, mesmo apresentando maior parte da sua composição de material sericítico, hematitizado-manganesífero e dissolução total de quartzo.

As amostras, que foram fracamente ou não foram albitizadas e sofreram dissolução de quartzo, estariam entre as composições ígneas, com fácies variadas tanto graníticas, como sieníticas a dioríticas. As rochas metamórficas são gnaisses da encaixante e quando metassomatizado se mostraram como gnaisses albititzados portadores de minerais contendo U-ETR-P, em minerais opacos interpretados como uraninitas.

A seção geológica utilizada no texto, re-interpretada, na qual se admite a existência de um dique ou uma coluna mineralizante com mergulho para NW, seria uma hipótese coerente com os dados citados na dissertação e com o mapa de Souza (2004).

Com os estudos desse trabalho se concluiu que a unidade litológica biotita-anfibólio gnáissico, quando submetido ao intenso metassomatismo, se torna um gnaisse albitizado e apresenta maior teor de urânio (1.354 ppm), conforme apontado pela contagem de cintilometria, maior dentre as amostras estudadas. Sua mineralogia compreende 20% de plagioclásio, 20% de feldspato alcalino, 15% de hornblenda, 10% de quartzo, riebeckita, 10% de biotita, , 10% de minerais opacos, 10% de apatita, e menos de 10% de clorita, epidoto e allanita.

Os feldspatos que sofreram forte sericitização tanto nos albititos como nos gnaisses da encaixante, não são mais distinguíveis por sua textura primária, mas sim por sua alteração sericítica ou saussurítica, onde nos interstícios ocorrem predominantemente feldspatos albiticos sem alteração e são recristalizados em ultima geração de albitas por percolação de fluidos

tardios. Por outro lado, na rocha gnáissica existem alguns cristais zonados de feldspato alcalino, onde o núcleo está intensamente sericitizado, e suas bordas são isentas de alteração, pois são formados em geração intermediária de albitas, entre a primária de cristalização magmática e a intersticial (formação de albitas tardias, límpidas, não alteradas, pós-alteração dos feldspatos alcalinos primários zonados e associada com minerais opacos e fluidos carbonáticos). Sendo assim existiriam 2 fases, no mínimo, de albitização por metassomatismo em São José de Espinharas.

Apesar de existirem 105 possíveis minerais de urânio (Dana 1974), formados pelo metassomatismo alcalino fenítico ou enriquecido pelo metassomatismo sódico, o mineral minério principal da unidade biotita-anfibólio gnaisse metassomatizado, em São José de Espinharas, é do tipo uraninita, e contém os elementos químicos Y, Ce e P dentro da sua estrutura cristalina. A coffinita até então era considerado o único mineral significante de U na mineralização investigada (Porto da Silveira 1991).

Em dados geoquímicos por FRX foram constatadas fortes correlações positiva de Te-Cs-Sb-Sn, em minerais de preenchimento de fraturas verticais. As famílias de fraturas podem ser interessantes estruturas, sendo potenciais alvos de estudos estruturais de alta resolução, necessário para se entender melhor o depósito de Espinharas.

Os dados de química mineral mostram que a uraninita, principal mineral minério de U, apresentam altos teores dos elementos Th e P. Esses minerais estão associados a outros opacos de Fe, a magnetita a princípio estéril em U-ETR, como visto em estudos de MEV-WDS em biotita anfibólio gnaisse metassomatizado. Possa ser que nos albititos metassomatizados graníticos, não se aplique essa conclusão, no entanto, o maior teor de U em cintilometria foi nos minérios gnássicos.

As cloritas, alvos de investigação para fase mineral de U-ETR, mostraram-se estéreis nesses elementos e forte enriquecimento em Mg, se tratando de cloritas magnesianas simplesmente. Sobre o elemento Pd, podemos admitir valores anômalos, a partir dos dados obtidos em FRX, mostram que as rochas de São José de Espinharas, metassomatizadas e

mineralizadas em U, apresentam potenciais minerais também em Pd, já que são admitidos anomalias em ppb, o que também pode abrir a possibilidade de ter o elemento Au associado.

Quanto à origem do metassomatismo sódico, no caso de São José de Espinharas, pode-se advogar que a origem do metassomatismo está associada a magmas alcalinos fortemente subsaturados (magmas sieníticos/monzoníticos ou sienítóides), de uma intrusão tardia pós-brasiliana peralcalina, assim como exemplo do maciço Alcalino de Catingueira, localizado a cerca de 50 km a sudoeste do depósito em foco.

As reinterpretações feitas de mapas e seções geológicas de trabalhos realizados em São José de Espinharas levaram a propor um sistema mineralizante, composto pelo diopsídio granito, albitito e pegmatito, os quais cortam obliquamente as encaixantes. Por outro lado o mapa de Souza (2004) mostra claramente um feixe transcorrente na parte sudeste, que é um ramo do Lineamento Patos. Esse lineamento controla outras áreas mineralizadas a leste, a exemplo da ocorrência de Cajá, sendo, portanto, um metalotecto importante de caráter regional.

Com esse estudo se pode concluir que o depósito de São José de Espinharas apresenta potencial em mineralização de elementos terras raras e fosfato, uma vez que as análises de química mineral realizadas, em albitito proveniente do metassomatismo de gnaisse, mostram os elementos Ce-P-Y associados ao U na uraninita.

Por fim, ressalta-se que estudos mais detalhados das associações de U-ETR mostram-se necessários para se entender a gênese de jazidas de U ligadas a metassomatismo sódico e assim conhecer melhor o seu potencial mineral. Como resultado de tais estudos, pode-se aplicar o conhecimento em novas prospecções, principalmente pela aquecida no mercado de alta tecnologia, cuja matéria prima é constituída por ETR, além do recente programa brasileiro de beneficiamento de U, o que pode vir a provocar um aumento substancial na produção nacional deste metal.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

ALMEIDA, F.F.M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8. Campina Grande, Paraíba. SBG/NE: 363-391.

BARBOSA, C.T.P. 2008. Christianne Torres de Paiva Barbosa. Estudo da Mobilidade e Dispersão de  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  e Metais Pesados no sistema rocha-solo na área do Depósito de U-ETR de São José de Espinharas (PB). Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. 278 p

BONOTTO, 2004 - Conceição F.T. & Bonotto D.M. 2004. Weathering rates and anthropogenic influences in a sedimentary basin, São Paulo State, Brazil. Applied Geochemistry, 19(4):575-591

CALAS, G. (1979) Etude expérimentale du comportement de l'uranium dans les magmas: Etats d'oxydation et coordinance. Geochimica et Cosmochimica Acta, 43, 1521-1531

CABY, R.; ARTHAUD, M. 1986. Major Precambrian Nappes of the Brazilian belt, Ceará, northeast Brazil. Geology, 14: 871-874

CHAVES, A.O., Tubrett, M., Rios, F.J., Oliveira, L.A.R., Alves, J.V., Fuzikawa, K., Neves, J.M.C., Matos, E.C., Chaves, A.M.D.V. & Prates, S.P. Chaves, A.O., Tubrett, M., Rios, F.J., Oliveira, L.A.R., Alves, J.V., Fuzikawa, K., Neves, J.M.C., Matos, E.C., Chaves, A.M.D.V. & Prates, S.P; U-Pb Ages Related to Uranium Mineralization of Lagoa Real, Bahia - Brazil: Tectonic Implications, Revista de Geologia, Vol. 20 (2), 2007.

COWART, J. B.; OSMOND, J.K. U-234 and U-238 in the Carrizo sandstone aquifer of south Texas – Isotope Techniques in the groundwater hydrology II – Proceedings of a symposium, IAEA, Vienna, 1974, p. 131-149.

CORTEZ SOUZA, S.R.C. 2004– Mapeamento Geológico na Área da Mineralização de U-ETR de São José de Espinharas (PB)

DANTAS, E. L. 1992. Evolução tectono magmática do maciço polidiapírico São Vicente - Florânia - RN. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 272p.

DANA, J. D. Manual de mineralogia. Livros técnicos e científicos editora, vol. 2, Rio de Janeiro, 1974, p.421-422.

DRYSDALL et al, 1984 DRYSDALL, A. R.; JACKSON, N. J.; RAMSAY, C. R.; DOUCH, C. J. & HACKETT, D. 1984. Rare element mineralization related to Precambrian Alkali granites in the Arabian Shield. Econ. Geol., 79:1366-1377.

FERREIRA , C. A. 1997. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Caicó. Folha SB.24-Z-B - Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM. 152p, 2 mapas.

FUGER, J., and OETTING, F. L. (1976) The Chemical Thermodynamics of Actinide Elements and Compounds. Int. Atomic Energy Agency.

GOLDSCHMIDT, V. M. 1954. Geochemistry. Oxford, Clarendon Press.730p.

GONZALEZ, M. G. B.; VILLAS, R. N. N. 1984. Contribuição a petrologia dos *augen* gnaisses da área de Serra Negra do Norte- RNPB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro. Anais, SBG, v.9:4501-4510.

GROSSI SAD, J. H.; DUTRA, C.V. 1989. Fracionamento dos elementos terras raras e suas aplicações em metagênese: comportamento geoquímico em sistemas diversos.

FORMOSO, M. L. L.; NARDI, L. V. S.; HARTMANN, L. A. Geoquímica dos elementos terras raras no Brasil. Rio de Janeiro: CPRM, DNPM: p. 123-141.

HACKSPACHER, P. C.; VAN SCHMUS, W. R.; DANTAS, E. L. 1990. Um embasamento transamazônico na Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, Natal. Anais. SBG v6: p.2683-2694.

JARDIM DE SÁ, E. F. A. 1994. Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasiliiana/Pan-Africana. Brasília. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 804p.

JARDIM DE SÁ, E. F.; LEGRAND, J. M.; McREATH, I. 1981. Estratigrafia de rochas granítoides na região do Seridó (RN-PB) com base em critérios estruturais. Revista Brasileira de Geociências, 11 (1), p. 50-57.

JAVARONI, J.H.; MACIEL, A.C. Prospecção e pesquisa de urânia no Brasil: atuação da Nuclebrás (1975–1984). In: SCHOBENHAUS FILHO, C. Principais Depósitos Minerais do Brasil. Rio de Janeiro: DNPM. v.1. 1985. p. 81 – 87. Kenqin et alii 1984

KRAUSKOPF, K.B. *Introdução à Geoquímica*. São Paulo: Polígono, 1972. v.2.

KRAUSKOPF, K.B., and Bird, D.K., 1995, Introduction to Geochemistry (3rd edition): New York, McGraw Hill Book Co.

LANGMUIR, D. Uranium solution-mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits. Geoch. Cosm. Acta, New York: Elsevier Science v.42, p. 547 – 69, 1978.

LIANKUI, W.; WEIFANG, Z.; SHAOLI, Z. 1984. The evolution of two petrogenesis-mineralization series of granites in Southern China. Geochemistry, 3(1); 1-13.

Lynas Corporation, 2010. CHINESE RARE EARTHS EXPORT QUOTA REDUCED FOR FIRST HALF OF 2011.

[http://www.lynascorp.com/content/upload/files/Announcements/2010/Chinese\\_Export\\_Quota\\_-\\_First\\_Half\\_of\\_2011\\_291210\\_930722.pdf](http://www.lynascorp.com/content/upload/files/Announcements/2010/Chinese_Export_Quota_-_First_Half_of_2011_291210_930722.pdf)

MACÊDO, M. H. de F.; JARDIM DE SÁ, E. F.; SÁ, J. M., 1984. Datações Rb-Sr em ortognaisse e a idade do Grupo Seridó. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11, Natal, 9: p. 253-262.

