

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 DEPÓSITO URINÍFERO DE SÃO JOSÉ DE ESPINHAS (PB)  
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL MINERAL PARA U-ETR COM BASE NA  
PETROGRAFIA DETALHADA E QUÍMICA DO MINÉRIO

Breno Marinho de Araújo

2012

*Breno Marinho de Araújo*

2012

Catálogo 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 Espinhas (PB) / Breno Marinho de Araújo Barbosa. - Recife: O Autor, 2012.

116 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup>. Edilton José dos Santos.

Co-orientador: Prof.<sup>o</sup> 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.

551 CDD (22. ed.)

UFPE

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**

**Breno Marinho de Araújo Barbosa**

**APROVADO**

**Edilton José dos Santos**

31 de janeiro de 2012

**João Adauto de Souza Neto**

31 de janeiro de 2012

---

**César Ulisses Vieira Veríssimo**

31 de janeiro de 2012

## 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 Brasileiro.

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* gnaisses. Sabe-se de trabalhos 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 terrane paleoproterozoic reworked in the brasileiro 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 addition 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 Uranífero 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 fariase 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-gnaiss (contato entre os gnaisses bandados e os microgranitos intrusivos) do depósito de U-ETR de São José de Espinharas (A); para o aplogranito (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-anfibólio gnaiss mineralizada (U = 755 ppm) a não mineralizada (U = 3-27 ppm ), onde região cinza mostra forte enriquecimento em terras raras pesadas, a partir do Eu (Adaptado de Porto da Silveira (1991).....34
- Figura 5.8- (I) Albitos 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 albitos metassomatizados acompanhando concordantemente a foliação de *augen* gnaiss anfibolítico, 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 – – Gnaiss 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), 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 urânio 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 gnaiss (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 urânio e Elementos Terras Raras, furo EBH-3 a 175m.....	46
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).....	50
Figura 6.9 -(A) Microclina intensamente sericitizada com corona de recristalização composta por albita. (B) Detalhe da albitização 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 interstícios 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 gnaiss anfíbolítico 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 gnaisse 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 albita (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 albitos/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 <i>Mt Weld distribution</i> (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 albitizado (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. Análise dos Testemunhos de Sondagem de São José de Espinharas: Amostragem e Avaliação GamaEspectrométrica In Situ.....	41
6.2. Análise dos Testemunhos de Sondagem de São José de Espinharas: Estudos Petrográficos Detalhados.....	48
6.3. Análise dos Testemunhos de Sondagem de São José de Espinharas: Estudos Geoquímicos de Fluorescência de Raios-X E Microscopia Eletrônica de Varredura com WDS Acoplado.....	59
7. Discussão e Conclusões.....	70

### Referência Bibliográfica

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 emprateirados 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 (microsonda 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 depósito 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-gnaiss e biotita anfibólio gnaiss (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-detelhe (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 coletada duas amostras por furo. A seleção era feita de forma aleatória, sendo assim coletada uma rocha mineralizada (albitito/epissienito ou *augen* gnaisses 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).

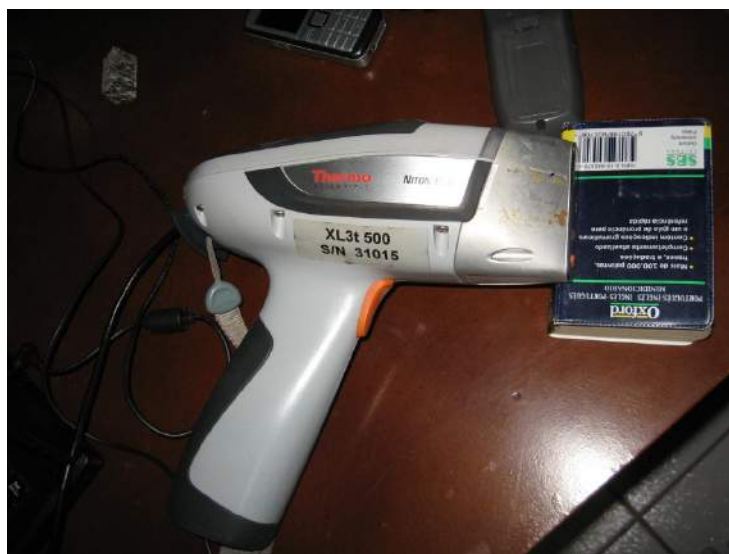


Figura 3.1 – Aparelho portátil de fluorescência de raios-x, Niton®, utilizado para determinar concentração de alguns elementos químicos nas amostras descritas nos furos de sondagem estudados.



#### **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 pegmatóides 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 Brasileiro, 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 máficas 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 acreção de arcos magmáticos, gerando uma protocrosta siálica, 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 (paragnaisses 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 (paragnaisses com intercalações de mármore e rochas calcissilicáticas), Equador (quartzitos e metaconglomerados) e Seridó (micaxistos com granada, cordierita e, ocasionalmente estaurolita e andaluzita).

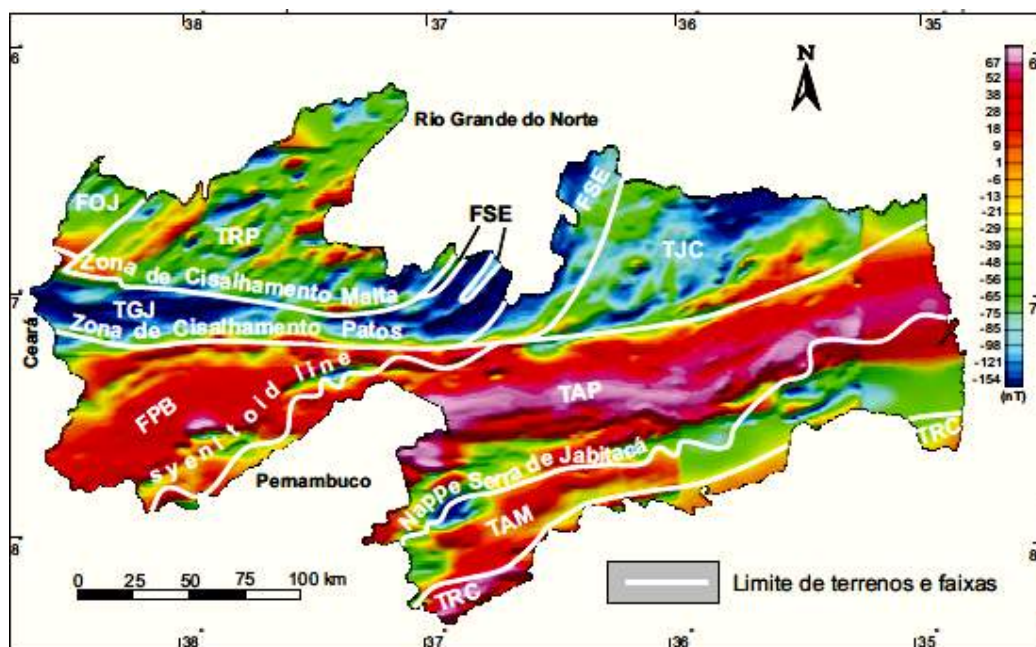
Todo o conjunto foi recortado por vários tipos de granitóides incluindo tipos híbridos dioríticos e graníticos, metaluminosos, calcialcalinos normais a calcialcalinos com alto K, leucograníticos peraluminosos, peralcalinos e granitos pegmatóides, todos de idade brasileira. Acompanhando o estágio final 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-brasílianos, 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 subprovincias setentrionais, ao norte do lineamento Patos, possuem grandes extensões de terrenos arqueanos e paleoproterozóicos (incluindo a faixa Orós-Jaguaribe) e domínios brasileiros (Médio Coreaú, Ceará Central e Seridó). A subprovincia 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 subprovincias 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).



#### 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 incluída 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 brasileiras, 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 Skäl 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 anfibólio 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 pertencentes 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-anfibólio gnaisses tem origem pré-metamórfica e supracrustal, e de acordo com diagrama AFTNa versus AFTK, proposto por Moine (1969, 1974), provavelmente são derivadas de grauvas 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 América 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 minerais 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 albitos uraníferos .

Dois eventos geotectônicos estão relacionados com a mineralização em Lagoa Real, o evento paleoproterozóico orogenético Orosiriano e o evento brasileiro, 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.

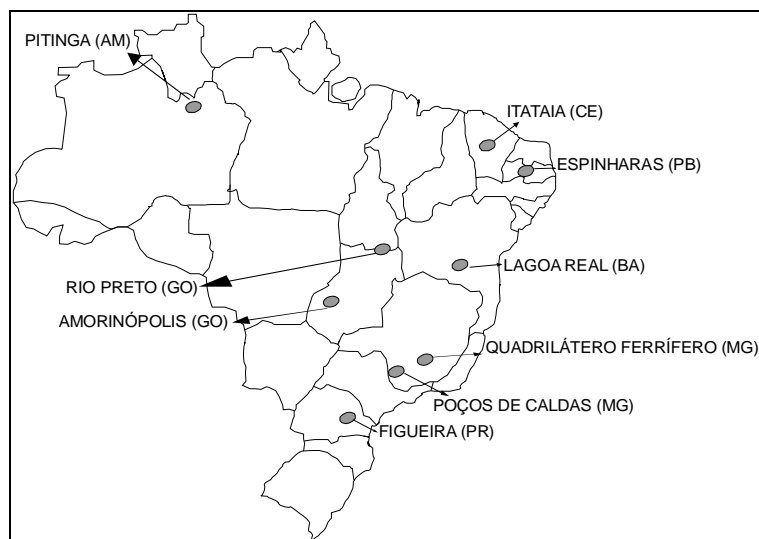


Figura 5.1: Mapa com os principais depósitos de urânio conhecidos no Brasil. Fonte: adaptado de Forman (1978) e Javaroni & Maciel (1985).

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).

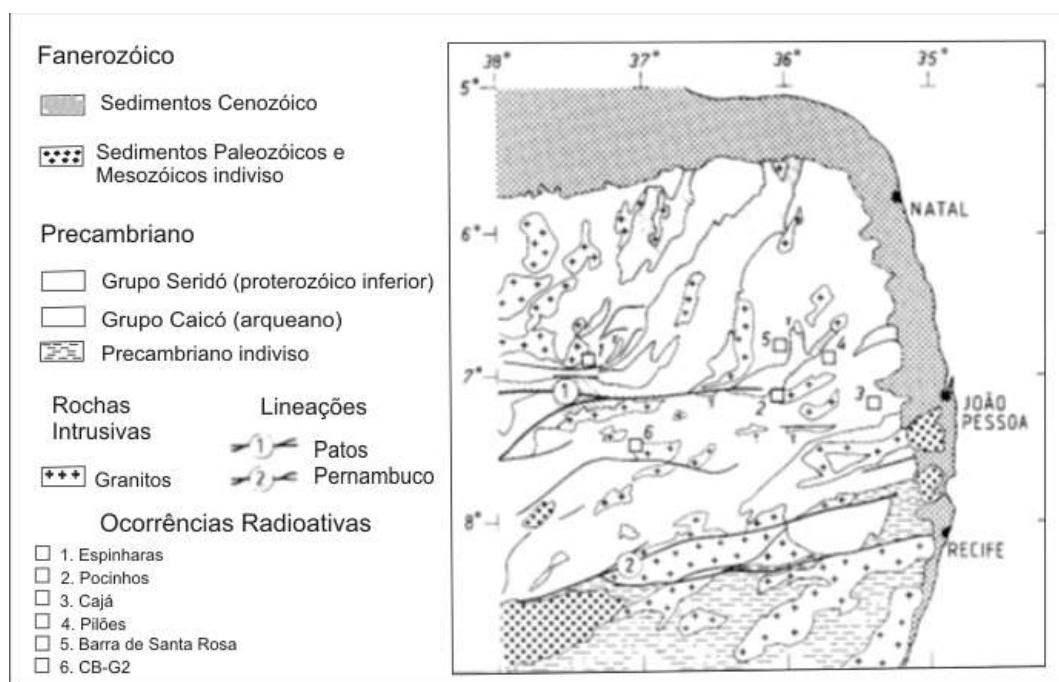


Figura 5.2 – Mapa do contexto regional com localização dos prospectos de urânio entre eles o de São José de Espinharas, Porto da Silveira, (1991).

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 neoproterozóicas 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 gnaiss 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 pitchblenda e coffinita, 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 Å e potencial iônico 7 (Rösler & Lange, 1972). A transição de  $\text{U}^{4+}$  para  $\text{U}^{6+}$  ocorre de acordo com a reação:  $\text{U}^{4+} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{UO}_2^{2+} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ , cujo potencial de óxido-redução Eh corresponde a 0,273 Volts (Fuger & Oetting, 1976).

O íon uranila ocorre em minerais secundários como autunita [ $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ] e carnotita [ $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ], 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 Å,

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
	Gnaiss	2,2
	Paragneiss	4,5
	Granulito	4,9
	Ortogneiss	3,6
	Cordierita gnaiss	5,8
	Mármore	0,17
	Filito	1,9
	Xisto	2,5
	Rochas máficas	3,2
SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS*	Albita/epissienito	123
	Gnaiss 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 gnaiss 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 ímãs 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 ímãs em motores elétricos, particularmente em carros híbridos ou movidos a energia elétrica, U.S. Geological Survey, (2010).

Elementos Terras Raras														Y 39			
La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71			
Lantanídeos																	
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Lr														

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 negro na figura.

ETR são, ao contrário do nome do grupo, relativamente comuns na crosta terrestre, porem 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.

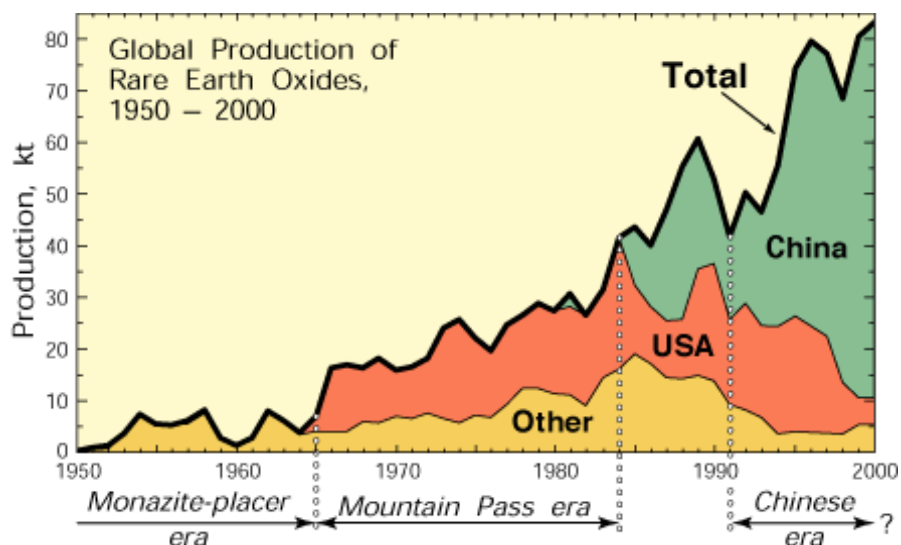


Figura 5.4 – Gráfico mostrando a produção de ETR de 1950 a 2000. Entre 1950 até a metade da década de 80 os Estados Unidos dominavam a produção dos elementos (Era dos carbonatitos de Mountain Pass). Desde então os chineses ocupam quase toda produção, em minério laterítico, e colocam em discussão esse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

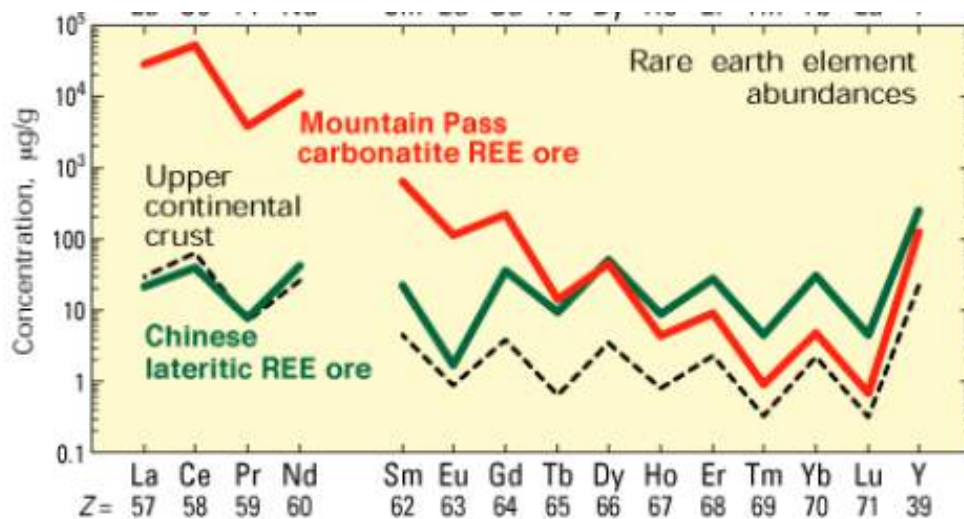


Figura 5.5 - Padrão de abundância dos Elementos Terras Raras, mostrando um leve enriquecimento de terras raras pesados nos depósitos lateríticos chineses em relação ao carbonatito de Mountain Pass e a crosta continental superior. (Fonte: U.S. Geological Survey ,2010). Note que a escala vertical está 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, lantânio, 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 Chineses 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	16,845	5,978	1,768	7,746
Investidores Locais	15,043	18,257	33,3	16,305	6,208	22,513
Total	21,728	28,417	50,145	22,283	7,976	30,259

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 significativamente 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	0.066%	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 metalogênia, 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 gnaiss metassomatizado enriquece em ETRP mais até que o aplogranito. Na Figura 5.7 o padrão de terras raras pesados do biotita-anfibólio gnaiss 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>	Calcicalcalinos	Félsico com $SiO_2 > 70\%$ .	$K_2O + Na_2O > Al_2O_3$ .
<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 anfibólio 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 tardi-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 susceptível a modificações para atender as características peculiares dos depósitos minerais brasileiros.