MOINE, B., 1974. Caractères de sedimentation et de métamorphisme des séries Précambriques épizonales à Catazonales du Centre de Madagascar (région d'Ambatofinandrahana, Sci Terre 31.

MOINE, B., 1969. Orthoamphibolites et formations métasedimentaires calco-magnesiennes de la région d'Ambatofinandrahana (Madagascar). Contribution au problème de l'origine des amphibolites. Sci Terre, 14: 107-138.

NUCLAM (Nuclebras Auxiliares de Mineração S.A.), 1980. Espinharas Project, Annu. Rep. Summary.

PORTE DA SILVEIRA, C.L. 1986. Geoquímica da Mineralização Metassomática Urano-Sódica de Espinharas. Tese de doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-RJ, Rio De Janeiro, Brasil. 180p.

PORTE DA SILVEIRA, C.L.; SCHORCHER, H.D. & MIEKELEY, N. 1990. The geochemistry of albitization and related uranium mineralization, Espinharas, Paraíba (PB), Brazil. Journal of Geochemical Exploration, Amsterdam, v40, 329-347.

SANTOS, E.J. ; FERREIRA, C.A.; Silva Júnior J.M.F.; Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba - Recife: CPRM, 2002. 142 p. il. 2 mapas. Escala 1:500.000

SANTOS, E.J. & MEDEIROS, V.C. 1999. Constraints from granitic plutonism on Proterozoic crustal growth of the Transverse Zone, Borborema Province, NE Brazil. Revr. Bras. Geociências, 29: 73-84.

SANTOS, L.C.S. & ANACLETO, R. 1985. Jazida de urânio de Espinharas - Paraíba. In: BRASIL DNPM. Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília, v.1, cap. 10: 143-165

SHEMBAO, D. 1984. A discussion of the classification of genetic types of granites In: Geology of granites and their metallogenetic relations, X. Keqin and T. Guangchi, ed.). Science Press. Beijing: 71-86.

SHOUXI, H.; MINGZHI. S.; SHENGFU. Y.; JINFANG. X.; XIAOYUN, C; YING, Y. 1984. An important metallogenetic model for W, Sn and rare granitophile element ore deposits related to metassomatically altered granites (In: Geology of granites and their

metallogenetic relations, X. Keqin and T. Guangchi, ed.). Science Press, Beijing: 519-538.

SOUZA NETO, J.A.; SANTOS, E.J. 2004. Avaliação da Ligação Metalogenética entre Mineralizações de Au, Fe, Cu, U, ETR, Ti e P Associadas a Terrenos Arqueanos-Paleoproterozóicos. Relatório de Projeto de Pesquisa, Programa Enxoval-PROPESQ-UFPE (Proc. n°: 23076.009315/2002-12). 27 p. e anexos.

SOUZA NETO, J.A. 1999. Genesis of the Bonfim and Itajubatiba gold skarn deposits, Northeastern Brazil: a study based on isotopes, trace elements and fluid inclusions. Tese de doutorado, Université Catholique de Louvain, Bélgica. 240p+anexos

TAYLOR, R.G.; STRONG, D.F. & FRYER, B.J. 1981. Volatile control of contrasting trace element distributions in peralkaline granitic and volcanic rocks. Contrib. Mineral. Petrol., 77:267-271

TAYLOR, R.G. & FRYER, B.J. 1983. Rare earth elements lithogeochemistry of granitoids mineral deposits. C.I.M. Bull., 76(860):74-84

U.S. Geological Survey, SUPPORTING SOUND MANAGEMENT OF OUR MINERAL RESOURCES - Rare Earth Elements—Critical Resources for High Technology, 2002.

U.S. Geological Survey, Rare Earth Elements—End Use and Recyclability – Scientific Investigation Report 2011-5094.

WANG, L.; ZHU, W.; ZHANG, S.; YANG, W. 1983. The evolution of two petrogeno-mineralization series and Sr isotopic data from granites in south China. Mining Geol., J5(5):205-303

YINGJUN, L.; JINGRONG, Z.; CHEGYUAN, S.; DONGSHENG, M.; ENGUANG, Q.; JUN, L. 1984. The geochemical characteristics of trace elements in granitic rocks of south China (In: Geology of granites and their metallogenetic relations, X. Keqin and T. Guangchi, ed.). Science Press, Ceijing: 753-770

ZHONGGANG, W. 1984. The REE distribution patterns of granitoids In: Geology of granites and their metallogenetic relations, X. Keqin and T. Guangchi, ed.), Science Press. Beijing: 787-796.

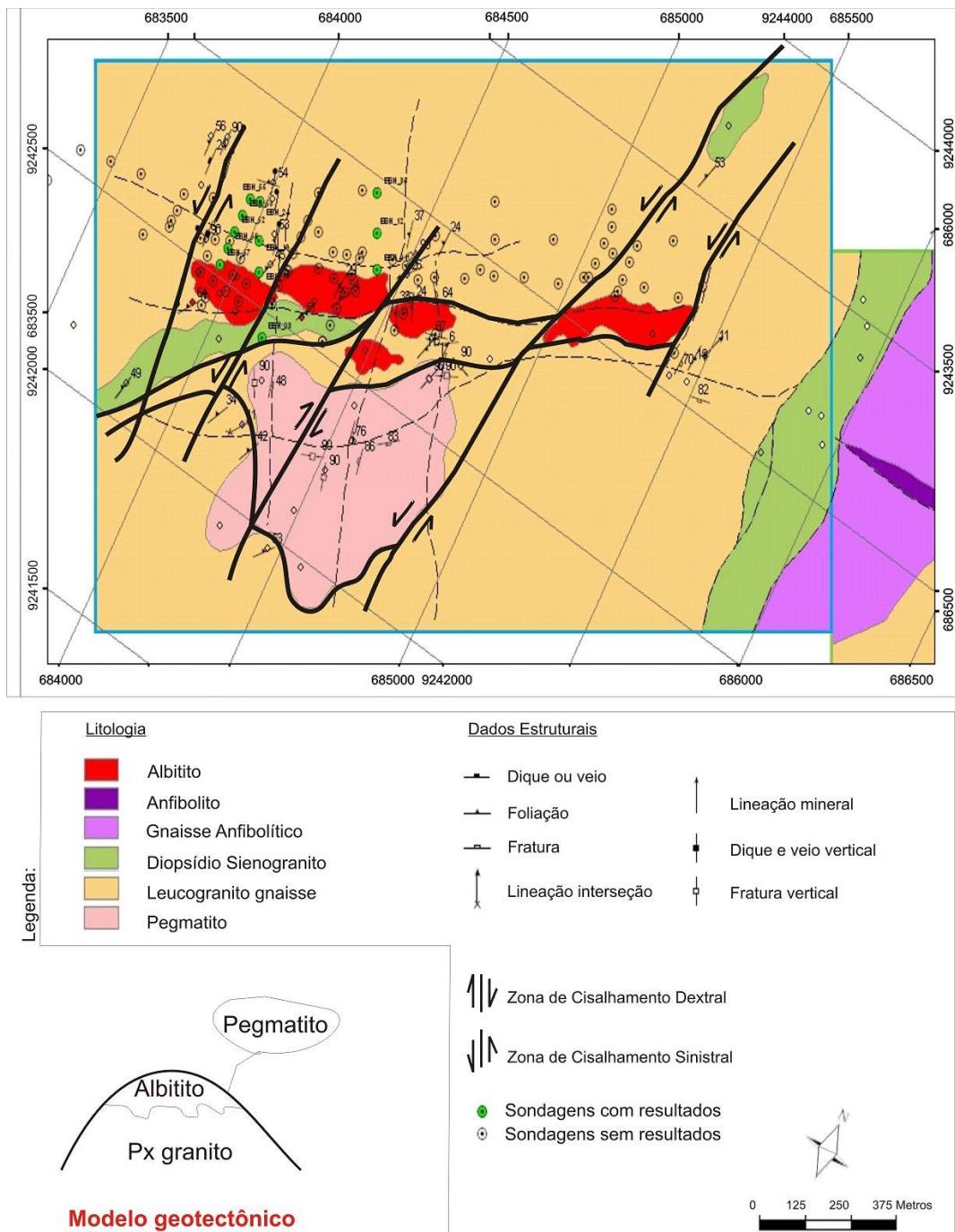
## **ANEXO 1**

---

### **GEOLOGIA INTERPRETADA DO DEPÓSITO DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS E O PROSPECTO ARARAS COM LOCALIZAÇÃO DOS FUROS DE SONDAÇÃO, PERTECENTES A CRUSADER DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA.**

---

**CRÉDITOS A EMPRESA CRUSADER DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA.**



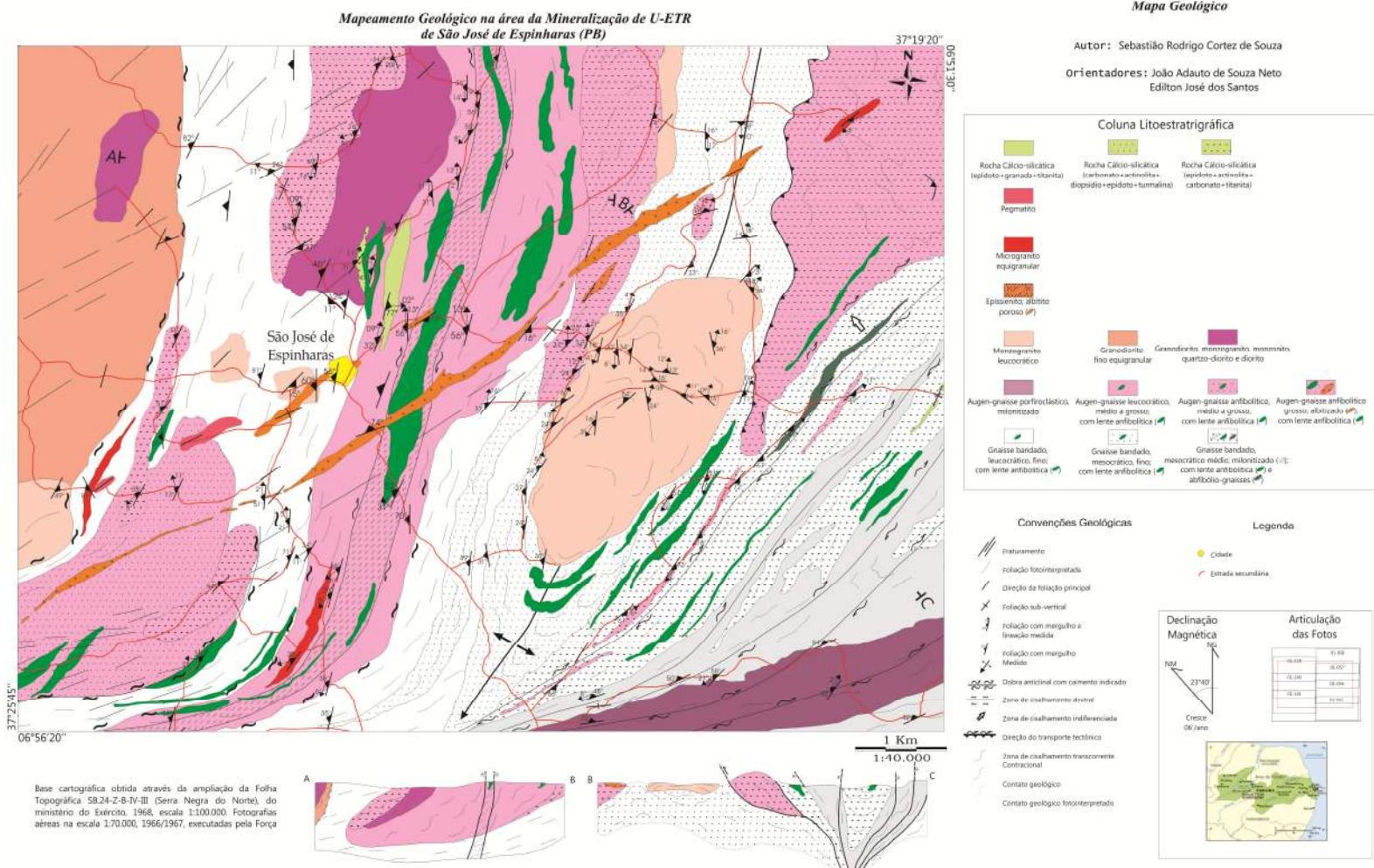
## **ANEXO 2**

---

**MAPA GEOLÓGICO DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS – RETIRADO DE CORTEZ SOUZA, 2004.**

---

Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Tecnologia e Geociências  
Departamento de Geologia



## **ANEXO 3**

### **TABELAS COM AS DESCRIÇÕES DOS FUROS DE SONDAGEM:**

---

**EBH-03 ; EBH-01; EBH-12; EBH-19; EBH-24; EBH-35;  
EBH-52; EBH-53; EBH-55; EBH-56; EBH-57; EBH-65**

---

EBH - 03											
Id do Furo:		Coordenadas UTM:									
Profundidade:		Angulo background : 240-280									
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
0	2,4	2,4	Solo	Oxidado	260-287	Marron				manto de intemperismo	
2,4	4,7	2,3	Pegmatito	Albf+K-f+Qz	275-294	Branco				Pegmatito maciço	
4,7	9,2	4,5	Leucognaisse	Qzz+Pag+Kf+Bt	246-271	Cinza				Alterado- Bandido	
9,2	11,23	2,03	Pegmatito	Qz+Plag+K-f	Fresco	260-300	Róseo			Macico	
11,23	31,83	20,6	Anf. Gnaisse	Anf+Plag	Fresco	264-306	Cinza			Bandado Maciço	
31,83	47,47	15,64	Anfibolito	Anf+Plag	Fresco	267-304	Cinza			Maciço sem bandamento	
47,47	80,5	33,03	Anf. Gnaisse	Anf+Plag	Fresco	264-282	Cinza			Bandado Maciço	
80,5	86,5	6	Sienito/Alb	K-f+Plag	Alterado	354-374	Róseo			Alterado-Pouco poroso	
86,5	88,57	2,07	Anf. Gnaisse	Anf+Plag+Bt	Fresco	295-310	Cinza Escuro			Maciço	
88,57	91,45	2,88									
91,45	143,75	52,3	Anf. Gnaisse	Plag+Anf+Bt	Fresco	226-238	Cinza			Bandado Maciço	
143,75	148,36	4,61	Albitito	Plag	Fresco	470-510	Róseo			Maciço Poroso	
148,36	164,95	16,59	Anf. Gnaisse	Plag+Anf+Bt	Fresco	240-280					
164,95	168,2	3,25									
168,2	168,65	0,45	Anf. Gnaisse	Plag+Anf+Bt	Fresco	240-280	Cinza			Maciço	
168,65	172	3,35	Albitito	Plag+Anf	Fresco	470-620	Róseo			Poroso	
172	175,15	3,15	Albitito	Plag+Anf	Fresco	350-400	Róseo/verde			Pouco Poroso	
175,15	177	1,85	Albitito	Plag+Anf	Fresco	360-380	Róseo			Poroso	
177	188,9	11,9	Monzogranito	Qzz+Plag+K-f+Bt	Fresco	251-300	Branco			Maciço	
188,9	217,9	29	Anf. Gnaisse	Anf+Plag	Fresco	247-253	Cinza			Bandado Maciço	

Os dados alteradas para cor Azul, são alvos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.

*Os dados alteradas para cor Vermelha, são alvos de mineralização com caráter de minério.*

Angulo										Background : 340-380		
De (m)	Ate (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura/ Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações	
0	0,4	0,4	solo vermelho	oxidoado	Intemperizado	350-365		Vermelho			Solo vermelho	
0,4	0,5	0,1	solo amarelo	oxidoado	Intemperizado	340-376					Solo amarelo	
0,5	1,88	1,38	Pegmatito	Plag + Qz	Oxidado	350-390		Branco			Pegmatito qtz-feldsbártico	
1,88	12,5	10,62	Arena	Plag + Qz	Alterado	320-346		Cinza			Pó	
12,5	13,02	0,52	anf-gnaissé	Qz+feld+Biot+Anf	Alterado	312-340		Cinza Esc			Bastante Frável	
13,02	35,2	22,18	anf-gnaissé	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	277-310		Cinza			Bandado - Compacto	
35,2	37,05	1,85	microgranito	Qz+Feld(K-Na-Ca)+Bt	Fresco	280-315		Cinza			Sem deformação / Metalotecto ?	
37,05	66,45	29,4	anf-gnaissé	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	320-360		Branco			Bandado - Compacto	
66,45	88,45	22	gnaissé/albitito		Compactado	1000-1200		Róseo			Compacto	
88,45	94,3	5,85										
94,3	96,27	1,97	gnaissé/albitito		Albitização	520-590		Róseo			Compacto(Fragmentado) = Fraturas	
96,27	101,39	5,12										
101,39	108,3	6,91	gnaissé/albitito	Albitização	925-1300			Róseo			Compacto	
108,3	114,6	6,3	gnaissé alterado	Alterado	350-400			Cinza			Fragmentado/Alterado	
114,6	115,8	1,2	gnaissé/albitito	Albitização	1200-1290			Róseo			Compacto	
115,8	131,8	16	Albitito		Albitização	730-850		Róseo			Porosidade Média	
131,8	136,52	4,72	gnaissé/albitito	Albitização	1000-1090			Róseo			Compacto	
136,52	139,4	2,88	Albitito	Albitização	1220-1250			Róseo			Compacto	
139,4	151,35	11,95	gnaissé/albitito	Albitização	1200-1260			Róseo			Bandado - Compacto	
151,35	158,75	7,4	albitito / gnaissé	Albitização	1140-1200			Róseo			Compacto/↓ Porosidade	
158,75	209,55	50,8	anf-gnaissé	Anfibolítico	Fresco	320-360		Cinza Esc			Bandado - Compacto / Metalotecto ?	
209,55	210,85	1,3	Gnaissé físsico		Fresco	340-380		Branco			Compacto	
210,85	254,55	43,7	anf-gnaissé	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	320-350		Cinza			Bandado - Compacto	
254,55	256,05	1,5	Pegmatito	Plag + Qz	Fresco	330-360		Branco			Compacto	
256,05	260,7	4,65	anf-gnaissé	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	320-350		Cinza			Bandado - Compacto	
260,7	261,4	0,7	anf-gnaissé	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	300-320		Cinza			Bandado - Compacto	
261,4	267,3	5,9	anf-gnaissé	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	300-320		Cinza			Compacto	
267,3	279,05	11,75	anf-gnaissé	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	300-340		Cinza			Bandado - Compacto	

Os dados alteradas para cor Azul, são alvos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.

Os dados alteradas para cor Vermelha, são alvos de mineralização com caráter de minério.

**EBH - 12**

Id do Furo:

Coordenadas UTM:

Profundidade:

400,63m

Angulo

background : 192-220cps

D e (m)	A t é (m)	C o m p . (m)	L i t o l o g i a	M i n e r a l o g i a	Z o n a d e A l t e r a ç à o	E s t r u t u r a a /C p s	N u m . F o t	C o r	C o n t a t o	A m o s t r a	O b s e r v a ç õ e s
0,00	6,25	6,25	Solo Areia	Qz+Feilds+Bit+Anf+Intemp	191-210						
6,25	6,65	0,40	Vélo	Fresco	200-280						
6,65	9,35	2,70	Areia	Máficos	156-208						
9,35	9,95	0,60	A. Gnaissse	Plag+Anf+Bit	189-213						Alterada
9,95	87,92	77,97	A. Gnaissse	Fresco	186-220						Macico
87,92	88,72	0,80	A. Gnaissse /Anfib.	Máficos+Plag	276-290						Rocha Máfica Fina //Metalotecto
88,72	103,85	15,13	Granito	Qz+K-f+Anf.	Albitizado	<b>305-350</b>					Rocha Quantzo Rosa
103,85	105,87	2,02	A. Gnaissse	Plag+Anf	Fresco	270-292					
105,87	110,78	4,91	Anfibolito	Fresco	253-271						Macico
110,78	111,03	0,25	Feldspato Anfibolito	Plag+Anf	Fresco	251-272					Macico
111,03	113,00	1,97	A. Gnaissse	Fresco	240-277						Macico
113,00	113,63	0,63	A. Gnaissse	Fresco	220-247						Bandada e Macica
113,63	114,33	0,70	Anfibolito	Anf+Plag	Fresco	242-278					Macico
114,33	115,55	1,22	A. Gnaissse	Ant+Plag	Fresco	234-245					Bandada e Macica
115,55	118,55	3,00	Anfibolito	Ant+Plag	Fresco	230-255					Macico
118,55	127,98	9,43	A. Gnaissse	Ant+Plag	Fresco	229-235					Bandada e Macica
127,98	132,17	4,19	A. Gnaissse	Máficos finos	Fresco	239-264					
132,17	132,65	0,48	Microgranito	Qz Feldspatico	Fresco	<b>272-298</b>					Macico Fino e J-deformação
132,65	133,70	1,05	A. Gnaissse			243-284					
133,70	135,35	1,65	Microgranito	Qz+Feilds	Máficos	<b>327-356</b>					
135,35	140,00	4,65	Gnaissse Albitizado		Albitizado	<b>370-388</b>					
140,00	144,18	4,18	Gnaissse Albitizado		Forte Alb.	<b>430-460</b>					
144,18	148,62	4,44				Róseo					
148,62	154,38	5,76	Gnaissse Albitizado		Albitizado	<b>585-650</b>					
154,38	180,95	26,57	A. Gnaissse	Fresco	280-320						
180,95	190,00	9,05	A. Gnaissse	Albitizado	<b>390-420</b>						
190,00	204,50	14,50	A. Gnaissse	Fresco	288-333						
204,50	212,53	8,03	Pegmatito	Fresco	268-276						Macico
212,53	233,58	21,05	A. Gnaissse	Fresco	255-270						
233,58	235,58	2,00	Pegmatito	Fresco	284-328						
235,58	244,27	8,69	A. Gnaissse	Fresco	268-299						
244,27	244,70	0,43	Feldspato	Fresco	263-291						Macico
244,70	255,41	10,71	A. Gnaissse	Fresco	234-247						
255,41	260,88	5,47	Anfibolito	Fresco	243-274						
260,88	261,45	0,57	Pegmatito	Fresco	250-263						
261,45	291,48	30,03	Gnaissse c/pegmatitos	Fresco	228-252						
291,48	291,78	0,30	Pegmatito	Fresco	241-268						
291,78	295,17	3,39	A. Gnaissse	Qz+Feilds	Fresco	242-267					
295,17	298,17	2,05	Pegmatito	Pegmatito	Fresco	<b>240-260</b>					
298,17	300,16	1,94	Pegmatito	Qz+Feilds	Fresco	230-288					
300,16	341,44	41,28	A. Gnaissse	Ant+Plag	Fresco	<b>234-264</b>					
341,44	342,10	0,66	Pegmatito	Plag+K-f+Qz	Fresco	221-263					
342,10	361,52	19,42	A. Gnaissse	Ant+Plag	Fresco	<b>247-270</b>					
361,52	361,83	0,31	Pegmatito	K-f+Plag+Qz	Fresco	227-247					
361,83	371,76	9,93	A. Gnaissse			<b>265-292</b>					
371,76	373,14	1,38	Pegmatito			<b>235-255</b>					
373,14	400,63	27,49	A. Gnaissse			<b>246-262</b>					
						213-225					

Os dados alteradas para cor Azul, são alvos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.