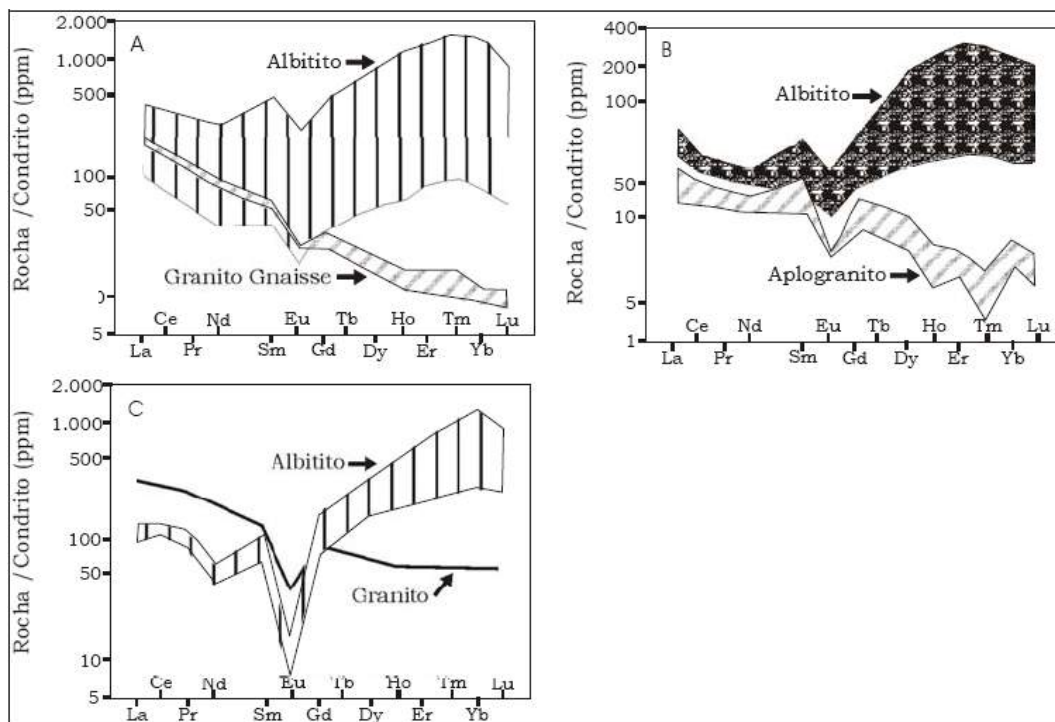


Figura 5.6 - Dados geoquímicos para o granito-gnaiss (contato entre os gnaisses bandados e os microgranitos intrusivos) do depósito de U-ETR de São José de Espinharas (A); para o aplogranito (epissienito) (B) (modificado de Silveira et al. 1986) e para o stock de Ghurayyah, na Arábia Saudita, referentes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

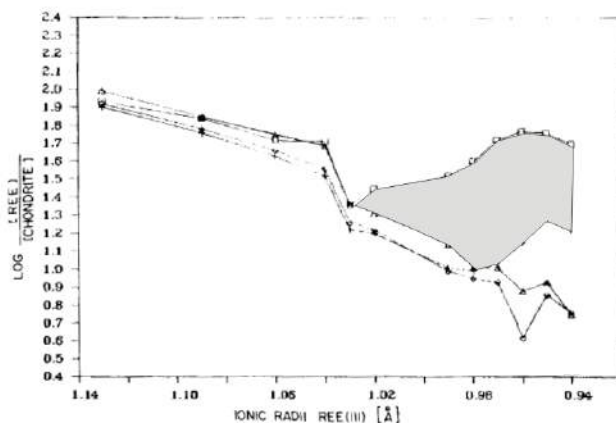


Figura 5.7 – Dado geoquímico de ETR para a série de transição do biotita-anfibólio gnaiss mineralizado (U = 755 ppm) a não mineralizado (U = 3-27 ppm), onde a região cinza mostra forte enriquecimento em terras raras pesadas, a partir do Eu, adaptado de Porto da Silveira (1991).

Item	Tipo de Transformação com Refusão Crustal (Tipo RC)	Tipo Transformação Metamórfica-Metassomática em Crosta Dominante (Tipo MM)
Distribuição espacial	Áreas continentais.	Areal continentais, intrusões multicíclicas.
Rochas ígneas associadas	Granitos tardios ou pós orogênicos, ácidos, sem vulcanismo com agmático.	Granitos migmatíticos, com andetina, sillimanita, cordierita, granada, aimandina, hiperstênio
K-Feldspato	Microclina intermediária a máxima.	Microclina máxima.
Biotita	Fe-biotita, siderofilita-annita	Fe-biotita, siderofilita-anniu.
Acessórios	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. $Eu/Eu^* - 0,6$ .
$Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$	> 1.	> 1.
$Na_2O/K_2O$	0,4 - 1,27	0,4 - 1,27
$K/(K+Na)$	0,5	0,22 - 0,55
$K_2O+Na_2O/Al_2O_3$	0,8	0,8
$Fe^{3+}/Fe^{2+} + Fe^{3+}$	0,3	0,13 - 0,39
Depósitos	W, $TR(\sum Ce > \sum Y) \rightarrow U$	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 pórfiro - diques de diabásio porfiro	Quartzodiorito - granodiorito - monzogranito
Volatil 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 SONDAAGEM 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 porfírico 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 susceptível 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 aplogranítico 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, descontínua 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 brasileiro, 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-monzogranitos
			Mesocratica fina	Ortognaisse ricos em hornblenda e biotita
			Mesocrática média a grossa	Derivados de granitos - granodioritos
			Mesocrática milonitizada	Microporfírica de textura média
Suíte ortoderivada	Tardi - paleoproterozoico	Augen gnaisses	Milonitizado	Porfiroclásticos - ultramilonitizado
			Leucocratico	Cortado por zonas de cisalhamento brasileiro
			Anfibolítico medios a grossos	Idem porém mais máfico
			Anfibolíticos grossos a porfiritico	Sheets ricos em anfibólios
Intrusivas	tardi tectônica	Episienitos/Albitito	Sheets metassomatizado / minério de U - ETR	Sheets metassomatizado / minério de U - ETR
			Anfibolíticos albitizados	Metassomático mineralizado com U
				Diques e soleiras cinza equigranular.
			Calcio Alcalina	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).



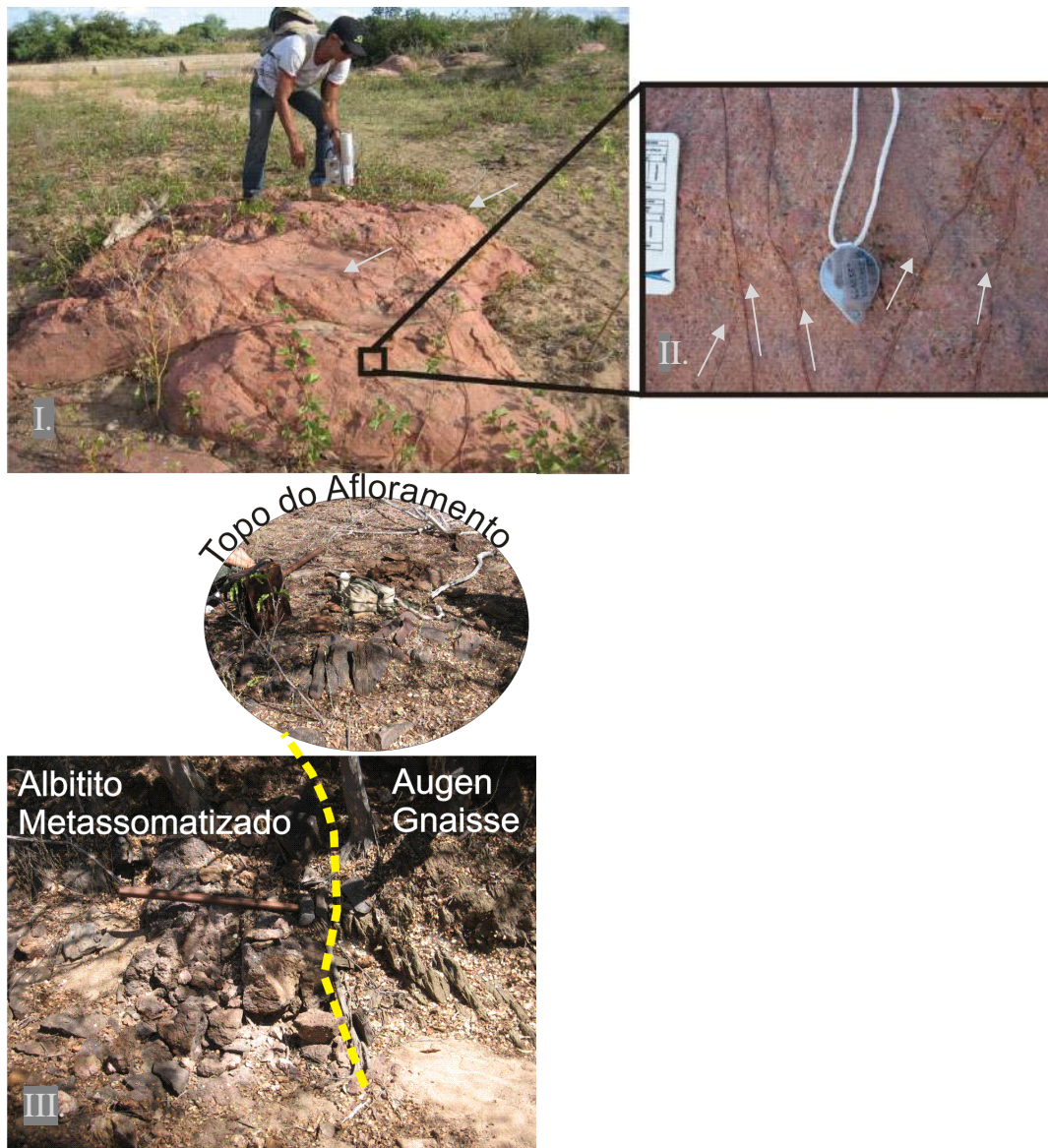


Figura 5.8- (I) Albititos intrusivos, fraturados, no corpo mineralizado da cidade de São José de Espinharas ( Mapa da Crusader do Brasil Mineração, Anexo 1) com intrusões pegmatíticas de baixo ângulo (setas cinzas) e (II) detalhe de fraturas metassomatizadas (setas cinzas); em (III) afloramento no prospecto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

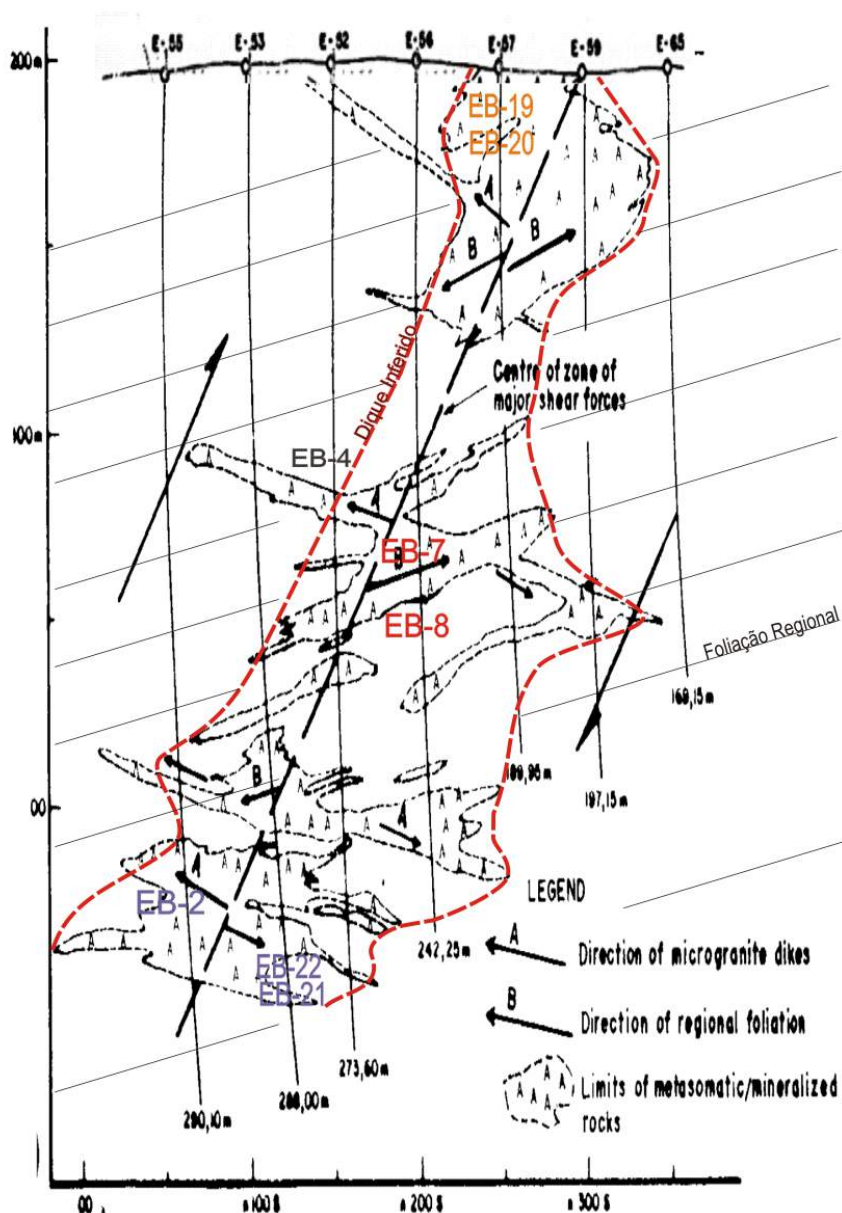


Figura 5.9 – Modelagem do controle de mineralização, com contorno do dique inferido cortando a foliação regional e esforços tectônicos que geraram uma zona principal de deformação. As amostras plotadas fazem parte dos alvos de estudos, coletadas em profundidade, sendo a EB-2 a amostra representativa 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 máficos, 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 urânio.

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 – Gnaiss 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 – Albitito mineralizado com concentrações anômalas de urânio e veio de quartzo truncado. Furo de sondagem EBH-3 a 172 m. Depósito São José de Espinharas – PB.

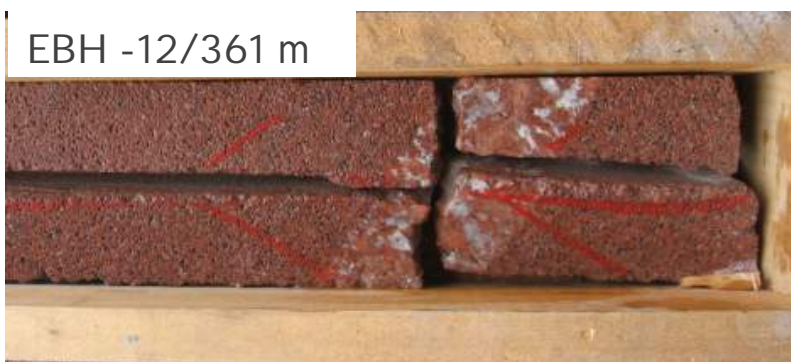


Figura 6.5 – Albitito cortado por dique pegmatítico, onde os minerais brancos são carbonatos (dolomita) e feldspatos estão alterados para cor vermelha quando sofrem sericitização e hematização. A amostra EBH-12 está a 361m do solo. O metassomatismo modificou toda a textura da rocha primária do depósito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



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



Figura 6.7- Albitito 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 gnaiss albitizado, quando ocorre com coloração vermelha, apresenta teor médio de U maior que os albititos 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 gnaiss albitizado, 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 vuggs, hematização, sericitização e saussuritização intensa).

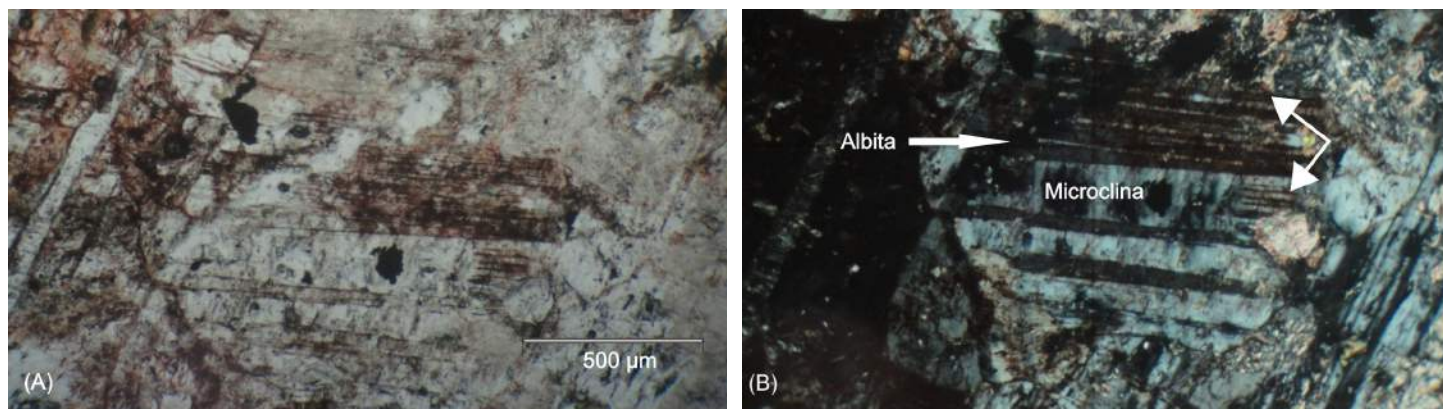


Figura 6.8 Fotomicrografia mostrando (A) albitização ocorrendo na troca de feldspato potássico (microclina) para sódico (albita) com saussuritização posterior atingido seletivamente a albita (carbonato + epidoto + sericita). (B) mesma imagem com nicóis cruzados. Amostra EBH-1 EB-2. (Objetiva 4x/0,25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

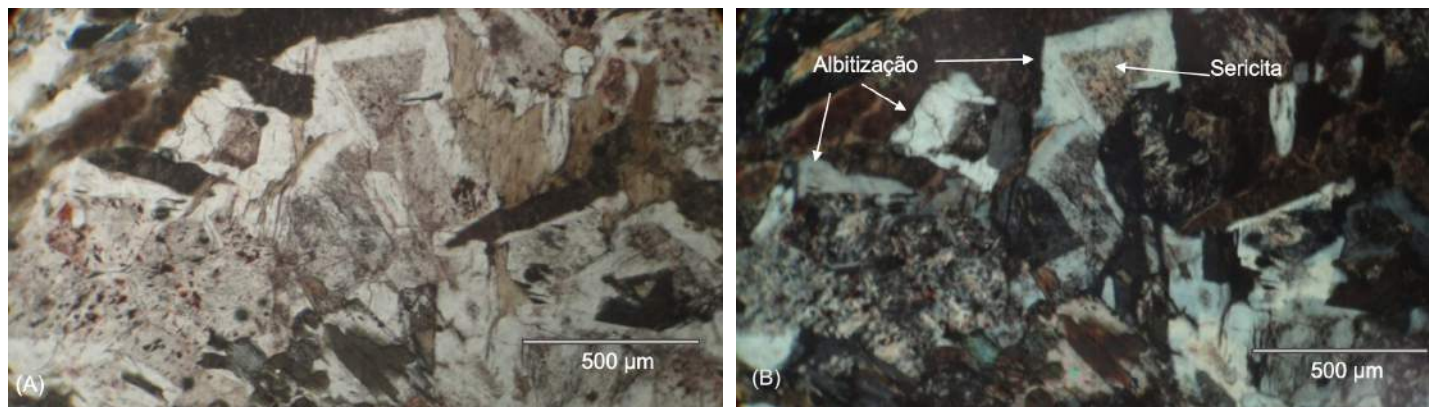


Figura 6.9.-(A) Microclina intensamente sericitizada com coroa de recristalização composta por albita. (B) Detalhe da albitização e sericitização em nicóis cruzados . Leica (Obj. 4x/0,25 P).

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-arfvedsonita, 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 quartzo 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.