Os dados alteradas para cor Vermelha, são alvos de mineralização com caráter de minério.

EBH - 13							
Profundidade: 14,40m à 138,39m Ângulo background : 340 -370 cps							
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura/ Cps	Num. Foto
14,40	18,88	4,48	Albita gnaisse	Alb+Qz+Biolt+Anf		250-270	Branco
18,88	19,30	0,42	gnaisse	Alb+Qz+Biolt+Anf		250-300	Cinza
19,30	19,67	0,37					Faltando amostra
19,67	22,67	3,00	alteração	Qz+Felds		280-290	Cinza
22,67	47,10	24,43	gnaisse	Qz+biolt+Alb		285-290	Brusco
47,10	52,41	5,31	gnaisse rico em mafico	Qz-Felds-Biot		430-470	Cinza
52,41	55,50	3,09	albitito	Plagi+K-f+Qz+Anf	Albitização	530-770	Róseo
55,50	56,81	1,31					Faltando
56,81	66,90	10,09	gnaisse rico em mafico	Qz-Felds-Biot		470-390	Cinza/Preto
66,90	68,34	1,44	Albitito	Alb-Qz	Albitização	760	Vermelho
68,34	72,41	4,07	gnaisse	Qz-Felds-Biot	Albitização	750-630	Cinza
72,41	76,33	3,92	Albitito	Alb-Qz	Albitização	760-990	Róseo
76,33	77,77	1,44	Gnaisse/Albitito	Alb-Qz	Albitização	750-760	Vermelho
77,77	78,10	0,33	Albitito	Alb+Qz	Albitização	730-780	Róseo
78,10	84,17	6,07					Faltando
84,17	138,39	54,22	Gnaisse	Qz+Felds+Biolt		280-400	Cinza
							Deve ter minério mais profundo

Os dados alteradas para cor Azul, são alvos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.

**Os dados alteradas para cor Vermelha, são alvos de mineralização com caráter de minério.**

### EBH - 19

Id do Furo:

Coordenadas UTM:

Profundidade:

Angulo

Background : 230-250

331,70m

De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura / Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
0,00	2,00	2,00	Solo	Areia	Oxidado	223-237		Vermelho Amarelo			Fragmento Intemperismo
2,00	8,50	6,50	Leucognaissse		Oxidado	233-251		Branco			Alterado e fraturado
8,50	32,08	23,58	Leucognaissse		Oxidado	202-217					
32,08	39,00	6,92	Pegmatito	Qz+Pl+K-f	Fresco	236-248		Rosa			Maciço Fraturado
39,00	54,00	15,00	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		212-238		Cinza Escuro			Maciço Levemente Bandado
54,00	56,50	2,50	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		225-256		Cinza			Maciço Bandado
56,50	67,45	10,95	Gnaissse	Qz+Plag+K-f-Anf+Bt		240-280		Cinza			Maciço c/ granito
67,45	68,00	0,55	microranito	Qz+K-f+Pla		267-292		<b>Ro</b>			Granulação média
68,00	69,18	1,18	Anfibolito	Anf+Plag		<b>313-339</b>		Preto			Maciço / Metalotecto
69,18	72,00	2,82	Granito Pegmatito	Qz+Pl+K-f		<b>305-319</b>		Rosa			Maciço
72,00	74,00	2,00	Anf. Gnaissse	Mafico		262-295		Cinza Escuro			Maciço Levemente Bandado
74,00	76,58	2,58	Granito Gnaissse			312-336		Rosa			Maciço Bandado
76,58	106,95	30,37	Anf. Gnaissse	Mafico		328-347		<b>Cinza Escuro</b>			Maciço Bandado
106,95	111,27	4,32	Gnaissse Albítito	Alb	Albitizado	<b>615-700</b>		Cinza Rosa			Maciço Bandado
111,27	124,93	13,66	Albítito	Alb	Albitizado	<b>1340-1372</b>		Rosa			alta porosidade Maciço
124,93	126,63	1,70	Gnaissse c/ Albítito	Alb	Albitizado	<b>1111-1150</b>		Cinza Rosa			média porosidade
126,63	131,70	5,07	Albítito	Alb	Albitizado	<b>1410-1465</b>		Rosa			Maciço Bandado
131,70	138,45	6,75	Gnaissse Albítito	Alb	Albitizado	<b>650-800</b>		Cinza Rosa			Maciço Bandado
138,45	144,08	5,63	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		335-370		Cinza			Maciço Bandado
144,08	145,60	1,52	Gnaissse Albítito			335-350		Cinza Rosa			Maciço Bandado
145,60	159,65	14,05	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		313-340		Cinza			Maciço Bandado
159,65	164,92	5,27	Gnaissse Albítito	Alb	Albitizado	<b>400-550</b>		Cinza Rosa			Maciço Bandado
164,92	165,62	0,70	Albítito	Alb	Albitizado	<b>594-650</b>		Rosa			média porosidade
165,62	170,65	5,03									
170,65	175,00	4,35	Albítito	Alb	Albitizado	<b>1109-1152</b>		Rosa			Alta Porosidade
175,00	180,80	5,80	Albítito	Alb	Albitizado	<b>1350-1490</b>		Rosa			Maciço
180,80	188,26	7,46	Gnaissse Albítito	Alb	Albitizado	<b>957-1050</b>		Rosa			Maciço Bandado
188,26	190,50	2,24	Anf. Gnaissse			374-386		<b>Cinza Escuro</b>			Maciço Bandado
190,50	192,97	1,74	Gnaissse Albítito	Alb	Albitizado	<b>473-483</b>		Cinza Rosa			Maciço Bandado
192,97	194,00	1,03	Albítito	Alb	Albitizado	<b>515-555</b>		Rosa			Alta Porosidade
194,00	194,70	0,70	Gnaissse Albítito	Alb	Albitizado	<b>541-578</b>		Cinza Rosa			Maciço Bandado
194,70	200,53	5,83	Albítito	Alb	Albitizado	<b>581-610</b>		Rosa			média Porosidade
200,53	208,06	7,53	Gnaissse Albítito	Alb	Albitizado	<b>503-532</b>		Cinza Rosa			Maciço Bandado
208,06	218,49	10,39	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		330-375		<b>Cinza Escuro</b>			Maciço Bandado
218,49	222,27	3,82	Albítito Sienito	Alb		<b>420-480</b>		Rosa			Maciço
222,27	229,57	7,30	Monzogranito	Qz+Pl+Ba		314-347		Branco			Maciço Bandado
229,57	273,08	43,51	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		263-279		Cinza			Qtzo Feldspato Fino
273,08	273,56	0,48	Granito Felsíco	Qz+K-f		254-268		Branco			Maciço Bandado
273,56	302,16	28,60	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		245-260		Cinza			Maciço
302,16	312,25	10,09	microranito	Qz+K-f+Pla		250-270		Branco/Rosa			Maciço Bandado
312,25	331,70	19,45	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		259-283		Cinza			

Os dados alteradas para cor Azul, são avos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.

Os dados alteradas para cor Vermelha, são avos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com caráter de minério.

EBH-24											
Id do Furo:		Coordenadas UTM:		Profundidade:		Angulo		background: 312-360 cps			
De (m)	Aé (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
0,00	1,45	1,45	Leucognaissse	Plag+Qtz+Bl+Anf	Zona de Alteração	342-351		Branco			Alterado
1,45	3,06	1,61	Leucognaissse	Oxidado	Oxidado	325-391		Vermelho			Rocha alterada
3,06	4,61	1,55	Leucognaissse	Plag+Qtz+Bl+Anf	Oxidado	323-349		Cinza			Maciço Pouco Alterado
4,61	12,52	7,91	Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl	Fresco	315-340		Cinza			Bandado Maciço
12,52	12,96	0,44	Granito Félsico com Anf+Qtz+K+Pl			316-335		Branco Rosa			Maciço sem deformação
12,96	44,20	31,24	Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl		323-356		Cinza			Bandado (Máficos e Félsicos)
44,20	45,10	0,90	Anfibolito	Par+Anf		320-350		Preto			Maciço
45,10	46,15	1,05	Granito Félsico com Anf+Qtz+K+Pl	Qtz+Anf+Plag+K+Bl		319-365		Branco Rosa			Maciço
46,15	72,22	26,07	Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl		325-389		Cinza			Maciço Bandado
72,22	73,07	0,85	Granito Félsico com Anf+Qtz+K+Pl	Anf+Qtz+K+Bl		348-399		Branco Rosa			Maciço
73,07	82,39	9,23	Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl		318-349		Cinza			Maciço Bandado
82,39	99,73	17,43	Anfibolito	Par+Anf		340-376		Preto			Maciço e Maciço fino / Metalotecto
99,73	100,00	0,27	Albitito	Ab+K		640-678		Rosa			Baixa Porosidade
100,00	113,25	13,25	Anfibolito	Par+Anf		333-385		Preto			Maciço
113,25	116,36	3,11	Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl		337-380		Cinza			Maciço Bandado
116,36	122,00	5,64	Anfibolito	Par+Anf		338-353		Preto			Maciço / Ver importância como Metalotecto
122,00	132,90	10,90	Anf. Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl		330-350		Cinza			Levemente Bandado
132,90	134,15	1,25	Pegmatito	Qtz+Pl+K-f	Albitização	365-411		Rosa			
134,15	140,81	6,66	Anf. Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl	Albitização	700-798		Cinza Escuro			Maciço Bandado
140,81	143,81	3,00	Gnaissse Albitizado	Bi+Anf+Alb+K	Albitização	1144-1205		Cinza Rosa			Maciço Bandado
143,81	147,20	3,39	Albitito	Ab+K	Albitização	1638-1832		Rosa			Média Porosidade
147,20	148,30	1,10	Gnaissse Albitizado	Bi+Anf+Alb+K	Albitização	930-1033		Cinza Rosa			Maciço Bandado
148,30	151,25	2,95	Anfibolito	Par+Anf				Preto			Maciço muito fino / Metalotecto ?
151,25	152,80	1,55	Gnaissse Albitizado	Bi+Anf+Alb+K	Albitização	647-685		Cinza Rosa			Maciço Bandado
152,80	153,44	0,64	Albitito	Ab+K	Albitização	925-1000		Rosa			Média Porosidade
153,44	158,20	4,76	Anf. Gnaissse	Bi+Anf+Alb	Albitização			Cinza Escuro			Levemente Bandado
158,20	161,40	3,20	Gnaissse Albitizado	Bi+Anf+Alb+K	Albitização	1150-1210		Cinza Rosa			Maciço Bandado
161,40	163,28	1,88	Anf. Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl				Cinza Escuro			Maciço Bandado
163,28	170,55	7,27	Gnaissse Albitizado	Bi+Anf+Alb+K	Albitização	2581-2745		Cinza com Rosa			Maciço com baixa porosidade
170,55	194,05	23,50	Albitito	Ab+K	Albitização	1483-2850		Rosa			Alta porosidade
194,05	219,74	4,76	Anf. Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl	Albitização	215-222		Cinza			Maciço Bandado
219,74	220,90	1,16	Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl		222-231		Cinza			Maciço Bandado
220,90	221,70	0,80	Anfibolito	Par+Anf		180-200		Preto			Maciço / Ver importância como Metalotecto
221,70	226,52	4,82	Anf. Gnaissse	Qtz+Anf+Plag+K+Bl	Albitização	322-340		Cinza Escuro			Maciço Bandado
226,52	229,50	2,98	Gnaissse Albitizado	Bi+Anf+Alb+K	Albitização	570-637		Cinza com Rosa			Maciço Bandado
229,50	232,51	3,01	Albitito	Ab+K	Albitização	1508-1586		Rosa			Alta porosidade
232,51	233,50	0,99	Gnaissse Albitizado	Bi+Anf+Alb+K	Albitização	830-910		Cinza com Rosa			Maciço Bandado
233,50	238,20	4,70	Anfibolito	Par+Anf		225-242		Preto			