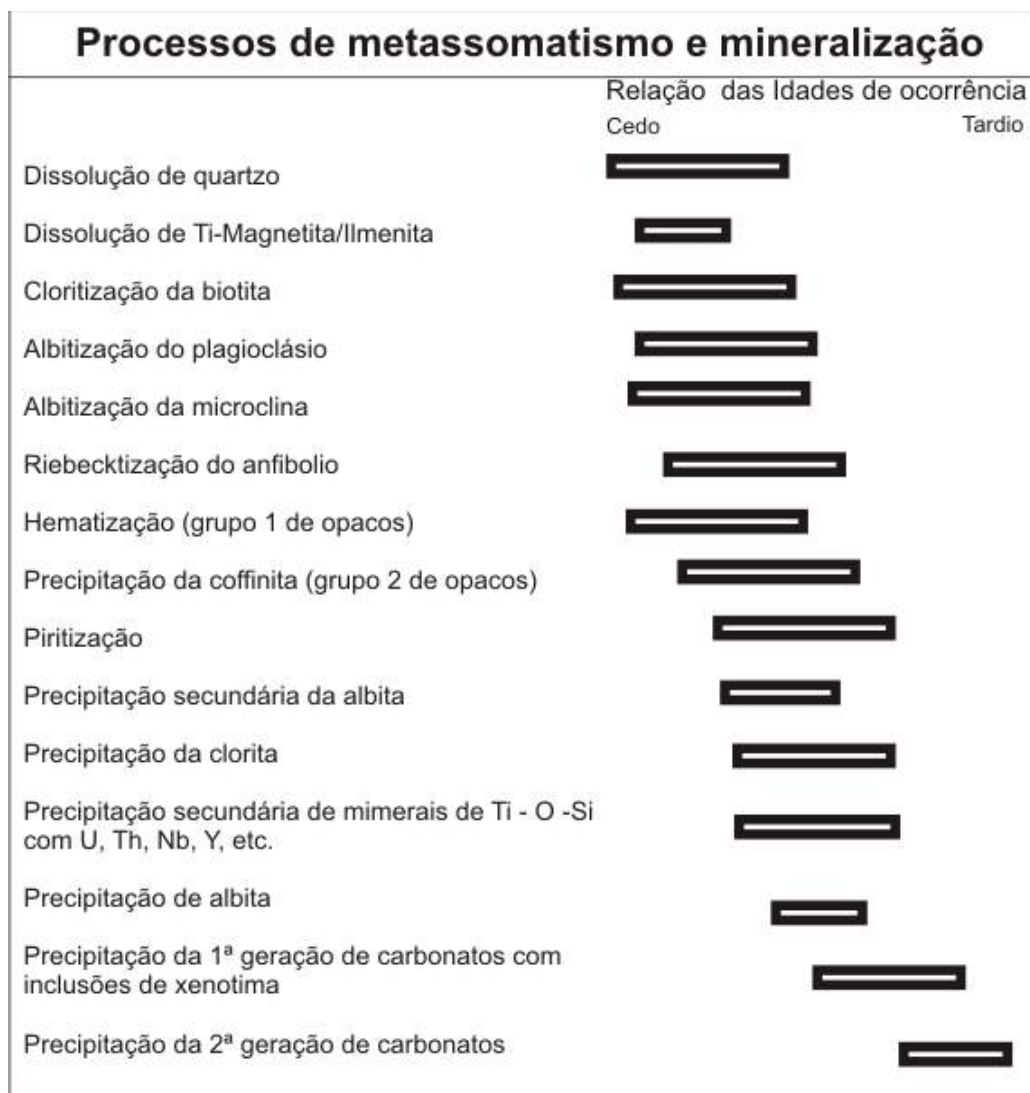


Tabela 6.2- Principais processos de metassomatismo associada a mineralização com o timing das ocorrências entre elas no depósito de São José de Espinharas. O grupo 1 de minerais opacos engloba a magnetita e o grupo 2, as uraninitas e coffinita. Estabelecido por Porto Silveira (1991).

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 sincrônicas 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 essenciais na formação de outros minerais secundários (riebeckita-arfvedsonita). 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).



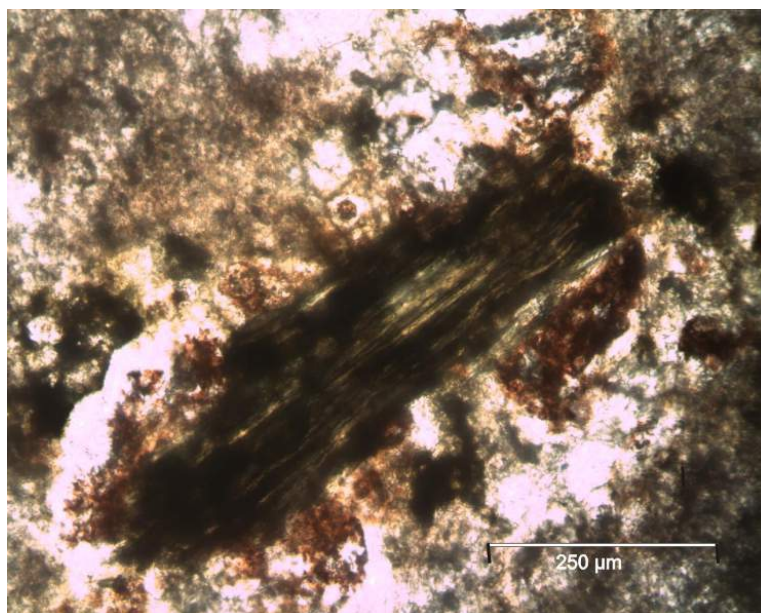


Figura 6.10 – Biotita alterando para clorita (esverdeadas e opacas). Esta reação pode ser a fonte de Fe para formação de óxidos (minerais opacos). Nicóis paralelos, amostra EB20, furo EBH-57.

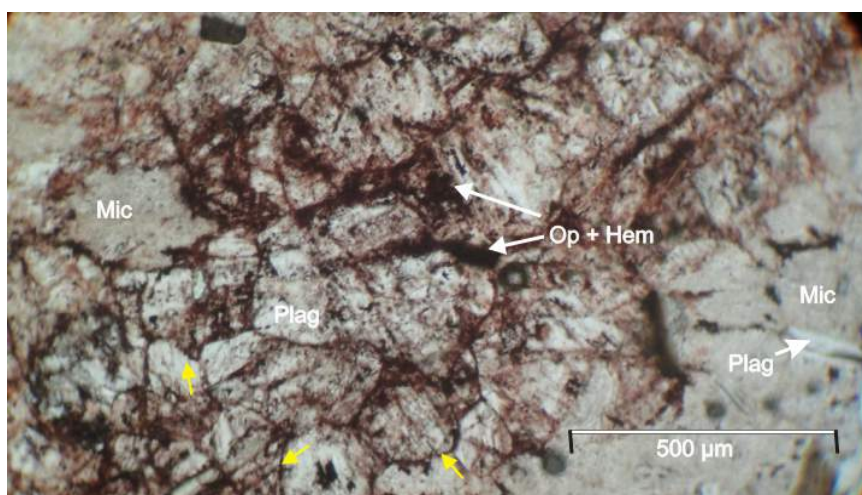


Figura 6.11– Hematização (Hem - oxidação da magnetita) minerais opacos (Op) nos interstícios de feldspatos e em clivagens (setas amarelas), de plagioclásio (Plag) na maioria, com outros minerais opacos associados. Ainda é possível ver Microclina (Mic) zonada por albita recristalizada. Augen gnaiss anfibolítico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



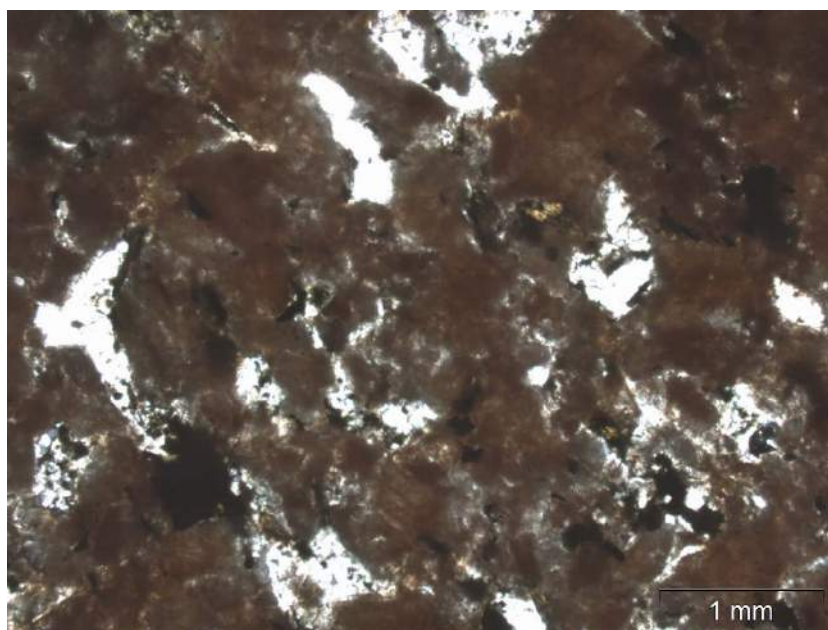


Figura 6.12 – Hematização pervasiva nos feldspatos alcalinos, com formação de minerais opacos (magnetita ou pirita) nos interstícios. Piritização ocorre subordinadamente dentre os minerais opacos. Furo EBH-53, amostra EB 21 a 262 metros do solo.

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 metassomatismo 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).

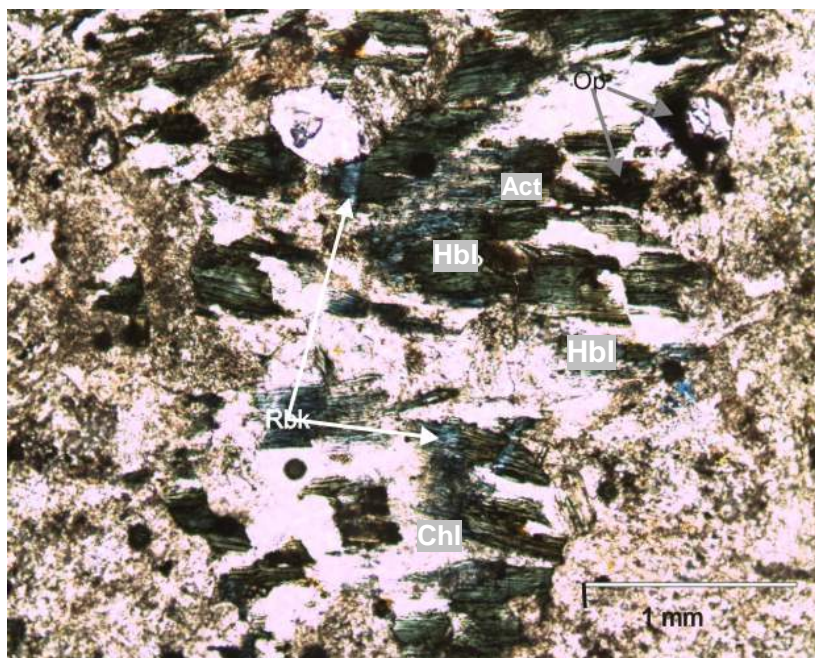


Figura 6.13 – Fotomicrografia mostrando a hornblenda (Hbl) sofrendo transformação com formação de riebeckita–arfvedsonita (Rbk) e alteração por inclusão de minerais opacos (Op), preferencialmente desenvolvidas nas bordas dos cristais. Nicóis paralelos e aumento de 10x.

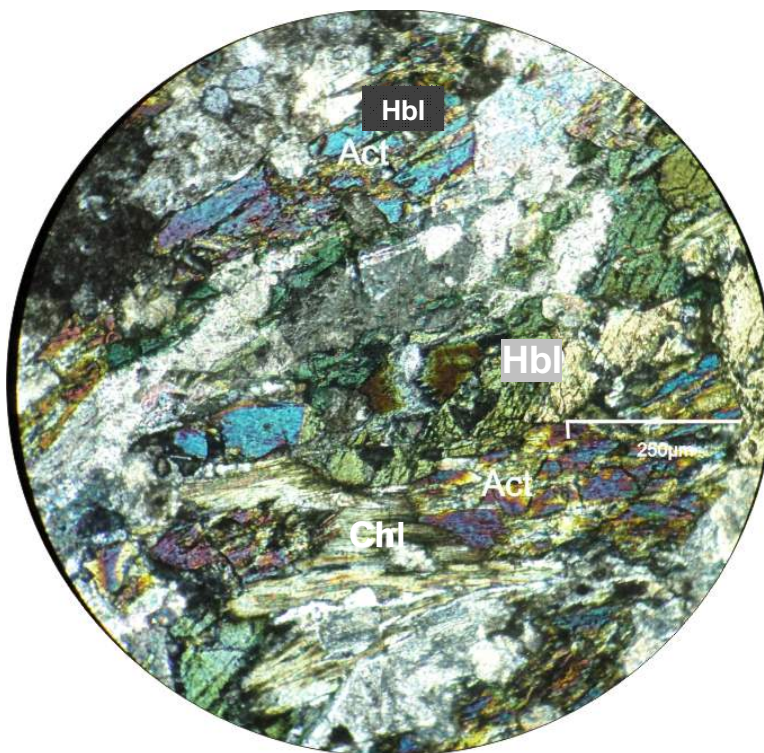


Figura 6.14 - Hornblenda actinolitizada (Act) com alta birrefringência e alteração da hornblenda( Hbl) para clorita (Chl), minerais fibrosos nas bordas do cristal. Amostra EB-16, furo EBH-19.

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 cálcicos, 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 estudadas, um mineral secundário comum a zonas de alteração hidrotermal atribuídos 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).



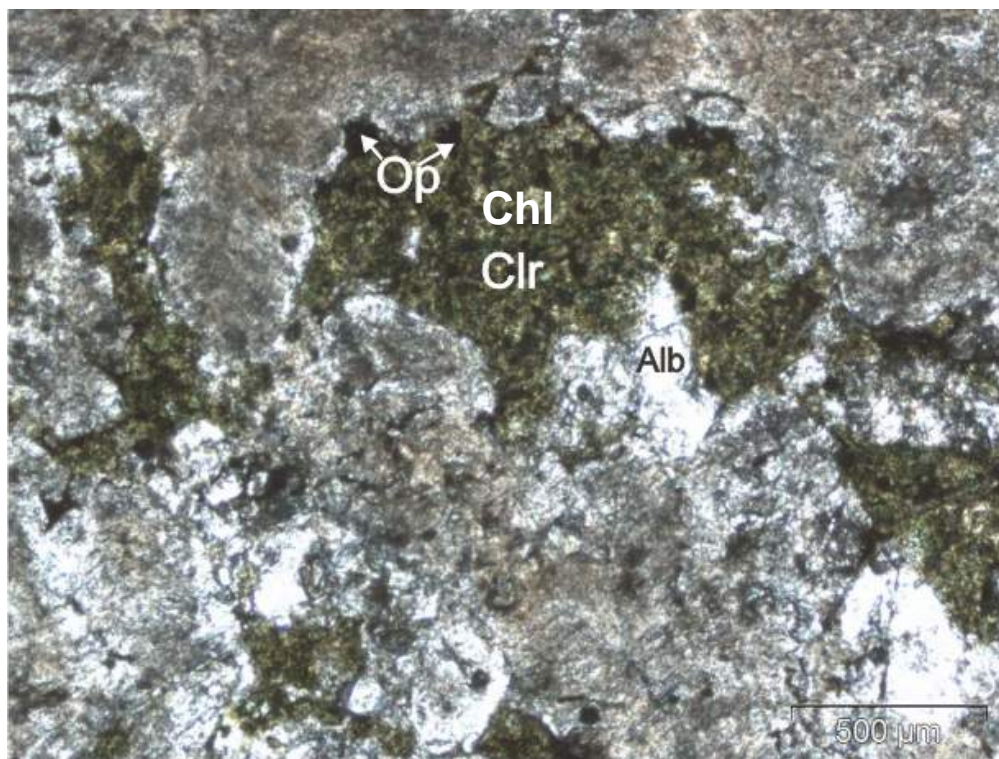


Figura 6.15 – Fotomicrografia mostrando clorita (Chl) associada albitas tardias (Ab) e minerais opacos (Op), ambos cristalizados como massa microcristalina nos interstícios dos feldspatos alcalinos albitizados com hematita associada. Furo EBH-56, amostra EB-7. Nicóis Paralelos, Aumento de 40X.

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-arfvedsonita 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 máficas 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).

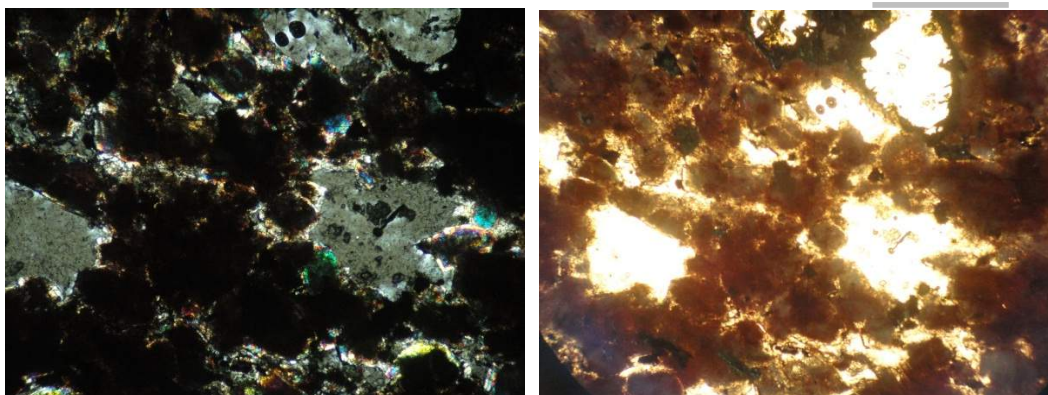


Figura 6.16 - Massa de feldspatos albiticos com inclusões de óxidos de Fe e Mn associados. Sob nicóis cruzados, à esquerda, os feldspatos são escuros. À direita, sob luz transmitida, os feldspatos mostram aspecto fosco e nebuloso, dado pelas inclusões de óxidos de Fe e Mn. Todos espaços entre os cristais (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 urânio (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).