## EBH-24 CONTINUAÇÃO

Id do Furo:  
Coordenadas UTM:

Profundidade:

Angulo background : 312-360 cps

451,03m

De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
238,20	259,45	21,25	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		164-208	Cinza				Maciço Bandado
259,45	259,72	0,27	Microgranito			194-218	Branco/Rosa				Maciço
259,72	262,35	2,63	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		190-201	Cinza				Maciço Bandado
262,35	262,75	0,40	Microgranito			196-211	Branco/Rosa				Maciço
262,75	271,00	8,25	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		180-202	Cinza				Maciço Bandado
271,00	271,65	0,65	Microgranito			201-224	Branco/Rosa				Maciço
271,65	280,88	9,23	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		184-193	Cinza				Maciço Bandado
280,88	281,02	0,14	Microgranito			175-200	Branco/Rosa				Maciço
281,02	290,80	9,78	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		170-200	Cinza				Maciço Bandado
290,80	298,63	7,88	Microgranito / Pegmatito			195-245	Branco/Rosa				Maciço
298,63	302,06	3,43	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		180-204	Cinza				Maciço Bandado
302,06	303,60	1,54	Pegmatito			204-246	Branco/Rosa				Maciço
303,60	325,25	21,65	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		169-195	Cinza				Maciço Bandado
325,25	326,05	0,80	Pegmatito			219-252	Branco				Maciço
326,05	326,37	0,52	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		191-201	Cinza				Maciço Bandado
326,37	328,77	2,20	Pegmatito			194-238	Branco/Rosa				Maciço
328,77	356,63	27,86	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		151-191	Cinza				Maciço Bandado
356,63	357,99	1,36	Pegmatito			204-262	Branco/Rosa				Maciço
357,99	402,21	44,22	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		155-194	Cinza				Maciço Bandado
402,21	405,45	3,24	Anf. Gnaissé / Anfibol	Plag+Anf		199-210	Cinza Escuro				Maciço Bandado
405,45	409,16	3,71	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		206-221	Cinza				Maciço Bandado
409,16	410,16	1,00	Granito Fino			176-208	Cinza				Maciço sem deformação
410,16	414,90	4,74	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		167-197	Cinza				Maciço Bandado
414,90	415,62	0,72	Pegmatito			196-216	Branco/Rosa				Maciço
415,62	451,03	35,41	Anf. Gnaissé	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		174-193	Cinza				Maciço Bandado

Id do Furo: <b>EBH - 35</b>		Coordenadas UTM: Profundidade:		<b>259,40</b>		Angulo background : 240 - 280cps	Amostra	Observações	
De (m)	Aé (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Foto	Cor	Contato
0,00	1,00	1,00	Solo	Leucocártilico	Intemperizado	256-275		Amarelo	
1,00	2,17	1,17	Solo	óxidos	oxidado	222-279		Cinza	
2,17	3,80	1,63	Anf. Gnaissé	óxidos	Intemperizado	253-270		Cinza	Rocha intemperizada
3,80	4,79	0,99	Areia / Pó	Anf.Gnaissé ox.	oxidado	220-240		Cinza	Areia / pó
4,79	7,50	2,71	Anf. Gnaissé	Anf+Plag	Intemperizado	235-240		Cinza	Rocha ainda intemperizada
7,50	31,70	24,20	Anf. Gnaissé	Anf+Plag	Fresco	236-255		Cinza	
31,70	39,70	8,00	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		234-269		Rosa	
39,70	55,35	15,65	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		264-282		Cinza	
55,35	56,51	1,16	Granito	Qz+K-f+Plag+Anf+Bi		274-285		Cinza Claro	
56,51	58,22	1,71	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		260-291		Cinza	
58,22	59,00	0,78	Granito	Qz+K-f+Plag+Anf+Bi		291-315		Cinza	
59,00	62,54	3,54	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		251-282		Cinza	
62,54	64,03	1,49	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		274-292		Cinza escuro	
64,03	70,30	6,27	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		288-317		Rosa	
70,30	73,49	3,19	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		264-279		Cinza	
73,49	80,05	6,56	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		295-316		Rosa	
80,05	126,71	46,66	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		230-255		Cinza	
126,71	128,00	1,29	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		231-277		Rosa	
128,00	202,23	74,23	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		248-266		Cinza	
202,23	214,20	11,97	Gnaissé Albítito	Anf+Plag	Albitização	<b>821-843</b>		Cinza/roxa	
214,20	223,90	9,70	Albitito	Albita	Albitização	<b>1300-13946</b>		Rosa	
223,90	228,23	4,33	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		315-340		Cinza	
228,23	228,70	0,47	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		353-362		Rosa	
228,70	271,68	42,98	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		274-293		Cinza	
271,68	272,60	0,92	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		362-389		Rosa	
272,60	274,25	1,65	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		315-340		Cinza	
274,25	276,65	2,40	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		319-339		Rosa	
276,65	303,60	26,95	Anf. Gnaissé	Anf+Plag		305-327		Cinza	

Os dados alterados para cor Azul, são alvos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.

Os dados alteradas para cor Vermelha, são alvos de mineralização com caráter de minério.

EBH - 52											
Id do Euro: Coordenadas UTM:		Profundidade: 259,40		Angulo background: 320 - 360cps							
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
0,00	0,50	0,50	solo	Oxidados	Intemperizado:365-380			Vermelho			
0,50	1,00	0,50	solo	Oxidados	Intemperizado:360-420			Marron			
1,00	1,40	0,40	solo	Oxidados	Intemperizado:387-420			Vermelho			
1,40	2,75	1,35	solo	Oxidados	Intemperizado:30-452			Marron			
2,75	3,15	0,40	solo	Oxidados	Intemperizado:408-423			Amaralino			
3,15	7,80	4,65	Areia	Argila	Intemperizado:385-441			Rosa vermelho			
7,80	8,40	0,60	solo	Oxidados	Oxidado	384-423		Rosa			
8,40	9,85	1,45	Areia	Oxidados	Oxidado	405-450		Rosa			
9,85	10,26	0,41	Sienito	Oxidados	Oxidado	383-427		Rosa com verde			
10,26	11,60	1,34	Sienito	K+Plag+Qz	K+Plag+Qz	408-440		Rosa com verde			
11,60	12,14	0,54	Pegmatito	K+Plag+Qz	K+Plag+Qz	372-424		Rosa			
12,14	14,42	2,28	Sienito	K+Plag+Qz	K+Plag+Qz	415-440		Rosa com verde			
14,42	14,75	0,33	Pegmatito	K+Plag+Qz	K+Plag+Qz	361-391		Rosa Bordo			
14,75	16,40	1,65	Sienito	K+Plag+Qz+clorita+Bt+Anf+epidoto	K+Plag+Qz+clorita+Bt+Anf+epidoto	404-450		Rosa esverdeada			
16,40	21,00	4,60	Gnaisse/Pegmatito	K-F+Oz+Plag+Anf+Bt	K-F+Oz+Plag+Anf+Bt	350-379		Cinza com rosa			
21,00	21,90	0,90	Pegmatito	Qu+K+Plag	Qu+K+Plag	320-360		Rosa com branco			
21,90	49,28	27,38	Gnaisse	Qu+K+Plag+Anf	Qu+K+Plag+Anf	314-340		Cinza			
49,28	53,64	4,36	Gnaisse	Quz+Pl+Anf	Quz+Pl+Anf	320-353		Cinza Escuro			
53,64	58,50	4,86	Granito Gnaisse	Quz+Pl+Kf,Bt,Anf	Quz+Pl+Kf,Bt,Anf	308-347		Cinza			
58,50	59,20	0,70	Granito	Quz+Kf+Plag	Quz+Kf+Plag	330-380		Rosa/Branco			
59,20	70,43	11,23	Granito gnaisse	Quz+Kf+Plag+Bt+Anf	Quz+Kf+Plag+Bt+Anf	325-365		Cinza/Escuro			
70,43	71,23	0,80	Pegmatito	Quz+felds.	Quz+felds.	338-362		Rosa/Branco			
71,23	71,90	0,67	Gnaisse Máfico	Quz+felds.+Bt+Anf	Quz+felds.+Bt+Anf	338-376		Preto			
71,90	93,80	21,90	Gnaisse / Pegmatito	Quz+felds.+Bt+Anf	Quz+felds.+Bt+Anf	337-367		Cinza com rosa			
93,80	120,23	26,43	Anfibolito	Anf+felds.+Bt+Epd	Anf+felds.+Bt+Epd	307-340		Cinza / Preto			
120,23	124,61	4,38	Albitito	Albita	Albitização	1220-1260		Rosa			
124,61	139,05	14,44	Anfibolito Gnaisse	Felds+Anf+Bt+Epd	Felds+Anf+Bt+Epd	356-400		Cinza escuro			
139,05	139,33	0,28	Granito	Quz+Kf	Quz+Kf	400-420		Rosa			
139,33	149,11	9,78	Anfibolito Gnaisse	Felds+Anf+Bt+Epd	Felds+Anf+Bt+Epd	370-395		Cinza			

### EBH - 52 - CONTINUAÇÃO

Coordenadas UTM:

Profundidade:

Afô (m)

Comp. (m)