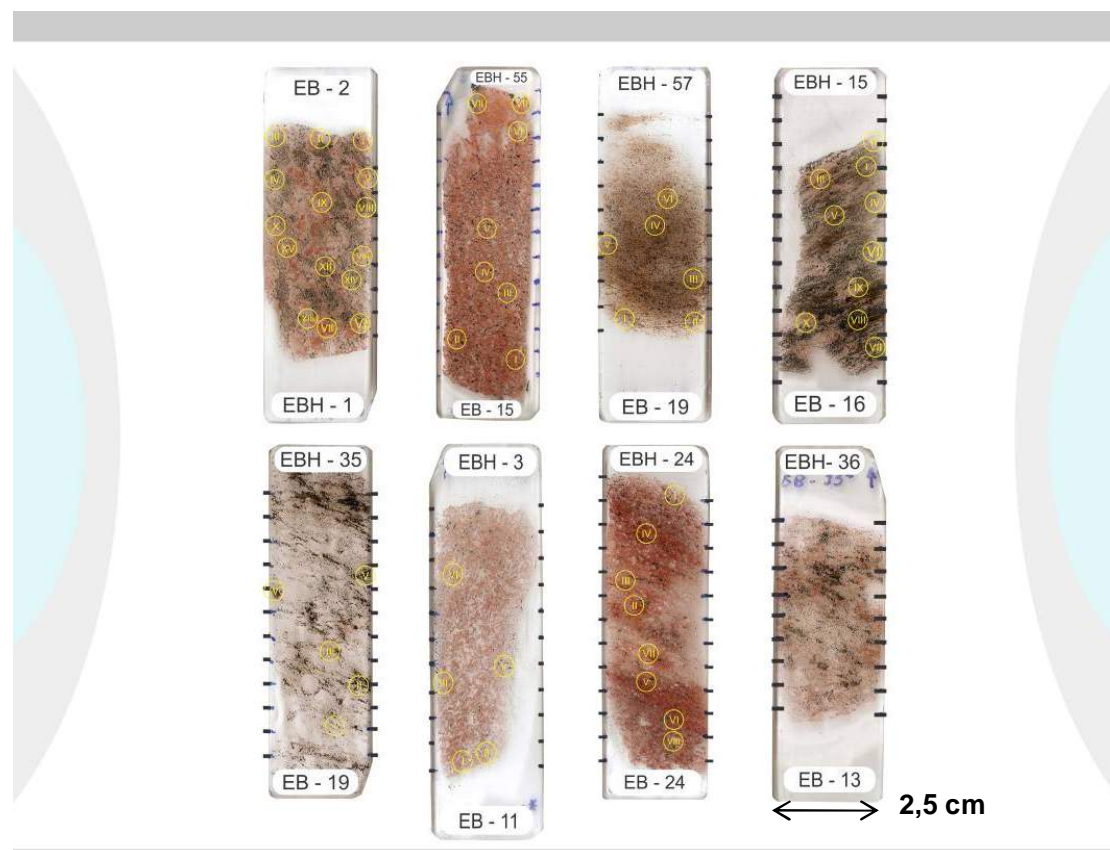


Figura 6.17 – Imagem das lâminas delgadas polidas estudadas e detalhadamente para a seleção de minerais para o estudo de química mineral. São 8 lâminas no total, onde foram descritas mais de 40 áreas (círculos amarelos) contendo fases minerais potencialmente hospedeira de U. A amostra representativa 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 gnaiss albitizado, que teve das 15 áreas estudadas, duas usadas para detalhamento e análises qualitativas por MEV-WDS.



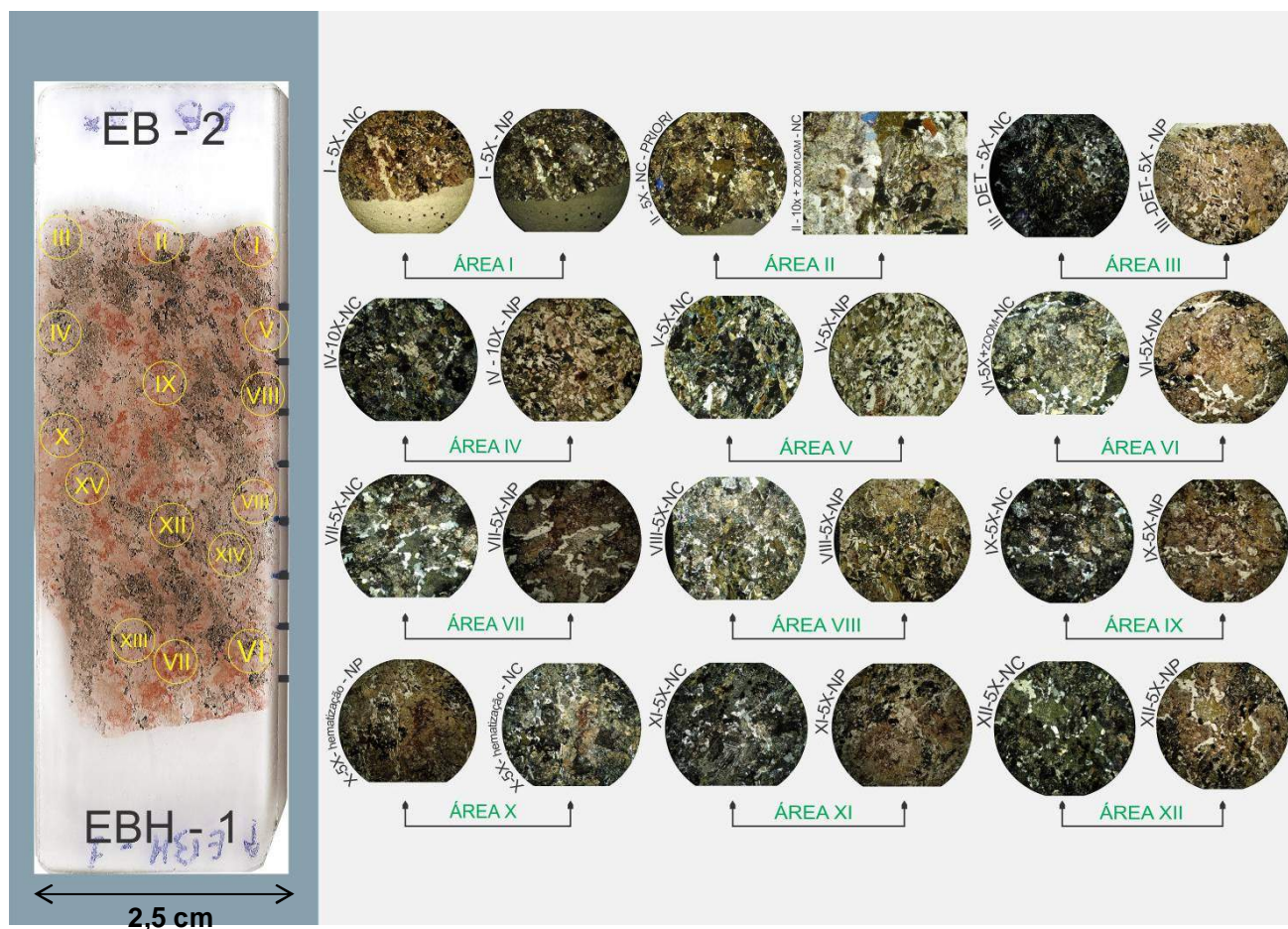


Figura 6.18 - Imagem da amostra gnáissica EB-2 contendo 1.354 ppm de U e representa a maior quantidade desse elemento nas amostras dos furos de sondagem estudados. Foram selecionadas 15 áreas de interesses (círculos amarelos), considerados alvos para possíveis fases minerais portadoras de U-ETR. As imagens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



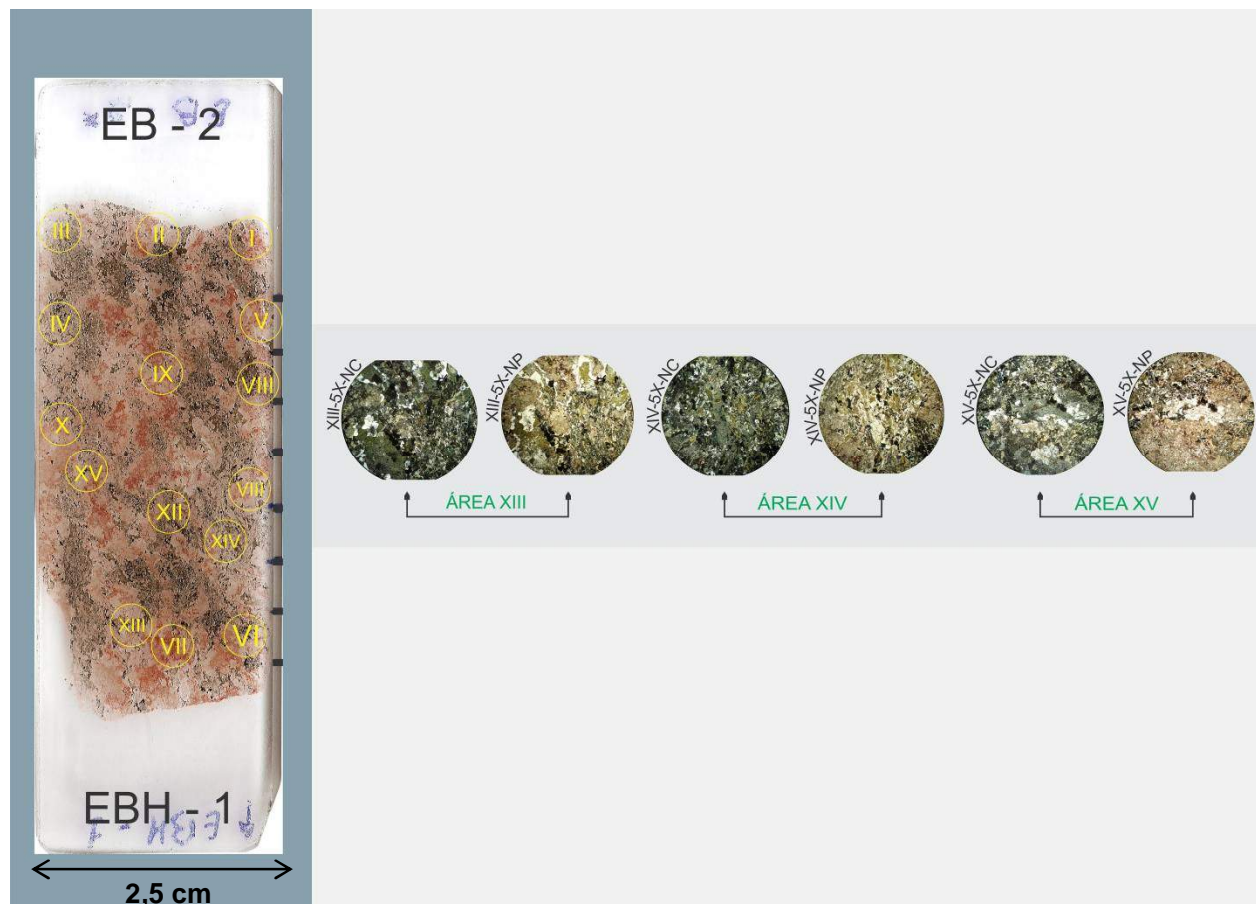


Figura 6.19 - Imagem da amostra gnáissica EB-2 contendo 1.354 ppm de U e representa a maior quantidade desse elemento nas amostras dos furos de sondagem estudados. Foram selecionadas 15 áreas de interesses (círculos amarelos), considerados alvos para possíveis fases minerais portadoras de U-ETR. As imagens 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	-0,1	-0,2	-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	0,1	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 albitização e sericitização dos plagioclásios e feldspatos alcalinos, respectivamente, com distintas texturas: um com sericitização, ocupando maior porção da seção, e outros cristais recristalizados de albita, onde os plagioclásio apresentam contatos em 120° (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 - manganésífera 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 coфинita, 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.

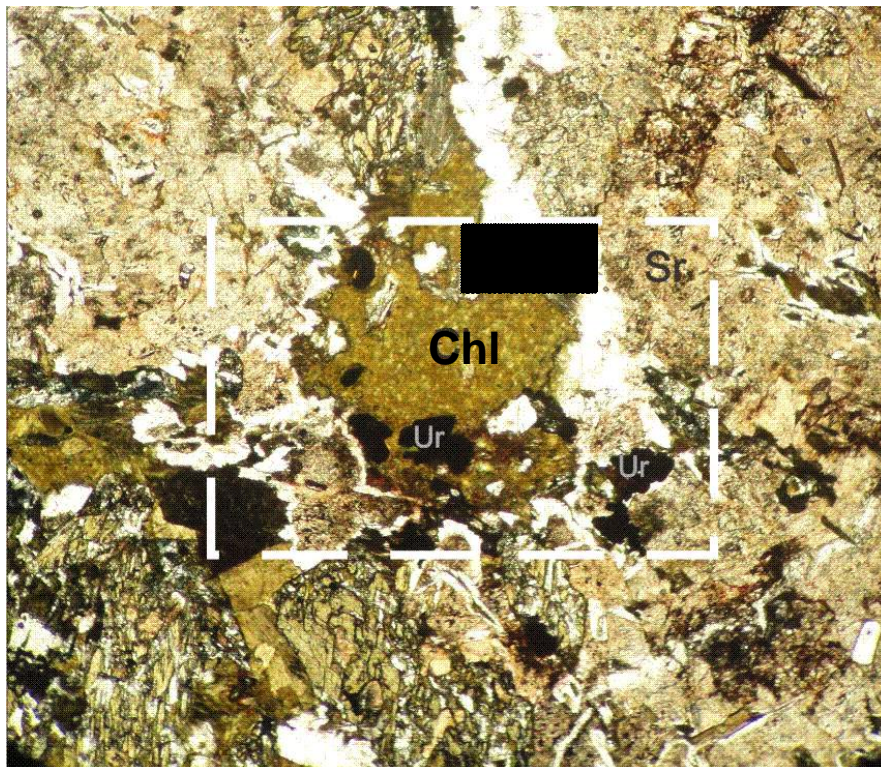


Figura 6.20 – Fotomicrografia mostrando detalhe da Área 1 da Amostra EBH1-EB2, onde são observados os minerais envolvidos nas análises químicas qualitativas por MEV-WDS. Abreviaturas: Ab albita, Chl clorita, Sr sericita, Ur – uraninita.



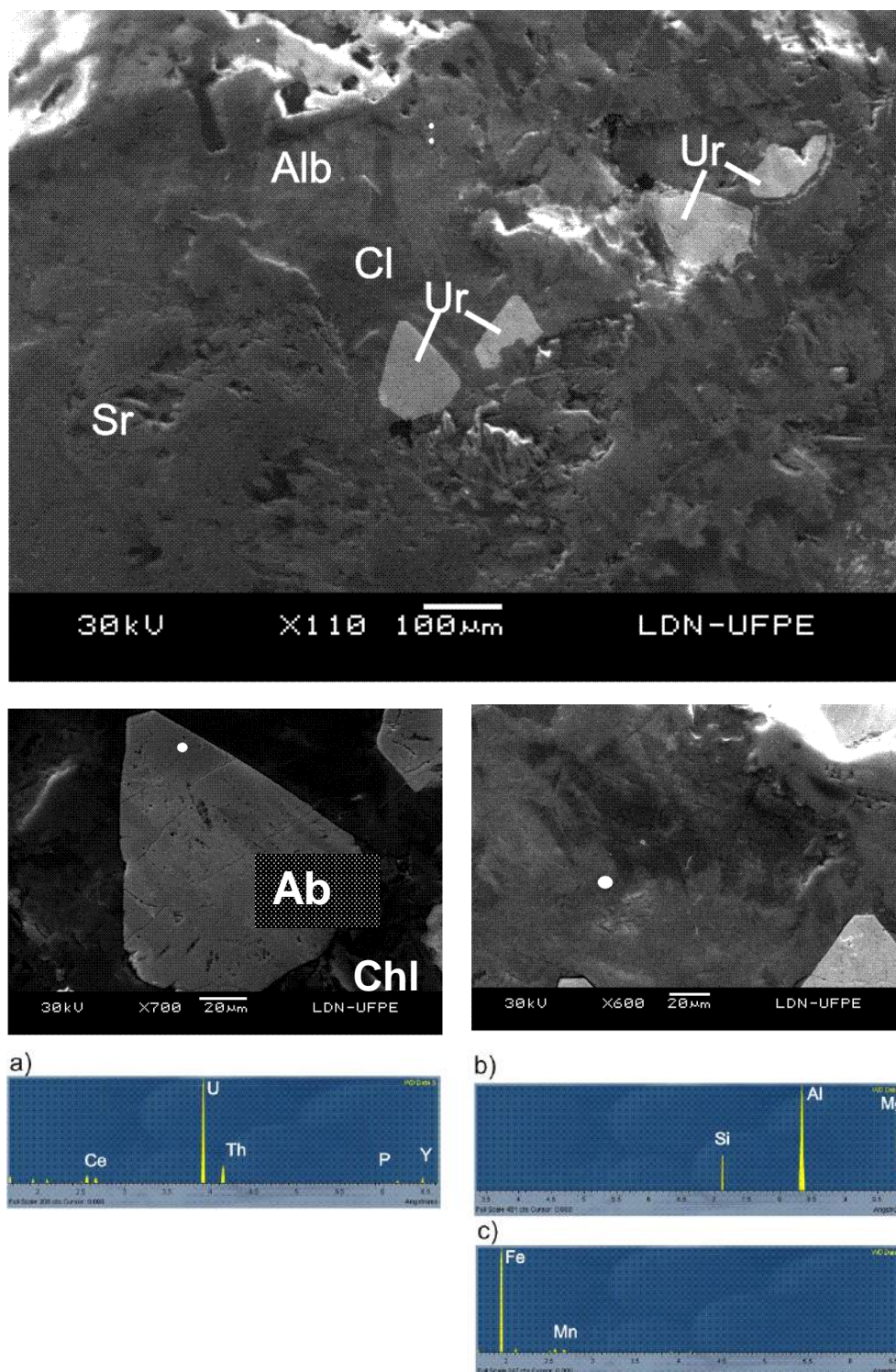


Figura 6.21 – Imagens no MEV da Área 1 (Amostra EBH1-EB2) investigada com os respectivos espectros qualitativos MEV-WDS das análises químicas nos pontos 1 e 2. O Ponto 1 o espectro (a) mostra os elementos  $U > Th > Y > Ce > P$  que foram detectados. O Ponto 2 com os dois espectros abaixo (b) e (c),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

Na Área 13, da amostra EBH1-EB2, uma massa rica em clorita (esverdeada) está disseminada sobre feldspatos de albita recristalizados e minerais opacos nas bordas (Figura 6.22). A saussuritização atinge as albitas, 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.