Litologia

Mineralogia

Zona de Alteração

Estrutura

Num. Foto

Cor

Contato

Amostra

Observações

De (m)	Afô (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
149,11	155,26	6,15	Abílito	abita	Albitização	450-500	Rosa				Maciço media porosidade
153,56	156,42	1,16	Gnaisse com Tactito	Abílito	Albitização	870-905	Rosa				Maciço Rocha intermediária
156,42	157,76	1,34	Abílito	Felds+Anf+Bt+Ep	Albitização	744-766	Rosa				Maciço: media porosidade
157,76	164,20	6,44	Anfibolito Gnaisse	Abílito	Albitização	420-450	Cinza				Maciço
164,20	168,70	4,50	Gnaisse Abilitizado	Abílito+Br+Anf	Albitização	650-720	Cinza com rosa				Gnaisse com albitização
168,70	170,55	1,85	Abílito	abita	Albitização	805-860	Rosa				Maciço
170,55	171,31	0,76	Anfibolito Gnaisse	Felds+Anf+Bt+Ep	Albitização	420-460	Cinza escuro				Maciço
171,31	172,36	1,05	Abílito	abita	Albitização	850-915	Rosa				Maciço baixa porosidade
172,36	180,20	26,84	Anfibolito Gnaisse	Felds+Anf+Bt+Ep	Albitização	320-400	Cinza				Maciço Bandado
189,20	201,30	2,10	Gnaisse Abilitizado	Abílito+Br+Anf	Albitização	460-560	Cinza com rosa				Maciço Bandado
201,30	204,74	3,44	Anfibolito	Anf+Plag	Albitização	450-470	Cinza escuro				sem Bandamento / Ver importância como metaldeco
204,74	206,05	0,31	Pearmatito Abílito	Plag	Albitização	524-568	Rosa				Maciço : baixa porosidade
205,05	206,20	3,15	Abílito Anfibolito	Abílito+Anf	Albitização	420-460	Cinza com Rosa				Maciço
206,20	208,42	0,22	Abílito	Anf+Plag	Albitização	550-700	Rosa				maciço
208,42	208,92	0,50	Anfibolito	abita	Albitização	420-480	Cinza escuro				maciço e quebradico: médio com alta porosidade
208,92	213,45	4,53	Abílito	Felds+Anf+Bt+Ep	Albitização	1068-1104	Rosa				cinza escuro
213,45	217,50	4,05	Anfibolito Gnaisse	Abílito+Br+Anf	Albitização	420-450	Cinza com Rosa				maciço e bandado
217,50	217,84	0,94	Gnaisse com Abílito	Felds+Anf+Bt+Ep	Albitização	600-680	Cinza com Rosa				maciço e bandado
217,84	231,00	13,16	Anfibolito Gnaisse	Abílito+Br+Anf	Albitização	420-460	Cinza				maciço
231,00	233,65	2,65	Gnaisse com Abílito	Felds+Anf+Bt+Ep	Albitização	660-715	Cinza com Rosa				maciço
233,65	236,00	2,35	Anfibolito Gnaisse	Abílito	Albitização	520-580	Cinza				maciço
236,00	236,65	0,65	Abílito	abita	Albitização	730-760	Rosa				Médio a alta porosidade
236,65	238,10	1,45	Anfibolito com Abílito	Anf+Ab	Albitização	812-860	Cinza com Rosa				Maciço
238,10	252,20	14,10	Anfibolito Gnaisse	Felds+Anf+Bt+Ep	Albitização	344-363	Cinza				Maciço e Bandado
252,20	253,80	1,60	Gnaisse / Abílito	Qz+Ptg+Anf+Br	Albitização	444-460	Cinza com Rosa				Maciço e Bandado
253,80	259,40	5,60	Anfibolito Gnaisse	Felds+Anf+Bt+Ep	Albitização	323-352	Cinza				Maciço e Bandado

Os dados alterados para cor Azul, são avos de estudos para encontra/ligação entre a mineralização com seu aparecimento.

Os dados alteradas para cor Vermelha, são avos de estudos para encontra/ligação entre a mineralização com caráter de minério.

EBH-53										
Id do Furo: Coordenadas UTM:		Profundidade: <b>288M</b>		Angulo background : 200-230cps		Observações				
De (m)	Ate (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Aleração	Estrutura /cps	Num. Fot.	Cor	Contato	Amostra
0,00	1,90	1,90	Solo	Oxidado	206-250			Maron		
1,90	3,00	2,00	Leucognaissse/Pegn	Pla+Kf+Qz	Oxidado	225-240		Rosa	gradativo	Pegmatito
3,90	7,20	3,30	Gnaissse	Qz+Feld+Bt+Ms	Oxidado	214-255		Cinza	gradativo	
7,20	7,90	0,70	Pegmatito	Qz+Plag+K-f	Fresco	230-244		Rosa	gradativo	Véio Pegmatito
7,90	39,60	31,70	Gnaissse	Qz+Feld+Bt+Ms	Fresco	215-242		Cinza	gradativo	
39,60	40,40	0,60	Biotita Gnaissse	Bt+Qz+K-f+Pta	Fresco	215-270		Cinza/Rosa	gradativo	Graisse Escuro e deformado
40,40	50,50	10,10	Gnaissse	Qz+Feld+Bl+Ms	Fresco	230-263		Cinza	gradativo	
50,50	55,80	5,30	Gnaissse Fino	Qz+Feld+Bt+Ms	Fresco	230-244		Cinza Escuro	gradativo	Granulação fina mais escuro
55,80	60,70	4,30	Gnaissse	Qz+Feld+Bt+Ms	Fresco	240-290		Cinza	gradativo	
60,70	62,25	1,55	Gnaissse Fino	Qz+Feld+Bt+Ms	Fresco	250-270		Cinza/Rosa	Busco	Granulação fina e escuro
62,25	63,00	0,75	Pegmatito	Qz+Plag+K-f	Fresco	248-285		Branco	Busco	Pegmatito
63,00	64,00	1,00	Gnaissse	Qz+Feld+Bl+Ms	Fresco	236-263		Cinza	Busco	Graisse com Anfibolito
64,00	64,20	0,20	Pegmatito	Qz+Plag+K-f	Fresco	240-260		Branco	Busco	Pegmatito
64,20	65,00	0,80	Gnaissse	Qz+Feld+Bl+Ms	Fresco	230-270		Cinza	Busco	Graisse
65,00	66,00	1,00			Fresco					
66,00	97,50	31,50	Gnaissse	Qz+Feld+Bt+Anf	Fresco	250-290		Cinza	Busco	Anfibolito presente
97,50	107,20	9,70	Anf. Gnaissse	Anf+Pla+Bt	Fresco	265-300		Cinza/Rosa	Gradativo	
107,20	110,00	2,80	Gnaissse	Qz+Feld+Bt+Anf	Fresco	390-430		Cinza		Anfibolito presente
110,00	111,45	1,45	Anf. Gnaissse	Anf+Pla+Bt	Fresco/Alb	400-500		Cinza/Rosa	Gradativo	Aumento gradativo no Cps
111,45	112,15	0,70			Fresco					
112,15	113,72	1,57	Albitito	Albita	Albitização	980-1111		Rosa		Alta porosidade
113,72	114,00	0,28			Albitização	1200-1237		Rosa		Alta porosidade - Auge de Cps
114,00	114,73	0,73	Albitito							
114,73	114,92	0,19	Anf. Gnaissse	Anf+Pla+Bt	Fresco			Preto		
114,92	115,17	0,25	Anf. Gnaissse	Anf+Pla+Bt	Fresco					
115,17	117,30	2,13	Albitito	Albita	Albitização	970-1115		Rosa		
117,30	131,70	14,40	Gnaissse	Qz+Feld+Bl+Ms	Fresco	250-280		Cinza		Queda Brusca no Cps
131,70	131,87	0,17	Albitito	Alb+Qz	Fresco	279-322		Rosa		Alta porosidade
131,87	156,80	24,93	Gnaissse	Qz+Feld+Bl+Ms	Fresco	250-279		Cinza		granulação média a grossa
156,80	163,30	6,50	Leucogranito	Qz+Pla+K-f	Fresco	270-280		Cinza		Xenólitos de Albititos no gnaissse
163,30	165,20	1,90	Gnaissse	Qz+Feld+Bl+Ms	Fresco	240-280		Cinza		
165,20	165,60	0,40	Gnaissse c/Albitito	Alb+Qz+K-f+Bl+Anf	Fresco	265-293		Cinza/Rosa		Fracamente Albitizado

### EBH-53 - CONTINUAÇÃO

Prolundade: 288M											
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura Ic/s	Num. Fot.	Cor	Contato	Amostra	Observações
165,60	170,10	4,50	Graisse	Qz+FeId+Bi+Ms	Fresco	250-260	Cinza				
170,10	178,55	8,45	Graisse	Qz+FeId+Bi+Ms	Fresco	270-300	Cinza				
178,55	179,30	0,75	Abitito	Albita	Abilizacão	620-670	Rosa				Aumento gradativo no Cps
179,30	181,00	1,70	Abitito	Albita	Abilizacão	1140-1200	Rosa				Mais poroso - Pico de Cps
181,00	182,40	1,40	Abitito	Albita	Abilizacão	1000-1100	Rosa				Mais poroso
182,40	186,30	3,90	Graisse	Qz+FeId+Bi+Ms	Abilizacão	380-430					Valores Cps acima do background
186,30	193,50	7,20	Graisse c/Abitito	Alb+Qz+Kf+Bi+Anf	Abilizacão	640-720	Cinza c/Rosa				Valores Cps acima do background
193,50	194,20	0,70	Abitito + Graisse	Alb+Qz+Kf+Bi+Anf	Abilizacão	750-840	Rosa				Material poroso
194,20	201,30	7,10	Graisse c/Abitito	Alb+Qz+Kf+Bi+Anf	Abilizacão	720-760	Cinza c/Rosa				Material compacto
201,30	202,00	0,70	Abitito	Albita	Abilizacão	1140-1215	Rosa				Material poroso
202,00	203,10	1,10	Graisse c/Abitito	Alb+Qz+Kf+Bi+Anf	Abilizacão	1260-1320	Cinza c/Rosa				Material compacto
203,10	206,30	3,20	Abitito	Albita	Abilizacão	1280-1340	Rosa				Material poroso
206,30	209,30	3,00	Abitito + Graisse	Alb+Qz+Kf+Bi+Anf	Abilizacão	1525-1560	Cinza c/Rosa				Material compacto - Pico de Cps
209,30	210,20	0,90	Abitito	Albita	Abilizacão	1560-1660	Rosa				Poroso - Pico de Cps
210,20	210,50	0,30	Graisse	An+Pl+Ba+Bl		950-9-90	Cinza				Compacto
210,50	213,85	3,35	Abitito	Albita	Abilizacão	1180-1250	Rosa				
213,85	213,95	0,10	Graisse	Qz+FeId+Bi+Ms		570-620	Cinza c/Rosa				Xerólitio de Graisse
213,95	215,80	1,85	Abitito	Albita	Abilizacão	1190-1280	Rosa				
215,80	219,85	4,05	Antitolito	An+Pl+Ba		420-450		Preto			Ver sua importância como metalotecto
219,85	221,21	1,36	Microgranito	Qz+Kf+Pl+Ba		350-400	Rosa				Ver sua importância como metalotecto
221,21	221,52	0,31	Graisse	Qz+FeId+Bi+Ms		290-310	Cinza				
221,52	225,42	3,90	Graisse c/Abitito	Alb+Qz+Kf+Bi+Anf	Abilizacão	630-690	Cinza/Rosa				
225,42	228,80	3,38	Abitito	Albita	Abilizacão	1150-1200	Rosa				Poroso
228,80	229,85	1,05	Graisse c/Abitito	Alb+Qz+Kf+Bi+Anf		320-360	Cinza/Rosa				Compacto
229,85	232,26	2,41	Abitito	Albita	Abilizacão	1015-1050	Rosa				Compacto
232,26	235,72	3,46	Graisse	Qz+FeId+Bi+Ms		280-320	Cinza				Compacto
235,72	236,56	0,84	Abitito	Albita	Abilizacão	710-760	Rosa				Poroso e Quebrado
236,56	242,30	5,74	Graisse	Qz+FeId+Bi+Ms		370-390	Cinza				Bem Deformado c/minerais orientados em várias direções
242,30	247,70	5,40	Abitito	Albita	Abilizacão	1030-1090	Rosa				Poroso
247,70	261,00	13,30	Graisse	Qz+FeId+Bi+Ms		280-320	Cinza				Compacto
261,00	264,40	3,40	Abitito	Albita	Abilizacão	430-460	Rosa				
264,40	264,85	0,45									
264,85	281,20	16,35	Graisse fino c/Pegi	Alb+Qz+Kf+Bi+Anf		240-280	Cinza				Compacto
281,20	288,00	6,80	Graisse	Qz+FeId+Bi+Ms		220-240	Cinza				Compacto

Os dados alterados para cor Azul, são avos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.  
Os dados alterados para cor Vermelha, são avos de mineralização com caráter de minério.