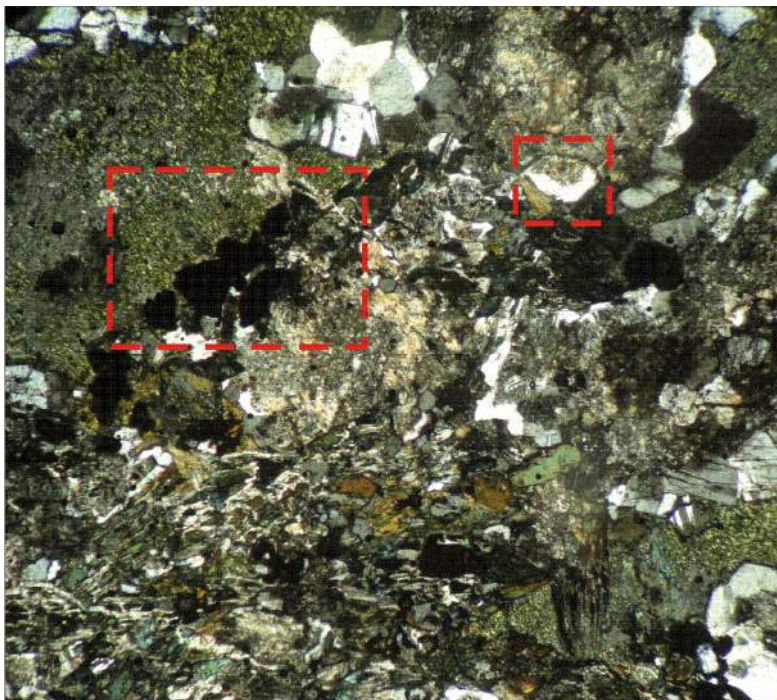


Figura 6.22 – Fotomicrografia mostrando detalhe da Área 13 da Amostra EBH1-EB2, onde são observados os minerais opacos nas bordas de feldspatos recristalizados com clorita, envolvidos nas análises químicas qualitativas por MEV-WDS. O retângulo da esquerda, onde foram analisados os minerais opacos, possivelmente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

Na Figura 6.23, as áreas de investigação contemplaram os minerais opacos e os feldspatos zonados por albitas 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 albitas tardias, como mostra a Figura 6.24



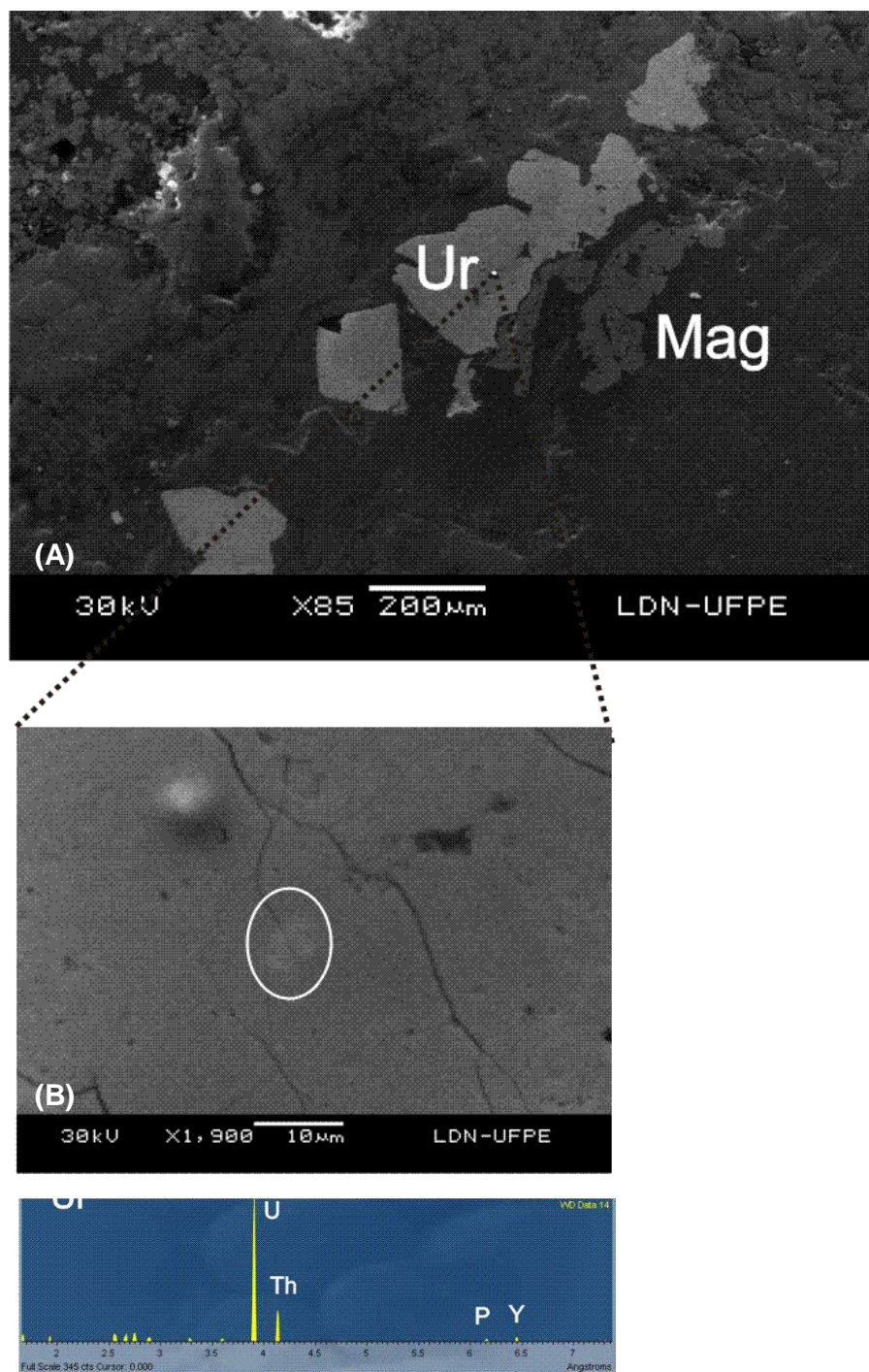


Figura 6.23 – Imagens detalhadas em MEV da Área 13, do retângulo onde foram analisados os minerais opacos (Amostra EBH1-EB2) investigada com espectros qualitativos MEV-WDS. Ur- Uraninita, Mag – Magnetita. (A) Os minerais opacos constituem dois grupos de minerais associados, um mais claro e outro mais 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).

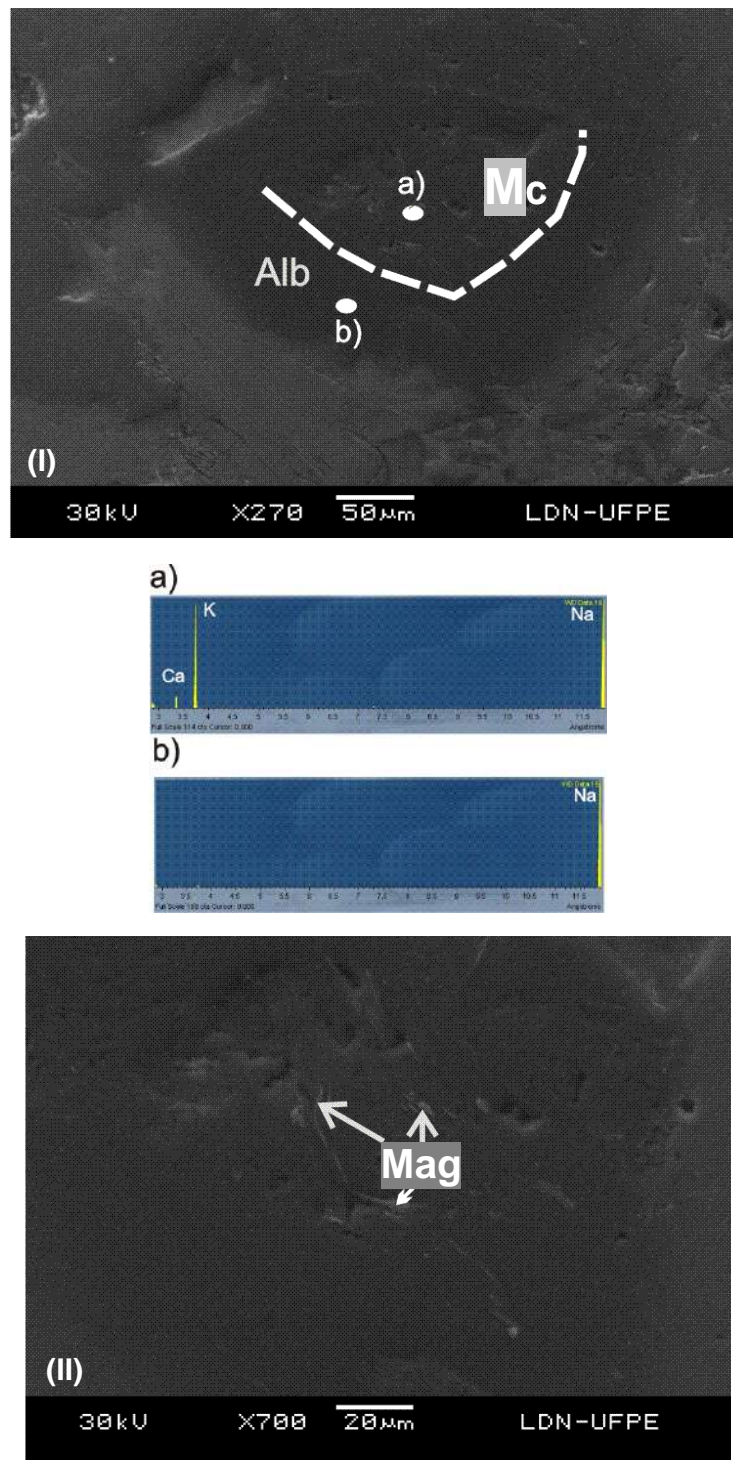


Figura 6.24. A investigação do feldspato zonado comprova a albitização, onde o núcleo tem composição de microclina (Mc) e a borda de albita (Ab) (I). No núcleo de microclina sericitizado há várias inclusões de magnetita (Mag) (II).



## **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, hematizado-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 albitizados 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 gnaiss 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 gnaiss 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 significativo 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 gnaiss 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 gnáissicos.

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 sienitóides), de uma intrusão tardia pós-brasileira 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 gnaiss, 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 <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra, <sup>222</sup>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 experimentale 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 metalogênese: 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 Brasileira/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 granitóides 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. Prospeção e pesquisa de urânio 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.; SHAOL1, 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 ortognaisses e a idade do Grupo Seridó. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11, Natal, 9: p. 253-262.

MOINE, B., 1974. Caracteres de sedimentation et de metamorphisme des series Precambriennes epizonales a Catazonales du Centre de Madagascar ( region d'Ambatofinandrahana, Sci Terre 31.

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

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

PORTO 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.

PORTO 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

metallo-genetic 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. nº: 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 litho-geochemistry 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.

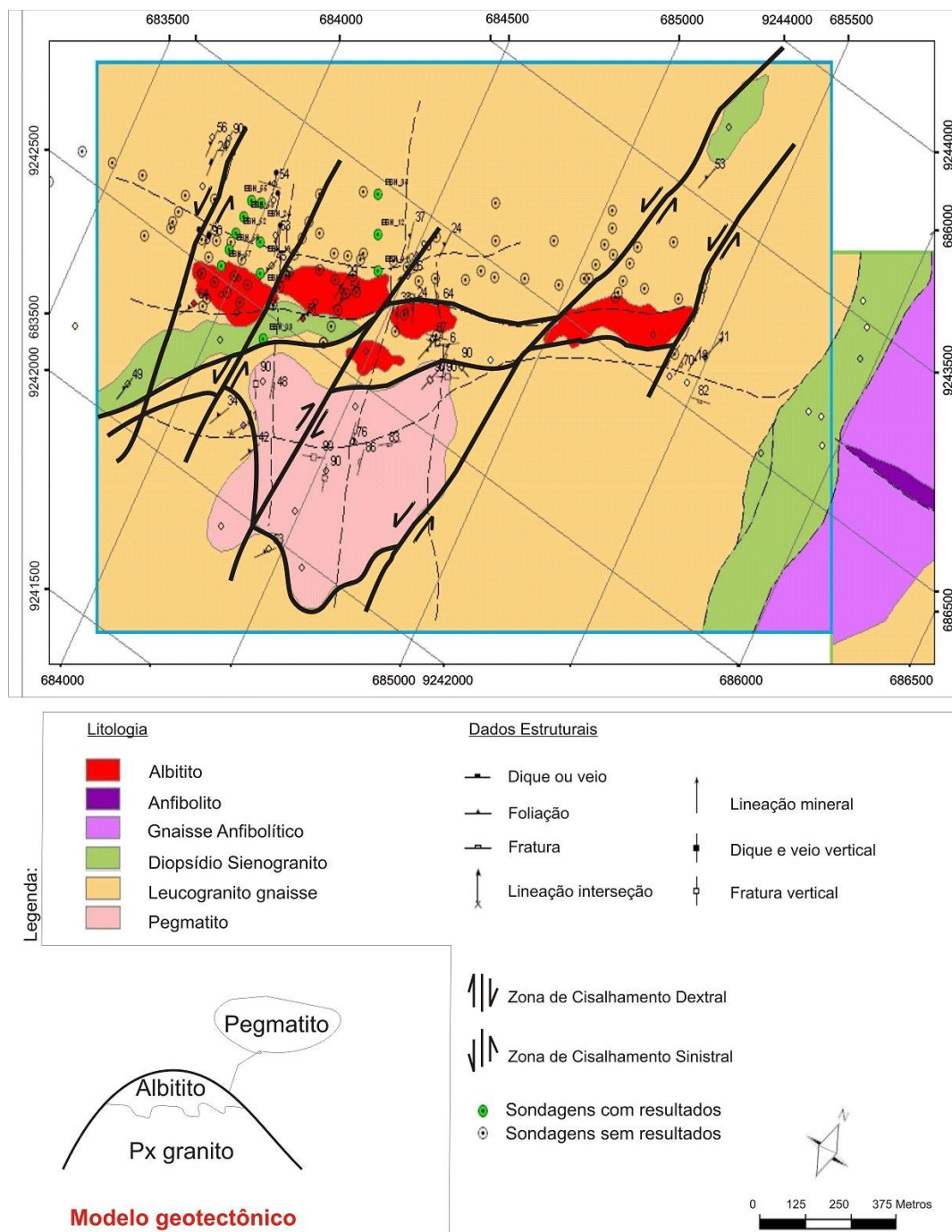
## **ANEXO 1**

---

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

---

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

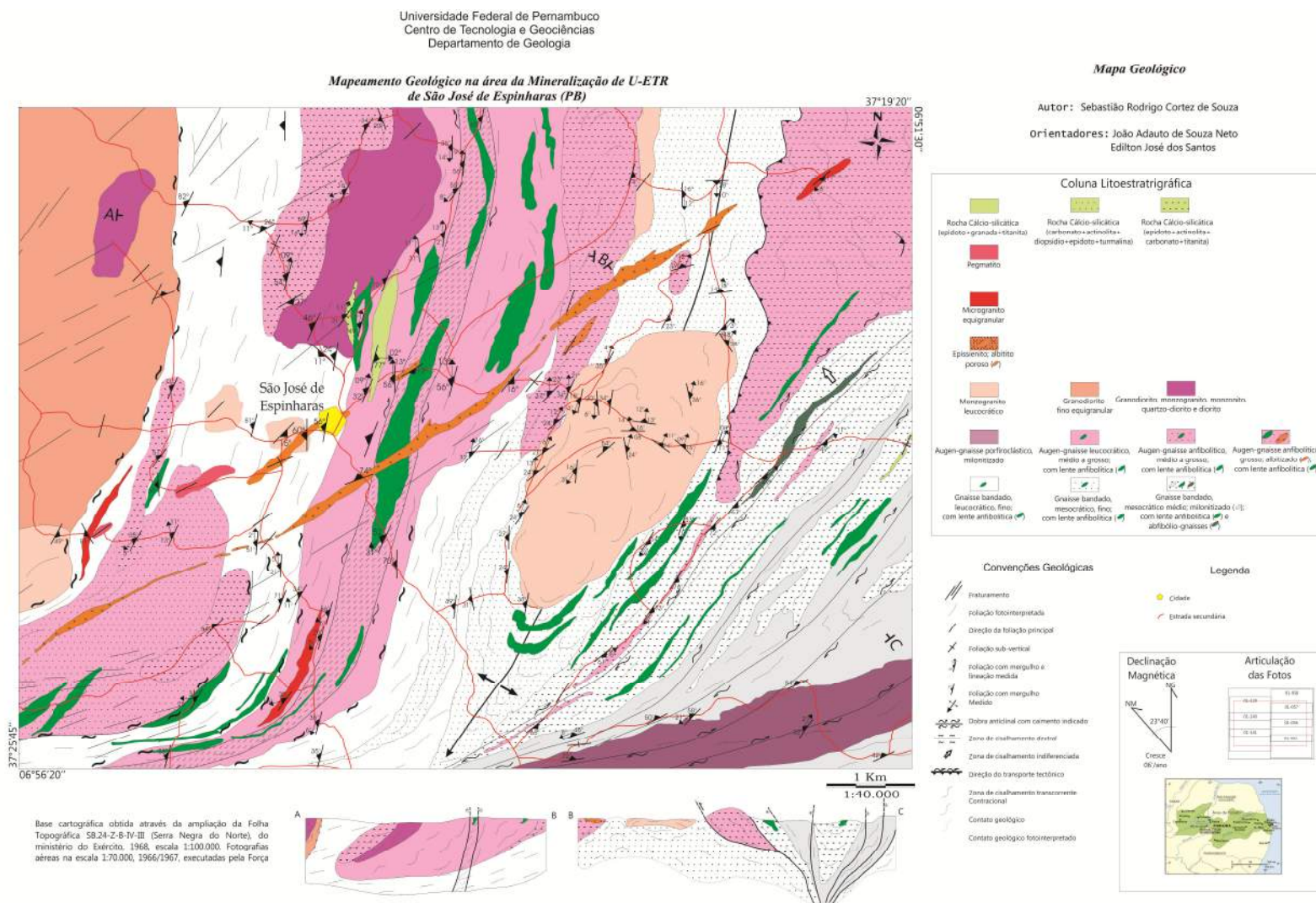


## **ANEXO 2**

---

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

---



## **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**

---

Id do Furo: EBH - 03											
Coordenadas UTM:											
Profundidade: 217,9      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	Alb+K-f+Qz		275-294		Branco			Pegmatito maciço
4,7	9,2	4,5	Leucognaisse	Qz+Pag+K-f+Bt	Intemp.	246-271		Cinza			Alterado- Bandado
9,2	11,23	2,03	Pegmatito	Qz+Plag+K-f	Fresco	260-300		Róseo			Maciço
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	Qz+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.											