**EBH - 55**

Id do Furo:

Coordenadas UTM:

Profundidade:

**288,55**

Angulo

background : 340-370cps

De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
0,00	2,40	2,40	Leucognaissse	Plagi+Qz+K-f+Bt	Alterado	352-377	Cinza Rosa				
2,40	13,74	11,34	Gnaisse	Qz+Feld+Br+Anf	Fresco	307-325	Cinza				Bandado e alterado
13,74	50,04	36,30	Gnaisse	Qz+Feld+Br+Anf		322-355	Rosa				Maciço com porções felsicas
50,04	51,24	1,20	Granito	Qz+Feld+Br		354-375	Cinza/preto				Maciço com Pegmatito
51,24	54,53	3,29	Gnaisse mafico	Br+Anf+Plag		326-341	Cinza				Maciço Fino e Bandado
54,53	55,05	0,52	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		344-375	Cinza/preto				Maciço Fino
55,05	56,30	1,25	Gnaisse mafico	Br+Anf+Plag		341-358	Cinza				Maciço Bandado
56,30	56,70	0,40	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		335-349	Cinza				Fogões claras e escuras
56,70	101,64	44,94	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		344-373	Rosa				Pegmatito
101,64	105,75	4,11	Pegmatito	Qz+K-f+Plag	Albitização	309-326	Cinza				Maciço Bandado
105,75	108,00	2,25	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		310-330	Preto				Naciço
108,00	113,45	5,45	Anfibolito	Plagi+Anf		320-335	Cinza				Maciço Bandado
113,45	114,70	1,25	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		290-318	Preto				Naciço
114,70	121,15	6,45	Anfibolito	Plagi+Anf		290-349	Cinza				Maciço Bandado
121,15	135,25	14,10	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt	Albitização	354-390	Rosa				Naciço
135,25	135,47	0,22	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		309-334	Cinza				Maciço Bandado
135,47	136,37	0,90	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		320-341	Cinza				Maciço s/deformação
136,37	137,05	0,68	Granito	Qz+Feld+Br		305-340	Cinza Escuro				Maciço Fino e Bandado
137,05	141,55	4,50	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		346-365	Rosa Branca				Maciço
141,55	142,07	0,52	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		333-364	Cinza Rosa				Maciço e Bandado
142,07	160,60	18,53	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		345-370	Cinza Rosa				Maciço e levemente Bandado
160,60	164,95	4,35	Granito Gerais	Qz+Feld+Br+Plag		303-339	Cinza Escuro				Maciço fino e Bandado
164,95	166,45	1,50	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		355-370	Cinza Rosa				Maciço Bandado
166,45	167,20	0,75	Granito Gerais	Qz+Feld+Br+Plag		325-363	Cinza Escuro				Maciço Fino e Bandado
167,20	186,50	19,30	Anf. Gnaisse	Plagi+Qz+Anf+Bt		307-342	Cinza				Maciço Bandado
186,50	188,00	1,50	Gnaisse	Qz+Feld+Br+Anf		321-355	Cinza Rosa				Naciço
188,00	188,90	0,90	Granito Pegmatito	Qz+K-f+Plag							

### EBH - 55 - CONTINUAÇÃO

EBH - 55 - CONTINUAÇÃO										
Id do Furo: Coordenadas UTM:		Profundidade: Altura (m)		Litologia		Mineralogia		Zona de Alteração /Cps		Observações
De (m)	Aé (m)	Comp. (m)	(m)					Angulo	background : 340-370cps	
188.90	191,54	2,64	Gnaisse					351-370	Cinza	Maciço Bandado
191.54	193,07	1,53	Granito Pegmatito	Qzz+Kf+ Plag				350-381	Cinza Rosa	Maciço
193.07	195,07	2,00	Gnaisse					353-387	Cinza	Maciço Bandado
195.07	195,51	0,44	Granito Pegmatito	Qzz+Kf+ Plag				356-379	Cinza Rosa	Maciço
195,51	197,65	2,14	Gnaisse					349-361	Cinza	Maciço Bandado
197,65	198,06	0,40	Gnaisse Albitito				Albitização 365-396		Cinza Rosa	Maciço Bandado
198,05	199,15	1,10	Albitito				Albitização 560-614	Rosa		Maciço Alta porosidade
199,15	200,05	0,90	Gnaisse Albitito				Albitização 504-550	Cinza Rosa		Maciço Bandado
200,05	202,20	2,15	Albitito				Albitização 794-828	Rosa		Maciço Media Porosidade
202,20	204,00	1,80	Gnaisse Albitito				412-460	Cinza Rosa		Maciço Bandado
204,00	209,05	5,05	Anf. Gnaisse				346-376	Cinza Escuro		Maciço Bandado (Fino Márfico)
209,05	212,15	3,10	Anf. Gnaisse				370-401	Cinza		Maciço Bandado
212,15	214,57	2,42	Anf. Gnaisse				400-440	Cinza Escuro		Mais fino e márfico
214,57	216,30	1,73	Albitito e Gnaisse				Albitização 634-700	Rosa		Maciço e alta porosidade
216,30	218,70	2,40	Albitito e Gnaisse				Albitização 794-830	Rosa		Maciço
218,70	221,60	2,90	Albitito				Albitização 1041-1115	Rosa		Maciço e alta porosidade
221,60	223,85	2,25	Albitito e Gnaisse				Albitização 906-959	Rosa Cinza		Maciço Bandado
223,85	226,30	2,45	Albitito				Albitização 1012-1059	Rosa		Maciço Alta porosidade
226,30	231,55	5,25	Albitito e Gnaisse				Albitização 11100-1115	Rosa		Maciço e baixa Porosidade
231,55	242,15	10,60	Albitito				Albitização 11190-1240	Rosa		Baixa Porosidade
242,15	242,95	0,80	Albitito e Gnaisse				Albitização 784-836	Rosa cinza		Bandado e Maciço
242,95	246,23	3,28	Granitoide albitizado				Albitização 823-691	Cinza		Maciço
246,23	247,00	0,77	Albitito				Albitização 678-725	Rosa		Maciço Baixa Porosidade
247,00	250,50	3,50	Albitito e Gnaisse				Albitização 638-654	Cinza Rosa		Maciço Bandado
250,50	250,88	0,38	Albitito				Albitização 620-640	Rosa		Baixa Porosidade
250,88	254,28	3,40	Albitito e Gnaisse				Albitização 663-693	Cinza Rosa		
254,28	255,30	1,02	Albitito				Albitização 880-710	Rosa		
255,30	288,55	33,25	Anf. Gnaisse				305-342	Cinza		Maciço Bandado

Os dados alteradas para cor Azul, são avôs de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.

Os dados alteradas para cor Vermelha, são avôs de mineralização com caráter de minério.

EBH - 56										
Id do Furo:		Coordenadas UTM:		Profundidade:		Angulo		background: 217-245		
De (m)	Ate (m)	Comp. (m)	Litologia	Zona de Alteração	Estrutura	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
10,75 ?	28,31	Leucognaissse	Gnaissse			225-254	Cinza			Maciço Bandado Bandado / manchas pegmat.
?	32,51	4,20	Albitito Poroso			253-285	Cinza			
28,31	37,10	4,59	Gnaissse c/alterito			306-322	Róseo			n mineralizado
32,51	5,43	5,43	Gnaissse máfico	Pla+Bt+Anf		235-272	Róseo			Maciço Bandado
37,10	42,53	0,64	Microgranito/Pegmat.	Pla+Anf	Cínica E.	206-225				Maciço levemente Bandado
42,53	43,17	1,23	Gnaissse máfico	Pla+Bt+Anf		228-236	Róseo			Maciço s/deformação
43,17	44,40	1,23	Anf. Gnaissse máfico	Pla+Bt+Anf		220-234	Cinza Escuro			Maciço levemente Bandado
44,40	44,82	0,42	Pegmatito			230-251	Róseo c/Branco			Maciço s/deformação
44,82	49,85	5,03	Anf. Gnaissse máfico	Pla+Bt+Anf		215-233	Cinza Escuro			Maciço Bandado
49,85	60,40	10,55	Anf. Gnaissse	Pla+Bt+Anf		212-247	Cinza			Maciço Bandado
60,40	69,27	8,87	Gnaissse c/alterito			323-375	Cinza c/Róseo			Maciço Bandado
69,27	72,35	3,08	Albitito Poroso			756-820	Róseo			Maciço Poroso
72,35	75,00	2,65	Gnaissse/Albitito			420-450	Cinza c/Róseo			Maciço Bandado
75,00	78,00	3,00	Gnaissse	Oz+Feid+Anf		255-289	Cinza			Maciço Bandado
78,00	91,00	13,00	Sienognaissse	Oz+Feids+Anf+Bt		262-313	Cinza c/Róseo			Porções pegmatíticas
91,00	99,00	8,00	Anfibolito			233-244	Preto			
99,00	99,55	0,55	Pegmatito			245-303	Róseo			Maciço poroso
99,55	113,30	13,75	anfibolito			222-250	Preto			Maciço fino mático
113,30	114,50	1,20	albitito		Albitizado	647-705	Róseo			Maciço médio Poroso
114,50	119,55	5,05	Anf. Gnaissse máfico	Pla+Bt+Anf		320-352	Cinza Escuro			Maciço Bandado
119,55	126,00	6,45	Gnaissse c/alterito	Albitizado		554-604	Cinza c/Róseo			Maciço Bandado máfico
126,00	128,00	2,00	Anf. Gnaissse máfico	Pla+Bt+Anf		330-390	Cinza Escuro			baixa porosidade
128,00	130,00	2,00	Albitito/pegmatito		Albitizado	400-440	Róseo			Maciço bandado
130,00	135,26	5,26	Gnaissse c/alterito		Albitizado	459-500	Cinza Róseo			Alta Porosidade (fraturado)
135,26	137,21	1,95	Albitito		Albitizado	784-831	Róseo			
137,21	140,95	3,74	Gnaissse Albitizado		Albitizado	566-614	Cinza Róseo			
140,95	8,60	8,60	Albitito		Albitizado	600-700	Róseo			Maciço e alta porosidade
149,55	151,69	2,14	Anfibolito			350-400	Preto			Maciço fino mático
151,69	152,95	1,26	Albitito		Albitizado	547-475	Róseo			Média Porosidade
152,95	164,00	11,05	Anf. Gnaissse	Pla+Bt+Anf		270-300	Cinza			Maciço Bandado
164,00	167,50	3,50	granito gnaissse	Oz+Feid+anf+Bt		216-241	Cinza Róseo			Maciço Bandado
167,50	172,00	4,50	Anf. Gnaissse	Pla+Bt+Anf		231-263	Cinza Escuro			Maciço Bandado
172,00	177,00	5,00	Gnaissse c/alterito			395-415	Cinza Róseo			Maciço Bandado
177,00	203,60	26,60	Anf. Gnaissse	Pla+Bt+Anf		217-226	Cinza			Maciço Bandado
203,60	213,30	9,70	Gnaissse Albitizado		Albitizado	446-485	Cinza Róseo			
213,30	215,20	1,90	Albitito		Albitizado	512-589	Róseo			Alta Porosidade
215,20	217,50	2,30	G. Albitizado			197-250	Róseo			
217,50	220,46	2,96	Albitito		Albitizado	600-656	Rosa			Alta Porosidade
220,46	242,25	21,79	Anf. Gnaissse	Pla+Bt+Anf		222-243	Cinza			Maciço Bandado

Os dados alterados para cor Azul, são alvos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.  
Os dados alterados para cor Vermelha, são alvos de mineralização com caráter de minério.

**EBH - 57**

Id do Furo:

Coordenadas UTM:

**189,95m**

Profundidade:

Angulo  
background : 300-350 cps

De (m)	Ate (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Cor	Contato	Anomalia	Observações
0,00	2,45	2,45	Solo		Intempereizado	415-450	Vermelho			
2,45	10,25	7,80	Sintero Alterado	Qz+feld+Bt+Anf	Intempereizado	350-380	Vermelho			
10,25	12,70	2,45	Gnaisse Alterado	Oz-K-f	Intempereizado	300-340	Cinza			
12,70	17,10	4,40	Sintero Alterado	Pt+Anf	Oxidado	420-490	Vermelho			Rocha compacta com óxido de Fe
17,10	17,63	0,53	Antibolito	Qz+K-f	Oxidado	372-410	Preto			Compacta e alterada
17,63	19,30	1,67	Sintero Alterado	Oz+feld+Anf	Oxidado	540-620	Vermelho			Compacta porosa
19,30	26,50	7,20	Gnaisse Fio	Qz+feld+Bt+Anf		320-380	Cinza			Compacta
26,50	26,80	0,30	Albitito Sintero	Qz+K-f	Albitização	480-520	Rosa			Compacta e porosa
26,80	28,25	1,45	Gnaisse	Qz+feld+Bt+Anf		440-480	Cinza			Compacta
28,25	28,55	0,30	Albitito Sintero	Oz-K-f	Albitização	470-520	Rosa			Compacta e porosa
28,55	31,70	3,15	Gnaisse sintero	Qz+K-f		420-450	Cinza/Rosa			Compacta
31,70	33,00	1,30	Albitito	Albita	Albitização	820-890	Rosa			Compacta e porosa
33,00	34,25	1,25	Gnaisse	Oz+feld+Bt+Anf		320-340	Cinza			Compacta
34,25	38,35	4,10	Albitito	Albita	Albitização	960-1160	Rosa			Compacta e porosa
38,35	38,85	0,50	Gnaisse	Qz+feld+Bt+Anf		300-320	Cinza			Compacta
38,85	41,20	2,35	Albitito	Albita	Albitização	975-1066	Rosa			Baixa porosidade
41,20	41,47	0,27	Gnaisse Fio	Qz+feld+Bt+Anf		384-430	Cinza			Compacta e fino
41,47	43,35	1,88	Albitito compacto	Albita	Albitização	980-1150	Rosa			Baixa Porosidade
43,35	44,35	1,00	Albitito Porooso	Albita		820-890	Rosa			Poroso
44,35	46,15	1,80	Albitito / gnaisse	Albita K-f+Oz+Bi	Albitização	670-720	Marron			Compacta
46,15	48,25	2,10	Gnaisse/muita biotita	Qz+feld+Bt+Anf		350-380	Cinza / Preto			Compacta
48,25	51,32	3,07	Gnaisse com Albitito	Albita K-f+Oz+Bi	Albitização	470-510	Marron			Baixa Porosidade
51,32	55,77	4,45	Gnaisse // Albitito	Albita K-f+Oz+Bi	Albitização	760-820	Marron			média Porosidade
55,77	56,22	0,45	Anf. Gnaisse veios	Albitizado		350-375	Preto			Compacto
56,22	58,00	0,78	Albitito / gnaisse	Albita K-f+Oz+Bi	Albitização	780-830	Rosa			Baixa porosidade
58,00	59,05	1,05	Anf. Gnaisse	Oz+feld+Bt+Anf		350-380	Preto			Compacta
59,05	68,35	9,30	Gnaisse / Albitito	Qz+feld+Bt+Anf	Albitização	1630-1710	Rosa/Vermelho			Baixa porosidade
68,35	68,55	0,20	Anf. Gnaisse/Albitito	Albita K-f+Oz+Bi	Albitização	660-700	Preto			Compacta e Bandado
68,55	70,14	1,59	Albitito/Sintero	K-f	Albitização	530-570	Rosa			Alta porosidade
70,14	78,35	8,21	Antibolito / anf. Gnaisse	K-f+Anf		220-320	Preto			Compacto com stockwork
78,35	95,55	17,20	Antibolito	calibria	Albitização	190-210	Cinza / Branco			Compacto com albila
95,55	97,35	1,80	Anf. Gnaisse	Oz+feld+Bt+Anf	Albitização	230-280	Preto			Compacto Bandado
97,35	101,15	3,80	Albitito	Pt+Anf		200-230	Preto			Compacto
101,15	103,30	2,15	Gnaisse Albitito	Albita K-f+Oz+Bi	Albitização	750-830	Rosa/Vermelho			Baixa porosidade
103,30	124,53	21,23	Gnaisse	Oz+feld+Bt+Anf		264-300	Cinza			Compacto Bandado
124,53	128,48	3,95	Albitito	Albita	Albitização	900-1050	Rosa			Alta porosidade
128,48	129,50	1,02	Gnaisse Albitito	Albita K-f+Oz+Bi	Albitização	700-740	Rosa/Vermelho			Compacto com albila
129,50	130,95	1,35	Albitito	Albita	Albitização	720-780	Rosa			Alta porosidade
130,95	131,25	0,40	Anf. Gnaisse	Oz+feld+Bt+Anf		298-323	Preto			Compacto
131,25	134,35	3,10	Albitito Sintero	Albita K-f+Oz+Bi	Albitização	630-680	Rosa			Alta porosidade
134,35	135,05	0,70	Anf. Gnaisse	Oz+feld+Bt+Anf		350-380	Cinza Escuro			Compacto
135,05	136,70	1,65	Albitito	Albita	Albitização	720-760	Rosa			Alta porosidade
136,70	138,50	1,80	Gnaisse	Oz+feld+Bt+Anf		360-380	Cinza			Bandado e Compacto
138,50	140,84	2,34	Albitito / Pegmatito	Albita	Albitização	680-720	Rosa			Alta porosidade
140,84	156,00	15,16	Gnaisse	Oz+feld+Bt+Anf		320-380	Cinza			Compacto
156,00	159,30	3,30	Albitito	Albita	Albitização	440-500	Rosa			média Porosidade
159,30	189,95	30,65	Gnaisse	Oz+feld+Bt+Anf		185-230	Cinza			Compacto e Bandado

Os dados alteradas para cor Azul, são ávios de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.

Os dados alteradas para cor Vermelha, são ávios de mineralização com caráter de minério.

EBH - 65											
Id do Furo: Coordenadas UTM:		Profundidade: <b>169,31</b>		Angulo background : 285-345 cps							
De (m)	Aé (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estutura /cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
7,00	8,00	1,00	Sienogranito	Qz+Kf+Plag	Alterado	262-288	Branco/rosa	Busco		Rocha alterada, compactada	
8,00	10,20	2,20	Areia	Qz+felds	mt. Alterado	227-277	Cinza	Busco		Zona de alteração intensa	
10,20	10,78	0,58	Leucogranito	Qz+Kf+Plag	Fresca	270-282	Branco	Busco		Deformação e maficos ausentes	
10,78	21,89	11,11	Gnaissé	Qz+Kf+Plag+Bt+Ar	Fresca	286-301	Cinza/rosa	Busco		Bandamento com minerais maficos	
21,89	23,65	1,76	Pegmatito	Qz+Kf+Plag	Fresca	280-306	Branco/rosa	Busco		Compacta	
23,65	23,90	0,25	Gnaissé	Qz+felds+maficos	Fresca	263-300	Cinza Escuro	Busco		Compacta com pegmatito	
23,90	24,33	0,43	Pegmatito	Qz+Kf+Plag	Fresca	290-310	Branco/rosa	Busco		Compacta	
24,33	25,38	1,05	Gnaissé Máfico	Qz+Kf+Plag+Bt+Ar	Fresca	266-294	Cinza Escuro	Busco		Xendito microgranito mafico	
25,38	27,80	2,42	Pegmatito	Qz+Kf+Plag	Fresca	289-310	Róseo				
27,80	32,80	5,00	Gnaissé	Qz+Kf+Plag+Bt+Ar	Fresca	240-290	Cinza			Bandamento cinza e róseo	
32,80	34,10	1,30	Anfibolito	Anf+Plag	Fresca	265-295	Cinza escuro			Granulação fina melanocrática	
34,10	40,15	6,05	Gnaissé	Qz+Kf+Plag+Bt	Fresca	239-289	Cinza			Bandamento de maficos/fériscos	
40,15	56,72	16,57	Anfibolito*	Anf+Plag	Fresca	262-280	Cinza escuro			Porfíros de plagiocásio	
56,72	57,63	0,91	Pegmatito	Qz+Kf+Plag	Fresca	255-295	Branco/rosa			Porfíros de plagiocásio	
57,63	62,87	5,24	Anfibolito*	Anf+Plag	Fresca	240-298	Cinza escuro			Porfíros de plagiocásio	
62,87	64,59	1,72	Pegmatito	Qz+Kf+Plag	Fresca	288-320	Branco/rosa			Compacta	
64,59	66,04	1,45	Anfibolito*	Anf+Plag	Fresca	287-320	Cinza			Porfíros de plagiocásio	
66,04	66,45	0,41	Pegmatito	Qz+Kf+Plag	Fresca	275-310	Branco/rosa				
66,45	69,72	3,27	Anfibolito*	Anf+Plag	Fresca	263-294	Cinza			Porfíros de plagiocásio	
69,72	71,72	2,00	Pegmatito	Qz+Kf+Plag	Fresca	272-299	Branco/rosa				
71,72	78,70	6,98	Anfibolito*	Anf+Plag	Fresca	255-298	Cinza			Porfíros de plagiocásio	
78,70	88,15	9,45	Gnaissé fino e mafico	Qz+Kf+Plag+Bt	Fresca	243-287	Cinza escuro			Fino e bandado ; porções epidotizadas	
88,15	90,70	2,55	Pegmatito	Qz+Kf+Plag	Fresca	279-291	Branco/rosa				
90,70	107,10	16,40	Gnaissé fino e mafico	Qz+Kf+Plag+Bt	Fresca	234-257	Branco/rosa			Bastante fraturado	
107,10	111,48	4,38	Gnaissé Máfico	Qz+Kf+Plag+Bt	Fresca	283-315	Rosa/branco				
111,48	112,58	1,10	Gnaissé c/Pegmatito	Qz+Kf+Plag+Bt	Fresca	300-320	quase preto				
112,58	153,73	41,15	Gnaissé	Qz+Kf+Plag+Bt	Fresca	236-254	Cinza/rosa			Maciço e Bandido	
153,73	158,55	4,82	Pegmatito	Qz+Kf+Plag	Fresca	277-305	Rosa/branco				
158,55	169,31	10,76	Gnaissé	Qz+Kf+Plag+Bt	Fresca	226-242	Cinza			Bandamento bem marcado	

Os dados alteradas para cor Azul, são alvos de estudos para encontrar ligação entre a mineralização com seu aparecimento.  
Os dados alteradas para cor Vermelha, são alvos de mineralização com caráter de minério.