Id do Furo: <b>EBH - 01</b> Coordenadas UTM: Profundidade: <b>279,05</b> Angulo      Background : 340-380											
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutural/ Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
0	0,4	0,4	0,4 solo vermelho	oxidado	Intemperizado	350-365		Vermelho			Solo vermelho
0,4	0,5	0,1	0,1 solo amarelo	oxidado	Intemperizado	340-376		Amarelo			Solo amarelo
0,5	1,88	1,38	Pegmatito	Plag + Qz	Oxidado	350-390		Branco			Pegmatito qtz-feldspático
1,88	12,5	10,62	Areia	Plag + Qz	Alterado	320-346		Cinza			Pó
12,5	13,02	0,52	anf-gnaissse	Qz+feld+Biot+Anf	Alterado	312-340		Cinza Esc			Bastante Friável
13,02	35,2	22,18	anf-gnaissse	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-gnaissse	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	320-360		Branco			Bandado - Compacto
66,45	88,45	22	gnaissse/albitito		Compactado	1000-1200		Róseo			Compacto
88,45	94,3	5,85									
94,3	96,27	1,97	gnaissse/albitito		Albitização	520-590		Róseo			Compacto(Fragmentado) = Fraturas
96,27	101,39	5,12									
101,39	108,3	6,91	gnaissse/albitito		Albitização	925-1300		Róseo			Compacto
108,3	114,6	6,3	gnaissse alterado		Alterado	350-400		Cinza			Fragmentado/Alterado
114,6	115,8	1,2	gnaissse/albitito		Albitização	1200-1290		Róseo			Compacto
115,8	131,8	16	Albitito		Albitização	730-850		Róseo			Porosidade Média
131,8	136,52	4,72	gnaissse/albitito		Albitização	1000-1090		Róseo			Compacto
136,52	139,4	2,88	Albitito		Albitização	1220-1250		Róseo			Compacto
139,4	151,35	11,95	gnaissse/albitito		Albitização	1200-1260		Róseo			Bandado - Compacto
151,35	158,75	7,4	albitito / gnaissse		Albitização	1140-1200		Róseo			Compacto_ Porosidade
158,75	209,55	50,8	anf-gnaissse	Anfibolítico	Fresco	320-360		Cinza Esc			Bandado - Compacto / Metalotecto ?
209,55	210,85	1,3	Gnaissse félsico		Fresco	340-380		Branco			Compacto
210,85	254,55	43,7	anf-gnaissse	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-gnaissse	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	320-350		Cinza			Bandado - Compacto
260,7	261,4	0,7	anf-gnaissse	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	300-320		Cinza			Bandado - Compacto
261,4	267,3	5,9	anf-gnaissse	Qz+feld+Biot+Anf	Fresco	300-320		Cinza			Compacto
267,3	279,05	11,75	anf-gnaissse	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											
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutural a/Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
0,00	6,25	6,25	Solo Areia	Qz+Felds+Bt+Anf	Intemp	191-210		Marrom			
6,25	6,65	0,40	Veio	Qz+Felds	Fresco	200-280		Branco			
6,65	9,35	2,70	Areia	Máficos	Intemp	156-208		Cinza			
9,35	9,95	0,60	A. Gnaissse	Plag+Anf+Bt	Intemp	189-213		Cinza			Alterada
9,95	87,92	77,97	A. Gnaissse	A. Gnaissse	Fresco	186-220		Cinza			Maciço
87,92	88,72	0,80	A. Gnaissse / Anfib.	Máficos+Plag	Fresco	276-280		Preto			Rocha Máfica Fina / Metabotecto
88,72	103,85	15,13	Granito	Qz+K-f+Anf.	Albitizado	305-330		Branco/Rosa			Rocha Quartzo Feldspatica
103,85	105,87	2,02	A. Gnaissse	Plag+Anf	Fresco	270-292		Cinza			Maciço
105,87	110,78	4,91	Anfibolito		Fresco	253-271		Preto			Maciço
110,78	111,03	0,25	Feldspato Anfibolito	Plag +Anf	Fresco	251-272		Branco			Maciço
111,03	113,00	1,97	A. Gnaissse		Fresco	240-277		Cinza			Maciço
113,00	113,63	0,63	A. Gnaissse	Anf+Plag	Fresco	220-247		Cinza			Bandada e Maciça
113,63	114,33	0,70	Anfibolito	Anf+Plag	Fresco	242-278		Preto			Maciço
114,33	115,55	1,22	A. Gnaissse	Anf+Plag	Fresco	234-245		Cinza			Bandada e Maciça
115,55	118,55	3,00	Anfibolito	Anf+Plag	Fresco	230-255		Cinza			Maciço
118,55	127,98	9,43	A. Gnaissse	Anf+Plag	Fresco	229-235		Cinza			Bandada e Maciça
127,98	132,17	4,19	A. Gnaissse	Máficos finos	Fresco	239-264		Cinza			Maciço Fino e l. deformação
132,17	132,65	0,48	Microgranito	Qz Feldspatico	Fresco	272-298		Róseo			Maciço sem deformação
132,65	133,70	1,05	A. Gnaissse			243-284		Cinza			Bandada e Maciça
133,70	135,35	1,65	Microgranito	Qz+Felds Máficos		327-356		Róseo			Maciço Felsico
135,35	140,00	4,65	Gnaissse Albitizado		Albitizado	370-388		Cinza			Bandada e Maciça
140,00	144,18	4,18	Gnaissse Albitizado		Forte Alb.	430-460		Róseo			Bandada e Maciça
144,18	148,62	4,44									
148,62	154,38	5,76	Gnaissse Albitizado		Albitizado	585-650		Róseo			Bandado e Maciça
154,38	180,95	26,57	A. Gnaissse		Fresco	280-320		Cinza			Bandado e Maciça
180,95	190,00	9,05	A. Gnaissse	Feldspato	Albitizado	390-420		Róseo			Maciço felsico (Plag)
190,00	204,50	14,50	A. Gnaissse		Fresco	288-333		Cinza			Bandado e Maciça
204,50	212,53	8,03	Pegmatito		Fresco	268-276		Róseo/Cinza			Maciço
212,53	233,58	21,05	A. Gnaissse		Fresco	255-270		Cinza			Bandado e Maciça
233,58	235,58	2,00	Pegmatito		Fresco	284-328		Branco			Maciço
235,58	244,27	8,69	A. Gnaissse		Fresco	268-299		Cinza			Bandado e Maciça
244,27	244,70	0,43	Feldspato		Fresco	263-291		Róseo			Maciço
244,70	255,41	10,71	A. Gnaissse		Fresco	234-247		Cinza			Bandado e Maciça
255,41	260,88	5,47	Anfibolito		Fresco	243-274		Cinza/Preto			Maciço e fino - máfico
260,88	261,45	0,57	Pegmatito		Fresco	250-263		Branco/Cinza			Maciço, Bandado - Porfiro de Plagioclás
261,45	291,48	30,03	Gnaissse c/pegmatitos		Fresco	228-252		Cinza			
291,48	291,78	0,30	Pegmatito		Fresco	241-268		Branco			
291,78	295,17	3,39	A. Gnaissse		Fresco	242-267		Cinza			
295,17	296,17	1,00	Pegmatito	Qz+Felds	Fresco	240-260		Róseo			Bandado e Maciço
296,17	298,22	2,05	A. Gnaissse	Plag+Anf	Fresco	230-288		Cinza			Bandado e Maciço
298,22	300,16	1,94	Pegmatito	Qz+Felds	Fresco	234-264		Róseo			Maciço/Fracamente mineralizado
300,16	341,44	41,28	A. Gnaissse	Anf+Plag	Fresco	221-263		Cinza			Bandado e Maciço
341,44	342,10	0,66	Pegmatito	Plag+K-f+Qz	Fresco	247-270		Róseo			Maciço/Fracamente mineralizado
342,10	361,52	19,42	A. Gnaissse	Anf+Plag	Fresco	227-247		Cinza			Bandado e Maciço
361,52	361,83	0,31	Pegmatito	K-f+Plag+Qz	Fresco	265-282		Róseo			Maciço/Fracamente mineralizado
361,83	371,76	9,93	A. Gnaissse		Fresco	235-255		Cinza			
371,76	373,14	1,38	Pegmatito			246-262		Róseo			Fracamente mineralizado
373,14	400,63	27,49	A. Gnaissse			213-225		Cinza			
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.											

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.

Id do Furo: EBH - 13											
Coordenadas UTM:											
Profundidade: 14,40m à 138,39m <span>Angulo background : 340-370cps</span>											
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutural/ Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
14,40	18,88	4,48	Albita gnaissse	Alb+Qz+Biot+Anf		250-270		Branco	Gradativo		Muda espessura de test.
18,88	19,30	0,42	gnaisse	Alb+Qz+Biot+Anf		250-300		Cinza	Gradativo		
19,30	19,67	0,37									Faltando amostra
19,67	22,67	3,00	alteração	Qz+Felds		280-290		Cinza			Muito alterado-areia
22,67	47,10	24,43	gnaisse	Qz+biot+Alb		285-290		Cinza	Brusco		
47,10	52,41	5,31	gnaisse rico em máfico	Qz-Felds-Biot		430-470		Cinza			Cinza Escuro
52,41	55,50	3,09	albitito	Plag+K-f+Qz+Anf	Albitização	530-770		Róseo			
55,50	56,81	1,31									Faltando
56,81	66,90	10,09	gnaisse rico em máfico	Qz-Felds-Biot		470-390		Cinza/Preto	Gradativo		Possivelmente Anfibolito
66,90	68,34	1,44	Albitito	Alb-Qz	Albitização	760		Vermelho	Gradativo		Calcita no granito
68,34	72,41	4,07	gnaisse	Qz-Felds-Biot	Albitização	750-630		Cinza	Gradativo		
72,41	76,33	3,92	Albitito	Alb-Qz	Albitização	760-990		Róseo	Gradativo		
76,33	77,77	1,44	Gnaissse/Albitito	Alb-Qz	Albitização	750-760		Vermelho	Gradativo		
77,77	78,10	0,33	Albitito	Alb+Qz	Albitização	730-780		Róseo	Gradativo		
78,10	84,17	6,07								Faltando	
84,17	138,39	54,22	Gnaissse	Qz+Felds+Biot		280-400		Cinza			Deve ter minério mais profundo
Os dados alteradas para cor Azul, são alvos de estudos para encontrar ligação com seu aparecimento.											
Os dados alteradas para cor Vermelha, são alvos de mineralização com caráter de minério.											

Id do Furo: EBH - 19											
Coordenadas UTM:											
Profundidade: 331,70m											
Back ground : 230-250											
Angulo											
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	Leucognaisse		Oxidado	233-251		Branco			Alterado e fraturado
8,50	32,08	23,58	Leucognaisse		Oxidado	202-217		Branco			Maciço Fraturado
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	microgranito	Qz+K-f+Pla		267-292		Rosa			Granulação média
68,00	69,18	1,18	Anfibolito	Anf+Plag		313-339		Preto			Maciço / Metalotecto
69,18	72,00	2,82	Granito Pegmatito	Qz+Pl+K-f		305-319		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	Qz+Plag+K-f+Anf+Bt		312-336		Rosa			Maciço Bandado
76,58	106,95	30,37	Anf. Gnaissse	Mafico		328-347		Cinza Escuro			Maciço Bandado
106,95	111,27	4,32	Gnaissse Albitito	Alb	Albitizado	615-700		Cinza Rosa			Maciço Bandado
111,27	124,93	13,66	Albitito	Alb	Albitizado	1340-1372		Rosa			alta porosidadeMaciço
124,93	126,63	1,70	Gnaissse c/Albitito	Alb	Albitizado	1111-1150		Cinza Rosa			média porosidade
126,63	131,70	5,07	Albitito	Alb	Albitizado	1410-1465		Rosa			Maciço Bandado
131,70	138,45	6,75	Gnaissse Albitito	Alb	Albitizado	650-800		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 Albitito			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 Albitito	Alb	Albitizado	400-550		Cinza Rosa			Maciço Bandado
164,92	165,62	0,70	Albitito	Alb	Albitizado	594-650		Rosa			média porosidade
165,62	170,65	5,03									
170,65	175,00	4,35	Albitito	Alb	Albitizado	1109-1052		Rosa			Alta Porosidade
175,00	180,80	5,80	Albitito	Alb	Albitizado	1350-1490		Rosa			Maciço
180,80	188,26	7,46	Gnaissse Albitito	Alb	Albitizado	957-1050		Rosa			Maciço Bandado
188,26	190,50	2,24	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep	Albitizado	374-386		Cinza Escuro			Maciço Bandado
190,50	192,97	2,47	Gnaissse Albitito	Alb	Albitizado	473-483		Cinza Rosa			Maciço Bandado
192,97	194,00	1,03	Albitito	Alb	Albitizado	515-555		Rosa			Alta Porosidade
194,00	194,70	0,70	Gnaissse Albitito	Alb	Albitizado	541-578		Cinza Rosa			Maciço Bandado
194,70	200,53	5,83	Albitito	Alb	Albitizado	581-610		Rosa			média Porosidade
200,53	208,06	7,53	Gnaissse Albitito	Alb	Albitizado	503-532		Cinza Rosa			Maciço Bandado
208,06	218,45	10,39	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		330-375		Cinza Escuro			Maciço Bandado
218,45	222,27	3,82	Albitito Sienito	Alb		420-480		Rosa			Maciço
222,27	229,57	7,30	Monzogranito	Qz+Plag+Bt		314-347		Branco			Maciço
229,57	273,08	43,51	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		263-279		Cinza			Maciço Bandado
273,08	273,56	0,48	Granito Felsico	Qz+K-f		254-268		Branco			Qtz o Feldspato Fino
273,56	302,16	28,60	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		245-260		Cinza			Maciço Bandado
302,16	312,25	10,09	microgranito	Qz+K-f+Pla		250-270		Branco/Rosa			Maciço
312,25	331,70	19,45	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+Ep		259-283		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.											

Id do Furo: <b>EBH-24</b>												
Coordenadas UTM:												
Profundidade: <b>451,03m</b>												
Angulo background : 312-360cps												
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutur a/Cps	Angulo	Num. Foto	Cor	Contato	Anostra	Observações
0,00	1,45	1,45	Leucognaisse	Plag+Qz+Bt+Anf	Zona de Alteração	342-351			Branco			Alterado
1,45	3,06	1,61	Solo		Oxidado	325-391			Vermelho			Rocha alterada
3,06	4,61	1,55	Leucognaisse	Plag+Qz+Bt+Anf	Oxidado	323-349			Cinza			Maciço Pouco Alterado
4,61	12,52	7,91	Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt	Fresco	315-340			Cinza			Bandedo Maciço
12,52	12,96	0,44	Granito Félisico com Anf	Anf+Qz+K-f+Pl		316-335			Branco Rosa			Maciço sem deformação
12,96	44,20	31,24	Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		323-356			Cinza			Bandedo (Maficos e Felsicos)
44,20	45,10	0,90	Anfibolito	Plag+Anf		320-360			Preto			Maciço
45,10	46,15	1,05	Granito Félisico com Anf	Anf+Qz+K-f+Pl		319-365			Branco Rosa			Maciço
46,15	72,22	26,07	Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		325-369			Cinza			Maciço Bandedo
72,22	73,07	0,85	Granito Félisico com Anf	Anf+Qz+K-f+Pl		348-399			Branco Rosa			Maciço
73,07	82,30	9,23	Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		318-349			cinza			Maciço Bandedo
82,30	99,73	17,43	Anfibolito	Plag+Anf		340-376			Preto			Maciço e Mafico fino /Metalotecto
99,73	100,00	0,27	Albitito	Alb+K		<b>640-678</b>			Rosa			Baixa Porosidade
100,00	113,25	13,25	Anfibolito	Plag+Anf		333-385			Preto			Maciço
113,25	116,36	3,11	Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		337-380			Cinza			Maciço Bandedo
116,36	122,00	5,64	Anfibolito	Plag+Anf		338-353			Preto			Maciço / Ver importancia como Metalotecto
122,00	132,90	10,90	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		330-350			Cinza			Levemente Bandedo
132,90	134,15	1,25	Pegmatito	Qz+Pl+K-f	Albitização	<b>365-411</b>			Rosa			Maciço
134,15	140,81	6,66	Anf. Gnaissse	Bt+Anf+Plag+K-f+Bt	Albitização	<b>700-798</b>			Cinza Escuro			Maciço Bandedo
140,81	143,81	3,00	Gnaissse Albitizado	Qz+Anf+Alb+K	Albitização	<b>1144-1205</b>			Cinza Rosa			Maciço Bandedo
143,81	147,20	3,39	Albitito	Alb+K	Albitização	<b>1638-1832</b>			Rosa			Média Porosidade
147,20	148,30	1,10	Gnaissse Albitizado	Bt+Anf+Alb+K	Albitização	<b>930-1033</b>			Cinza Rosa			Maciço Bandedo
148,30	151,25	2,95	Anfibolito	Plag+Anf					Preto			Maciço muito fino / Metalotecto ?
151,25	152,80	1,55	Gnaissse Albitizado	Bt+Anf+Alb+K	Albitização	<b>647-665</b>			Cinza Rosa			Maciço Bandedo
152,80	153,44	0,64	Albitito	Alb+K	Albitização	<b>925-1000</b>			Rosa			Média Porosidade
153,44	158,20	4,76	Anf. Gnaissse	Bt+Anf+Alb					Cinza Escuro			Levemente Bandedo
158,20	161,40	3,20	Gnaissse Albitizado	Bt+Anf+Alb+K	Albitização	<b>1150-1210</b>			Cinza Rosa			Maciço Bandedo
161,40	163,28	1,88	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt					Cinza Escuro			Maciço Bandedo
163,28	170,55	7,27	Gnaissse Albitizado	Bt+Anf+Alb+K	Albitização	<b>2581-2745</b>			Cinza com Rosa			Maciço com baixa porosidade
170,55	194,05	23,50	Albitito	Alb+K	Albitização	<b>1483-2850</b>			Rosa			Alta porosidade
194,05	219,74	25,69	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		215-222			Cinza			Maciço Bandedo
219,74	220,90	1,16	Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		222-231			Cinza			Maciço Bandedo
220,90	221,70	0,80	Anfibolito	Plag+Anf		180-200			Preto			Maciço Bandedo
221,70	226,52	4,82	Anf. Gnaissse	Qz+Anf+Plag+K-f+Bt		322-340			Cinza Escuro			Maciço / Ver importancia como Metalotecto
226,52	229,50	2,98	Gnaissse Albitizado	Bt+Anf+Alb+K	Albitização	<b>570-637</b>			Cinza com Rosa			Maciço Bandedo
229,50	232,51	3,01	Albitito	Alb+K	Albitização	<b>1508-1586</b>			Rosa			Alta porosidade
232,51	233,50	0,99	Gnaissse Albitizado	Bt+Anf+Alb+K	Albitização	<b>830-910</b>			Cinza com Rosa			Maciço Bandedo
233,50	238,20	4,70	Anfibolito	Plag+Anf		225-242			Preto			

EBH-24 CONTINUAÇÃO											
Id do Furo:			Angulo								
Coordenadas UTM:			background : 312 -360 cps								
Profundidade:			451,03m								
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutur a/Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
238,20	259,45	21,25	Anf. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+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. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+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. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+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. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+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. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+Bt		170-200		Cinza			Maciço Bandado
290,80	298,63	7,83	Microgranito / Pegmatito			195-245		Branco/Rosa			Maciço
298,63	302,06	3,43	Anf. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+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. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+Bt		169-195		Cinza			Maciço Bandado
325,25	326,05	0,80	Pegmatito			219-252		Branco			Maciço
326,05	326,57	0,52	Anf. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+Bt		191-201		Cinza			Maciço Bandado
326,57	328,77	2,20	Pegmatito			194-238		Branco/Rosa			Maciço
328,77	356,63	27,86	Anf. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+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. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+Bt		155-194		Cinza			Maciço Bandado
402,21	405,45	3,24	Anf. Gnaiss / Anf. Plagioclásio			199-210		Cinza Escuro			Maciço Bandado
405,45	409,16	3,71	Anf. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+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. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+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. Gnaiss	Qz+Anf+Plag+K+Bt		174-193		Cinza			Maciço Bandado

Id do Furo: <b>EBH - 35</b>											
Coordenadas UTM: <b>259,40</b>											
Profundidade: <b>Angulo background : 240 - 280cps</b>											
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
0,00	1,00	1,00	Solo	Leucocrático	Intemperizado	256-275		Amarelo			alteração
1,00	2,17	1,17	Solo	óxidos	oxidado	222-279		Cinza			fragmentação
2,17	3,80	1,63	Anf. Gnaiss	óxidos	Intemperizado	253-270		Cinza			Rocha intemperizada
3,80	4,79	0,99	Areia / Pó	Anf. Gnaiss e ox.	oxidado	220-240		Cinza			Areia / pó
4,79	7,50	2,71	Anf. Gnaiss	Anf+Plag	Intemperizado	235-240		Cinza			Rocha ainda intemperizada
7,50	31,70	24,20	Anf. Gnaiss	Anf+Plag	Fresco	236-255		Cinza			Maciça Bandada
31,70	39,70	8,00	Pegmatito	Qz+K+f+Plag		234-269		Rosa			Maciça e Fenocrístais
39,70	55,35	15,65	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		264-282		Cinza			Maciço Bandada
55,35	56,51	1,16	Granito	Qz+ K+f+Plag+Anf+Bi		274-285		Cinza Claro			Porções sem deformação
56,51	58,22	1,71	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		260-291		Cinza			Maciço Bandada
58,22	59,00	0,78	Granito	Qz+K+f+Plag+Anf+Bi		291-315		Cinza			Maciço sem deformação
59,00	62,54	3,54	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		251-282		Cinza			Maciço Bandada
62,54	64,03	1,49	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		274-292		Cinza escuro			Maciço Fino e Bandado
64,03	70,30	6,27	Pegmatito	Qz+K+f+Plag		298-317		Rosa			Maciço sem deformação
70,30	73,49	3,19	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		264-279		Cinza			Maciço Bandada
73,49	80,05	6,56	Pegmatito	Qz+K+f+Plag		295-316		Rosa			Maciço
80,05	126,71	46,66	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		230-255		Cinza			Maciço Bandada
126,71	128,00	1,29	Pegmatito	Qz+K+f+Plag		231-277		Rosa			Maciço
128,00	202,23	74,23	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		248-266		Cinza			Maciço Bandada
202,23	214,20	11,97	Gnaiss Albitito	Anf+Plag	Albitização	821-843		Cinza/rosa			Maciço Bandada poroso
214,20	223,90	9,70	Albitito	Albita	Albitização	1300-1946		Rosa			Maciço e média porosidade
223,90	228,23	4,33	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		315-340		Cinza			Maciço Bandado
228,23	228,70	0,47	Pegmatito	Qz+K+f+Plag		353-362		Rosa			Maciço
228,70	271,68	42,98	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		274-293		Cinza			Maciço Bandado
271,68	272,60	0,92	Pegmatito	Qz+K+f+Plag		362-389		Rosa			Maciço
272,60	274,25	1,65	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		315-340		Cinza			Maciço Bandado
274,25	276,65	2,40	Pegmatito	Qz+K+f+Plag		319-339		Rosa			Maciço
276,65	303,60	26,95	Anf. Gnaiss	Anf+Plag		305-327		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.											



Id do Furo: <b>EBH - 52</b>											
Coordenadas UTM:											
Profundidade: <b>259,40</b>											
background : 320 - 360cps											
Angulo											
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		Marrom			
1,00	1,40	0,40	solo	Oxidados	Intemperizado	387-420		Vermelho			
1,40	2,75	1,35	solo	Oxidados	Intemperizado	430-452		Marrom			
2,75	3,15	0,40	solo	Oxidados	Intemperizado	408-423		Amarelo			
3,15	7,80	4,65	Arela	Argila	Intemperizado	395-441		Rosa vermelho			
7,80	8,40	0,60	solo	Oxidados	Oxidado	384-423		Rosa			
8,40	9,85	1,45	Arela	Oxidados	Oxidado	405-450		Rosa			
9,85	10,26	0,41	Sienito	Oxidados	Oxidado	383-427		Rosa com verde			Rocha compacta e alterada
10,26	11,60	1,34	Sienito	K-f+Plag+Qz		408-440		Rosa com verde			
11,60	12,14	0,54	Pegmatito	K-f+Plag+Qz		372-424		Rosa			
12,14	14,42	2,28	Sienito	K-f+Plag+Qz		415-440		Rosa com verde			Rocha dura e alterada
14,42	14,75	0,33	Pegmatito	K-f+Plag+Qz		361-391		Rosa Bordeaux			Maciça e levemente bandada
14,75	16,40	1,65	Sienito	K-f+Plag+Qz+clorita+Bt+Anf+epidoto		404-450		Rosa esverdeado			Maciça e levemente bandada
16,40	21,00	4,60	Gnaissse/Pegmatito	K-F+Qz+Plag+Anf+Bt		350-379		Cinza com rosa			Gnaissse com intercalações de pegmatito
21,00	21,90	0,90	Pegmatito	Qz+K-f+Plag		320-360		Rosa com branco			
21,90	49,28	27,38	Gnaissse	Qz+K-f+Plag+Bt+Anf		314-340		Cinza			Gnaissse com algumas porções mais máficas e com pegmatitos
49,28	53,64	4,36	Gnaissse	Qtz+Pl+Bi+Anf		320-353		Cinza Escuro			Maciço e pouco deformada, leve bandamento
53,64	58,50	4,86	Granito Gnaissse	Qz+Plg+K-f,Bt,Anf		308-347		Cinza			Maciço sem deformação e sem bandamento
58,50	59,20	0,70	Granito	Qz+K-F+Plag		330-380		Rosa/Branco			Maciço Félsico, ausencia de máficos
59,20	70,43	11,23	Granito gnaissse	Qz+K-F+Plag+Bt+Anf		325-365		Cinza/Escuro			Maciço de granito gnaissse
70,43	71,23	0,80	Pegmatito	Qz+Felds		338-362		Rosa/Branco			Maciça
71,23	71,90	0,67	Gnaissse Máfico	Qz+Felds+Bt+Anf		338-376		preto			Alteração (epidoto)
71,90	93,80	21,90	Gnaissse/ Pegmatito	Qz+Felds+Bt+Anf		337-367		Cinza com rosa			Maciço e intercalada
93,80	120,23	26,43	Anfibolito	Anf+Felds+Bt+Ep		307-340		Cinza /Preto			Maciça / Ver importância como metalotecto
120,23	124,61	4,38	Albitito	Albita	Albitização	1220-1260		Rosa			Maciço : baixa porosidade
124,61	139,05	14,44	Anfibolito Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Ep		356-400		Cinza escuro			Anfibolito bandado deformado
139,05	139,33	0,28	Granito	Qz+K-f		400-420		Rosa			maciço
139,33	149,11	9,78	Anfibolito Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Ep		370-395		Cinza			maciço

Id do Furo: <b>EBH - 52 - CONTINUAÇÃO</b>									
Coordenadas UTM:									
Profundidade:									
<b>259,40</b>									
Angulo <b>background : 320 - 360cps</b>									
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Foto	Cor	Observações
149,11	155,26	6,15	Albitito	albita	Albitização	<b>870-905</b>		Rosa	Maciço media porosidade
155,26	156,42	1,16	Gnaissse com Tactito		Albitização	450-500		Rosa	Maciço Rocha intermediária
156,42	157,76	1,34	Albitito	Albita	Albitização	<b>744-765</b>		Rosa	Maciço; media porosidade
157,76	164,20	6,44	Anfibolio Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Epd		420-450		Cinza	Maciço
164,20	168,70	4,50	Gnaissse Albitizado	Alb+Bt+Anf	Albitização	<b>650-720</b>		Cinza com rosa	Gnaissse com albitização
168,70	170,55	1,85	Albitito	albita	Albitização	<b>805-860</b>		Rosa	Maciço
170,55	171,31	0,76	Anfibolio Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Epd		420-460		Cinza escuro	Maciço
171,31	172,36	1,05	Albitito	albita	Albitização	<b>850-915</b>		Rosa	Maciço baixa porosidade
172,36	199,20	26,84	Anfibolio Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Epd		320-400		Cinza	Maciço Bandado
199,20	201,30	2,10	Gnaissse Albitizado	Alb+Bt+Anf	Albitização	<b>460-560</b>		Cinza com rosa	Maciço Bandado
201,30	204,74	3,44	Anfibolito	Anf+Plag		450-470		Cinza escuro	sem Bandamento / Ver importância como metalotecto
204,74	205,05	0,31	Pegmatito Albitito	Plag	Albitização	<b>524-569</b>		Rosa	Maciço ; baixa porosidade
205,05	208,20	3,15	Albitito Anfibolio	Alb_Anf		420-460		Cinza com Rosa	Maciço
208,20	208,42	0,22	Albitito	albita	Albitização	<b>550-700</b>		Rosa	Maciço
208,42	208,92	0,50	Anfibolito	Anf+Plag		420-480		Cinza escuro	Maciço
208,92	213,45	4,53	Albitito	albita	Albitização	<b>1098-1104</b>		Rosa	Maciço e quebradiço; médio com alta porosidade
213,45	217,50	4,05	Anfibolio Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Epd		420-450		Cinza escuro	Maciço e bandado
217,50	217,84	0,34	Gnaissse com Albitit	Alb+Bt+Anf	Albitização	<b>600-680</b>		Cinza com Rosa	Maciço e bandado
217,84	231,00	13,16	Anfibolio Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Epd		420-460		Cinza	Maciço
231,00	233,65	2,65	Gnaissse com Albitit	Alb+Bt+Anf	Albitização	<b>660-715</b>		Cinza com Rosa	Maciço
233,65	236,00	2,35	Anfibolio Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Epd	Albitização	<b>520-580</b>		Cinza	Médio a alta porosidade
236,00	236,65	0,65	Albitito	albita	Albitização	<b>730-760</b>		Rosa	Maciço
236,65	238,10	1,45	Anfibolio com Albitit	Anf+Alb	Albitização	<b>812-860</b>		Cinza com Rosa	Maciço
238,10	252,20	14,10	Anfibolio Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Epd		344-363		Cinza	Maciço e Bandado
252,20	253,80	1,60	Gnaissse / Albitito	Qz+Plg+Anf+Bt		444-460		Cinza com Rosa	Maciço e Bandado
253,80	259,40	5,60	Anfibolio Gnaissse	Felds+Anf+Bt+Epd		323-352		Cinza	Maciço e 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.									

Id do Furo: <b>EBH-53</b>											
Coordenadas UTM:											
Profundidade: <b>288M</b>											
Angulo <b>background : 200-230 cps</b>											
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
0,00	1,90	1,90	Solo		Oxidado	206-250		Marron			
1,90	3,90	2,00	Leucognaisse/Pegmatito	Plat+K+Qtz	Oxidado	225-240		Rosa	gradativo		Pegmatito
3,90	7,20	3,30	Gnaiss	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		Veio Pegmatito
7,90	39,60	31,70	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+Ms	Fresco	215-242		Cinza	gradativo		
39,60	40,40	0,80	Biotita Gnaiss	Bt+Qz+K-f+Pla	Fresco	215-270		Cinza/Rosa	gradativo		Gnaiss Escuro e deformado
40,40	50,50	10,10	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+Ms	Fresco	230-263		Cinza	gradativo		
50,50	55,80	5,30	Gnaiss Fino	Qz+Feld-Bt+Ms	Fresco	230-244		Cinza Escuro	gradativo		Granulação fina mais escuro
55,80	60,70	4,90	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+Ms	Fresco	240-290		Cinza	gradativo		
60,70	62,25	1,55	Gnaiss Fino	Qz+Feld-Bt+Ms	Fresco	250-270		Cinza/Rosa	Brusco		Granulação fina e escuro
62,25	63,00	0,75	Pegmatito	Qz+Plag+K-f	Fresco	248-285		Branco	Brusco		Pegmatito
63,00	64,00	1,00	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+Ms	Fresco	236-263		Cinza	Brusco		Gnaiss com Anfibolito
64,00	64,20	0,20	Pegmatito	Qz+Plag+K-f	Fresco	240-260		Branco	Brusco		Pegmatito
64,20	65,00	0,80	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+Ms	Fresco	230-270		Cinza	Brusco		gnaiss
65,00	66,00	1,00			Fresco						
66,00	97,50	31,50	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+Anf	Fresco	250-290		Cinza	Brusco		Anfibolito presente
97,50	107,20	9,70	Anf. Gnaiss	Anf+Pla+Bt	Fresco	265-300		Cinza/Rosa	Gradativo		
107,20	110,00	2,80	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+Anf	Fresco	390-430		Cinza			Anfibolito presente
110,00	111,45	1,45	Anf. Gnaiss	Anf+Pla+Bt	Fresco/Alb	400-500		Cinza/Rosa	Gradativo		Aumento gradativo no Cps
111,45	112,15	0,70									
112,15	113,72	1,57	Albitito	Albita	Albitização	980-1111		Rosa			Alta porosidade
113,72	114,00	0,28									
114,00	114,73	0,73	Albitito		Albitização	1200-1297		Rosa			Alta porosidade - Auge de Cps
114,73	114,92	0,19	Anf. Gnaiss	Anf+Pla+Bt	Fresco			Preto			
114,92	115,17	0,25	Anf. Gnaiss	Anf+Pla+Bt	Fresco			Preto			
115,17	117,30	2,13	Albitito	Albita	Albitização	970-1115		Rosa			
117,30	131,70	14,40	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+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	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+Ms	Fresco	250-279		Cinza			
156,80	163,30	6,50	Leucogranito	Qz+Pla+K-f	Fresco	270-280		Cinza			granulação média a grossa
163,30	165,20	1,90	Gnaiss	Qz+Feld-Bt+Ms	Fresco	240-280		Cinza			Xenólitos de Albititos no gnaiss
165,20	165,60	0,40	Gnaiss c/Albitito	Alb+Qz+K-f+Bt+Anf	Fresco	265-293		Cinza/Rosa			Fracamente Albitizado

Id do Furo: <b>EBH-53 - CONTINUAÇÃO</b>											
Coordenadas UTM: <b>288M</b>											
Profundidade: <b>288M</b>											
Angulo <b>background : 200-230 cps</b>											
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Folds	Cor	Contato	Amostra	Observações
165,60	170,10	4,50	Gnaíse	Qz +Feld+ Bt+ Ms	Fresco	250-260		Cinza			
170,10	178,55	8,45	Gnaíse	Qz +Feld+ Bt+ Ms	Fresco	270-300		Cinza			
178,55	179,30	0,75	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	620-670		Rosa			Aumento gradativo no Cps
179,30	181,00	1,70	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	1140-1200		Rosa			Mais poroso - Pico de Cps
181,00	182,40	1,40	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	1000-1100		Rosa			Mais poroso
182,40	186,30	3,90	Gnaíse	Qz +Feld+ Bt+ Ms	Albitiz aç.ão	360-430					Valores Cps acima do background
186,30	193,50	7,20	Gnaíse c/Albitito	Alb+ Qz+K +ft+Bt+ Anf	Albitiz aç.ão	640-720		Cinza c/Rosa			Valores Cps acima do background
193,50	194,20	0,70	Albitito + Gnaíse	Alb+ Qz+K +ft+Bt+ Anf	Albitiz aç.ão	750-840		Rosa			Material poroso
194,20	201,30	7,10	Gnaíse c/Albitito	Alb+ Qz+K +ft+Bt+ Anf	Albitiz aç.ão	720-760		Cinza c/Rosa			Material compacto
201,30	202,00	0,70	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	1140-1215		Rosa			Material poroso
202,00	203,10	1,10	Gnaíse c/Albitito	Alb+ Qz+K +ft+Bt+ Anf	Albitiz aç.ão	1260-1320		Cinza c/Rosa			Material compacto
203,10	206,30	3,20	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	1280-1340		Rosa			Material poroso
206,30	209,30	3,00	Albitito + Gnaíse	Alb+ Qz+K +ft+Bt+ Anf	Albitiz aç.ão	1525-1560		Cinza c/Rosa			Material compacto - Pico de Cps
209,30	210,20	0,90	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	1560-1650		Rosa			Poroso - Pico de Cps
210,20	210,50	0,30	Gnaíse	Anf+ Pla+ Bt	Albitiz aç.ão	950-990		Cinza			Compacto
210,50	213,95	3,35	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	1180-1250		Rosa			
213,95	215,90	1,85	Albitito	Qz +Feld+ Bt+ Ms	Albitiz aç.ão	570-620		Cinza c/Rosa			Xenólito de Gnaíse
215,90	219,85	4,05	Anfibólito	Anf+ Pla	Albitiz aç.ão	420-450		Preto			Ver sua importância como metalotecto
219,85	221,21	1,36	Microgranito	Qz +K +ft+ Pla	Albitiz aç.ão	350-400		Rosa			Ver sua importância como metalotecto
221,21	221,52	0,31	Gnaíse	Qz +Feld+ Bt+ Ms		290-310		Cinza			
221,52	225,42	3,90	Gnaíse c/Albitito	Alb+ Qz+K +ft+Bt+ Anf	Albitiz aç.ão	630-690		Cinza/Rosa			
225,42	228,80	3,38	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	1150-1200		Rosa			Poroso
228,80	229,85	1,05	Gnaíse c/Albitito	Alb+ Qz+K +ft+Bt+ Anf	Albitiz aç.ão	320-360		Cinza/Rosa			Compacto
229,85	232,26	2,41	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	1015-1050		rosa			Compacto
232,26	235,72	3,46	Gnaíse	Qz +Feld+ Bt+ Ms	Albitiz aç.ão	280-320		Cinza			Compacto
235,72	236,56	0,84	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	710-760		Rosa			Poroso e Quebrado
236,56	242,30	5,74	Gnaíse	Qz +Feld+ Bt+ Ms	Albitiz aç.ão	370-390		Cinza			Bem Deformado c/minerais orientados em várias direções
242,30	247,70	5,40	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	1030-1090		Rosa			Poroso
247,70	261,00	13,30	Gnaíse	Qz +Feld+ Bt+ Ms	Albitiz aç.ão	280-320		Cinza			Compacto
261,00	264,40	3,40	Albitito	Albita	Albitiz aç.ão	430-460		Rosa			Poroso
264,40	264,85	0,45									
264,85	281,20	16,35	Gnaíse fino c/Pegri	Alb+ Qz+K +ft+Bt+ Anf		240-280		Cinza			Compacto
281,20	288,00	6,80	Gnaíse	Qz +Feld+ Bt+ Ms		220-240		Cinza			Compacto
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.											

Id do Furo: <b>EBH - 55</b>											
Coordenadas UTM:											
Profundidade: <b>288,55</b> 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									
2,40	13,74	11,34	Leucognaisse	Plag+Qz+K+f+Bt	Alterado	352-377		Cinza Rosa			Bandado e alterado
13,74	50,04	36,30	gnaisse	Qz+Feld+Bt+Anf	Fresco	307-325		Cinza			Maciço e Bandado Com porções felísicas
50,04	51,24	1,20	Granito	Qz+Feld+Bt		322-355		Ros a			Maciço com Pegmatito
51,24	54,53	3,29	Gnaissse mafico	Bt+Anf+Plag		<b>354-375</b>		Cinza/preto			Maciço Fino e Bandado
54,53	55,05	0,52	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		326-341		Cinza			Maciço e Bandado
55,05	56,30	1,25	Gnaissse mafico	Bt+Anf+Plag		344-375		Cinza/preto			Maciço Fino
56,30	56,70	0,40	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		341-358		Cinza			Maciço Bandado
56,70	101,64	44,94	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		335-349		Cinza			Porções claras e escuras
101,64	105,75	4,11	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Albitização	<b>344-373</b>		Ros a			Pegmatito
105,75	108,00	2,25	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		309-326		Cinza			Maciço Bandado
108,00	113,45	5,45	Anfibolito	Plag+Anf		310-330		Preto			Maciço
113,45	114,70	1,25	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		320-335		Cinza			Maciço Bandado
114,70	121,15	6,45	Anfibolito	Plag+Anf		290-318		Preto			Maciço
121,15	135,25	14,10	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		290-349		Cinza			Maciço Bandado
135,25	135,47	0,22	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Albitização	<b>354-390</b>		Ros a			Maciço
135,47	136,37	0,90	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		309-334		Cinza			Maciço Bandado
136,37	137,05	0,68	Granito	Qz+Feld+Bt		320-341		Cinza			Maciço s/deformação
137,05	141,55	4,50	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		305-340		Cinza Escuro			Maciço Fino e Bandado
141,55	142,07	0,52	Pegmatito	Qz+K+f+Plag		346-365		Ros a Branco			Maciço
142,07	160,60	18,53	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		333-364		Cinza Rosa			Maciço e Bandado
160,60	164,95	4,35	Granito Gnaissse	Qz+Feld+Bt+Plag		345-370		Cinza Rosa			Maciço e levemente Bandado
164,95	166,45	1,50	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		303-339		Cinza Escuro			Maciço fino e Bandado
166,45	167,20	0,75	Granito Gnaissse	Qz+Feld+Bt+Plag		355-370		Cinza Rosa			Maciço Bandado
167,20	186,50	19,30	Anf. Gnaissse	Plag+Qz+Anf+Bt		325-363		Cinza Escuro			Maciço Fino e Bandado
186,50	188,00	1,50	Gnaissse	Qz+Feld+Bt+Anf		307-342		Cinza			Maciço Bandado
188,00	188,90	0,90	Granito Pegmatito	Qz+K+f+Plag		321-355		Cinza Rosa			Maciço

EBH - 55 - CONTINUAÇÃO											
Id do Furo:		Angulo background : 340-370pps									
Coordenadas UTM:		288,55									
Profundidade:		288,55									
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
188,90	191,54	2,64	Gnaiss			351-370		Cinza			Maciço Bandado
191,54	193,07	1,53	Granito Pegmatito	Qz+K+f+Plag		350-381		Cinza Rosa			Maciço
193,07	195,07	2,00	Gnaiss			353-387		Cinza			Maciço Bandado
195,07	195,51	0,44	Granito Pegmatito	Qz+K+f+Plag		356-379		Cinza Rosa			Maciço
195,51	197,65	2,14	Gnaiss			349-361		Cinza			Maciço Bandado
197,65	198,05	0,40	Gnaiss Albitito		Albitização	365-396		Cinza Rosa			Maciço Bandado
198,05	199,15	1,10	Albitito		Albitização	550-614		Rosa			Maciço Alta porosidade
199,15	200,05	0,90	Gnaiss 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	Gnaiss Albitito			412-460		Cinza Rosa			Maciço Bandado
204,00	209,05	5,05	Anf. Gnaiss			346-376		Cinza Escuro			Maciço Bandado (Fino Máfico)
209,05	212,15	3,10	Anf. Gnaiss			370-401		Cinza			Maciço Bandado
212,15	214,57	2,42	Anf. Gnaiss			400-440		Cinza Escuro			Mais fino e máfico
214,57	216,30	1,73	Albitito e Gnaiss		Albitização	634-700		Rosa			Maciço e alta porosidade
216,30	218,70	2,40	Albitito e Gnaiss		Albitização	790-830		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 Gnaiss		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 Gnaiss		Albitização	1100-1115		Rosa			Maciço e baixa Porosidade
231,55	242,15	10,60	Albitito		Albitização	1190-1240		Rosa			Baixa Porosidade
242,15	242,95	0,80	Albitito e Gnaiss		Albitização	784-836		Rosa cinza			Bandado e Maciço
242,95	246,23	3,28	Granito de albitizado		Albitização	623-691		Cinza			Maciço
246,23	247,00	0,77	Albitito		Albitização	678-725		Rosa			Maciço Baixa Porosidade
247,00	250,50	3,50	Albitito e Gnaiss		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 Gnaiss		Albitização	663-693		Cinza Rosa			
254,28	255,30	1,02	Albitito		Albitização	680-710		Rosa			
255,30	288,55	33,25	Anf. Gnaiss			305-342		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.											

Id do Furo: EBH - 56											
Coordenadas UTM:											
Profundidade: 242,25M											
Angulo background: 217-245											
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura	Num. Foto	Cor	Contato	Amostra	Observações
10,75 ?			Leucognaíse				225-254	Cinza			Maciço Bandado
?	28,31		Gnaíse				253-265	Cinza			Bandado / manchas pegmat.
28,31	32,51	4,20	Albitito Poroso				306-322	Róseo			n mineralizado
32,51	37,10	4,59	Gnaíse c/albitito				235-272	Róseo			Maciço Bandado
37,10	42,53	5,43	Anf. Gnaíse máfico	Pla+Bt+Anf			206-225	Cinza E.			Maciço levemente Bandado
42,53	43,17	0,64	Microgranito/Pegm.				228-236	Róseo			Maciço s/deformação
43,17	44,40	1,23	Anf. Gnaíse 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. Gnaíse máfico	Pla+Bt+Anf			215-233	Cinza Escuro			Maciço Bandado
49,85	60,40	10,55	Anf. Gnaíse	Pla+Bt+Anf			212-247	Cinza			Maciço Bandado
60,40	69,27	8,87	Gnaíse c/albitito				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	Gnaíse/Albitito				420-450	Cinza c/Róseo			Maciço Bandado
75,00	78,00	3,00	Gnaíse	Qz+ Feld+Anf			255-289	Cinza			Maciço Bandado
78,00	91,00	13,00	Sienognaíse	Qz+ Felds +Anf+Bt			262-313	Cinza c/Róseo			Porções pegmatíticas
91,00	99,00	8,00	anfibolito				233-244	Preto			Maciço fino máfico
99,00	99,55	0,55	Pegmatito				245-303	Róseo			Maciço poroso
99,55	113,30	13,75	anfibolito				222-250	Preto			Maciço fino máfico
113,30	114,50	1,20	albitito		Albitizado		647-705	Róseo			Maciço médio Poroso
114,50	119,55	5,05	Anf. Gnaíse máfico	Pla+Bt+Anf			320-352	Cinza Escuro			Maciço Bandado
119,55	126,00	6,45	Gnaíse c/albitito		Albitizado		554-604	Cinza c/Róseo			Maciço Bandado
126,00	128,00	2,00	Anf. Gnaíse máfico	Pla+Bt+Anf			330-390	Cinza Escuro			Maciço Bandado máfico
128,00	130,00	2,00	Albitito/pegmatito		Albitizado		400-440	Róseo			baixa porosidade
130,00	135,26	5,26	Gnaíse c/albitito		Albitizado		459-500	Cinza Róseo			Maciço Bandado
135,26	137,21	1,95	Albitito		Albitizado	Fratura	784-831	Róseo			Alta Porosidade (fraturado)
137,21	140,95	3,74	Gnaíse Albitizado		Albitizado		566-614	Cinza Róseo			Maciço Bandado
140,95	149,55	8,60	Albitito		Albitizado		600-700	Róseo			Maciço e alta porosidade
149,55	151,69	2,14	Anfibolito				350-400	Preto			Maciço fino máfico
151,69	152,95	1,26	Albitito		Albitizado		547-475	Róseo			Média Porosidade
152,95	164,00	11,05	Anf. Gnaíse	Pla+Bt+Anf			270-300	Cinza			Maciço Bandado
164,00	167,50	3,50	granito gnaíse	Qz+ Feld+anf+Bt			216-241	Cinza Róseo			Maciço Bandado
167,50	172,00	4,50	Anf. Gnaíse	Pla+Bt+Anf			231-263	Cinza Escuro			Maciço Bandado
172,00	177,00	5,00	Gnaíse c/albitito				395-415	Cinza Róseo			Maciço Bandado
177,00	203,60	26,60	Anf. Gnaíse	Pla+Bt+Anf			217-228	Cinza			Maciço Bandado
203,60	213,30	9,70	Gnaíse Albitizado		Albitizado		446-485	Cinza Róseo			Maciço Bandado
213,30	215,20	1,90	Albitito		Albitizado		512-589	Róseo			Alta Porosidade
215,20	217,50	2,30	G. Albitizado				497-550	Róseo			Maciço Bandado
217,50	220,46	2,96	Albitito		Albitizado		600-656	Rosa			Alta Porosidade
220,46	242,25	21,79	Anf. Gnaíse	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.											



Id do Furo: <b>EBH - 57</b> Coordenadas UTM: Profundidade: <b>189.95m</b>												Angulo <b>background : 300-350 gps</b>	
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Estrutura /Cps	Num. Foco	Cor	Contato	Anosra	Observações		
0,00	2,45	2,45	Solo		Intemperizado	415-450		Vermelho					
2,45	10,25	7,80	Slenito Alterado		Intemperizado	350-380		Vermelho					
10,25	12,70	2,45	Gnaiss Alterado	Oz+Feld+Bt+Anf	Intemperizado	300-340		Cinza					
12,70	17,10	4,40	Slenito Alterado	Oz+K-f	oxidado	420-490		Vermelho			Rocha compacta com óxido de Fe		
17,10	17,63	0,53	Anfibolito	Plat+Anf	oxidado	372-410		Preto			Compacta e alterada		
17,63	19,30	1,67	Slenito Alterado	Oz+K-f	oxidado	<b>540-620</b>		Vermelho			Compacta porosa		
19,30	26,50	7,20	Gnaiss Fino	Oz+Feld+Bt+Anf		320-380		Cinza			Compacta e porosa		
26,50	26,80	0,30	Albitito/Slenito	Oz+K-f	Albitização	<b>480-520</b>		Rosa			Compacta e porosa		
26,80	28,25	1,45	Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		440-480		Cinza			Compacta		
28,25	28,55	0,30	Albitito/Slenito	Oz+K-f	Albitização	<b>470-520</b>		Rosa			Compacta e porosa		
28,55	31,70	3,15	Gnaiss slenito	Oz+K-f		420-450		Cinza/Rosa			Compacta		
31,70	33,00	1,30	Albitito	Albita	Albitização	<b>820-890</b>		Rosa			Compacta e porosa		
33,00	34,25	1,25	Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		320-340		Cinza			Compacta		
34,25	38,35	4,10	Albitito	Albita	Albitização	<b>960-1160</b>		Rosa			Compacta e porosa		
38,35	38,95	0,60	Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		300-320		Cinza			Compacta		
38,95	41,20	2,25	Albitito	Albita	Albitização	<b>975-1066</b>		Rosa			Baixa porosidade		
41,20	41,47	0,27	Gnaiss Fino	Oz+Feld+Bt+Anf		384-430		Cinza			Compacta e fino		
41,47	43,35	1,88	Albitito compacto	Albita	Albitização	<b>900-1150</b>		Rosa			Baixa Porosidade		
43,35	44,35	1,00	Albitito Poroso	Albita		820-890		Rosa			Poroso		
44,35	46,15	1,80	Albitito / gnaiss	Albita K-f+Oz+Bt	Albitização	<b>670-720</b>		Marrom			Compacta		
46,15	48,25	2,10	Gnaiss/muita biotit	Oz+Feld+Bt+Anf		350-380		Cinza / Preto			Compacta		
48,25	51,32	3,07	Gnaiss com Albitit	Albita K-f+Oz+Bt	Albitização	<b>470-510</b>		Marrom			Baixa Porosidade		
51,32	55,77	4,45	Gnaiss / Albitito	Albita K-f+Oz+Bt	Albitização	<b>760-820</b>		Marrom			média Porosidade		
55,77	56,22	0,45	Anf. Gnaiss e veios Albitizados			350-375		Preto			Compacto		
56,22	58,00	1,78	Albitito / gnaiss	Albita K-f+Oz+Bt	Albitização	<b>780-830</b>		Rosa			Baixa porosidade		
58,00	59,05	1,05	Anf. Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		350-380		Preto			Compacta		
59,05	68,35	9,30	Gnaiss / Albitito	Oz+Feld+Bt+Anf	Albitização	<b>1630-1710</b>		Rosa/Vermelho			Baixa porosidade		
68,35	68,55	0,20	Anf. Gnaiss/Albitito	Albita K-f+Oz+Bt	Albitização	<b>660-700</b>		Preto			Compacta e Bandado		
68,55	70,14	1,59	Albitito/Slenito	K-f	Albitização	<b>550-570</b>		Rosa			Alta porosidade		
70,14	78,35	8,21	Anfibolito / Anf. Gnaiss	K-f +Anf	Albitização	220-320		Preto			Compacto com stockwork		
78,35	95,55	17,20	Anfibolito	c/albita		190-210		Preto			Compacto com albita		
95,55	97,35	1,80	Anf. Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		230-280		Cinza / Branco			Compacto Bandado		
97,35	101,15	3,80	Anfibolito	Plat+Anf		200-230		Preto			Compacto		
101,15	103,30	2,15	Gnaiss Albitito	Albita K-f+Oz+Bt	Albitização	<b>750-830</b>		Rosa/Vermelho			Baixa porosidade		
103,30	124,53	21,23	Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		264-300		Cinza			Compacto Bandado		
124,53	128,48	3,95	Albitito	Albita	Albitização	<b>900-1050</b>		Rosa			Alta porosidade		
128,48	129,50	1,02	Gnaiss Albitito	Albita K-f+Oz+Bt	Albitização	<b>700-740</b>		Rosa/Vermelho			Baixa porosidade		
129,50	130,85	1,35	Albitito	Albita	Albitização	<b>720-780</b>		Rosa			Alta porosidade		
130,85	131,25	0,40	Anf. Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		296-323		Preto			Compacto		
131,25	134,35	3,10	Albitito/Slenito	Albita K-f+Oz+Bt	Albitização	<b>630-680</b>		Rosa			Alta porosidade		
134,35	135,05	0,70	Anf. Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		350-380		Cinza Escuro			Compacto		
135,05	136,70	1,65	Albitito	Albita	Albitização	<b>720-760</b>		Rosa			Alta porosidade		
136,70	138,50	1,80	Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		360-380		Cinza			Bandado e Compacto		
138,50	140,84	2,34	Albitito / Pegmatito	Albita	Albitização	<b>680-720</b>		Rosa			Alta porosidade		
140,84	156,00	15,16	Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		320-380		Cinza			Compacto		
156,00	159,30	3,30	Albitito	Albita	Albitização	<b>440-500</b>		Rosa			média Porosidade		
159,30	189,95	30,65	Gnaiss	Oz+Feld+Bt+Anf		189-230		Cinza			Compacto e 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 - 65									
Id do Furo: Coordenadas UTM: Profundidade:									
De (m)	Até (m)	Comp. (m)	Litologia	Mineralogia	Zona de Alteração	Angulo	Num. Foto	Cor	Observações
7,00	8,00	1,00	Sienogranito	Qz+K+f+Plag	Alterado		262-288	Branco/rosa	Rocha alterada, compactada
8,00	10,20	2,20	Areia	Qz+K+f+Plag	mt. Alterado		227-277	Cinza	Zona de alteração intensa
10,20	10,78	0,58	Leucogranito	Qz+K+f+Plag	Fresca		270-282	Branco	Deformação e máficos ausentes
10,78	21,89	11,11	Gnaiss	Qz+K+f+Plag+Bt+Ar	Friaturado		286-301	Cinza/rosa	Bandamento com minerais máficos
21,89	23,65	1,76	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Fresca		280-306	Branco/rosa	Compacta
23,65	23,90	0,25	Gnaiss	Qz+K+f+Plag	Fresca		263-300	Cinza Escuro	Compacta com pegmatito
23,90	24,33	0,43	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Fresca		290-310	Branco/rosa	Compacta
24,33	25,38	1,05	Gnaiss Máfico	Qz+K+f+Plag+Bt+Ar	Fresca		266-294	Cinza Escuro	Xenólito microgranito máfico
25,38	27,80	2,42	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Fresca		289-310	Róseo	
27,80	32,80	5,00	Gnaiss	Qz+K+f+Plag+Bt+Ar	Fresca		240-290	Cinza	Bandamento cinza e róseo
32,80	34,10	1,30	Arfíbolito	Arf+Plag	Fresca		265-295	Cinza escuro	Granulação fina melanocrática
34,10	40,15	6,05	Gnaiss	Qz+K+f+Plag+Bt	Fresca		239-289	Cinza	Bandamento de máficos/félsicos
40,15	56,72	16,57	Arfíbolito*	Arf+Plag	Fresca		262-280	Cinza escuro	Porfíros de plagioclásio
56,72	57,63	0,91	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Fresca		255-295	Branco/rosa	
57,63	62,87	5,24	Arfíbolito*	Arf+Plag	Fresca		240-298	Cinza escuro	Porfíros de plagioclásio
62,87	64,59	1,72	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Fresca		288-320	Branco/rosa	Compacta
64,59	66,04	1,45	Arfíbolito*	Arf+Plag	Fresca		287-320	Cinza	Porfíros de plagioclásio
66,04	66,45	0,41	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Fresca		275-310	Branco/rosa	
66,45	69,72	3,27	Arfíbolito*	Arf+Plag	Fresca		263-294	Cinza	Porfíros de plagioclásio
69,72	71,72	2,00	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Fresca		272-299	Branco/rosa	
71,72	78,70	6,98	Arfíbolito*	Arf+Plag	Fresca		255-298	Cinza	Porfíros de plagioclásio
78,70	88,15	9,45	Gnaiss fino e máfico	Qz+K+f+Plag+Bt	Fresca		243-287	Cinza escuro	Fino e bandado ; porções epidotizadas
88,15	90,70	2,55	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Fresca		279-291	Branco/rosa	
90,70	107,10	16,40	Gnaiss fino e máfico	Qz+K+f+Plag+Bt	Fresca		234-257	Branco/rosa	Bastante fraturado
107,10	111,48	4,38	Gnaiss Máfico	Qz+K+f+Plag+Bt	Fresca		283-315	Rosa/branco	
111,48	112,58	1,10	Gnaiss c/Pegmatito	Qz+K+f+Plag+Bt	Fresca		300-320	quase preto	
112,58	153,73	41,15	Gnaiss	Qz+K+f+Plag+Bt	Fresca		236-254	Cinza/rosa	Maciço e Bandado
153,73	158,55	4,82	Pegmatito	Qz+K+f+Plag	Fresca		277-305	Rosa/branco	
158,55	169,31	10,76	Gnaiss	Qz+K+f+Plag+Bt	Fresca		226-242	Cinza	Bandamento bem marcado
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.									