

## 4. Metodologia de Trabalho

### 4.1. Amostragem

As amostragens foram realizadas diretamente nas frentes de lavra (código CIII), durante seu desenvolvimento nos anos de 2004 a 2006 e complementadas por dois furos de sondagem rotativa a diamante (FS01 e FS02), inclinados 60°, executados em 2004 por FURNAS. As perfurações atingiram rocha dura, por volta de 32 m de profundidade, quando interromperam os furos por motivos técnicos.

Em 2006, a Brasil Minérios Ltda. desenvolveu uma campanha expedita de com 08 (oito) furos de sondagem rotativa tricônica. Destes furos, amostrou-se apenas o FS05 e os rejeitos de expansão em laboratório do FS03.

Durante o período do mestrado, foram ainda estudados diversos produtos coletados em diferentes pontos da usina industrial de beneficiamento da Brasil Minérios (USI).

Para efeito de comparação, também foram estudadas palhetas de vermiculita do depósito de Catalão (CT) e de flogopita (FL-Eucatex) e vermiculita (VE – Eucatex) da jazida de Paulistana – PI.

O resumo dos tipos de amostras coletadas e os códigos de identificação encontram-se na Tabela 4.1.

Local de Coleta	Código	Quantidade	Data
Mina	CIII	40	2004-2006
Usina Industrial	USI	13	2004-2006
Furos de Sondagem a Diamante	FS01	18	2004
	FS02	27	
Furos de Sondagem Tricônica	FS03	14	2006
	FS05	13	
Conc. Vermiculita de Catalão	VE-CT	1	
Conc. Vermiculita de Paulistana	VE-PI	1	
Flogopita de Catalão	FL-PI	1	
<b>Total</b>		128	2004-2006

Tabela 4.1 - Quantitativo das Amostras Coletadas e Respectivos Códigos.

## 4.2. Técnicas Analíticas Utilizadas

### 4.2.1. Difração de Raios-X

A técnica da difração de raios-X, inicialmente utilizada apenas para determinação do arranjo cristalográfico dos minerais, tornou-se uma ferramenta essencial para a identificação dos argilominerais, em função da dificuldade de identificação de tão finas partículas (<2 micrometros) por meios óticos usuais (olho nú, lupa binocular e microscópio ótico).

Por outro lado, mesmo minerais com palhetas muitas vezes centimétricas como a vermiculita, flogopita e biotita não podem ser identificadas por métodos exclusivamente óticos, como visto no Capítulo 2. Para a individualização destes filossilicatos a difração de raios-X é a principal ferramenta, por ser um método rápido e relativamente barato, ao lado da caracterização física (esfoliação) e química (análise dos teores de álcalis e de alumínio) das palhetas.

As análises foram realizadas no Laboratório de Difração de Raios-X do Laboratório de Mecânica das Rochas da Divisão de Geotecnia de FURNAS (LABS.C - DCT.C), em um difratômetro marca Siemens, modelo D5000. As amostras foram analisadas sob voltagem 40KV e amperagem de 40mA, em sistema  $\theta/2\theta$ , com velocidade de varredura de 0,05°/seg, de 2° a 70° 2 $\theta$ . A fonte de energia é um filamento de tungstênio (catodo) e o tubo de raios-X é de cobre (anodo), cujos comprimentos de onda ( $\lambda$ ) são:  $K\alpha$  1,5418 Å e  $K\beta_1$  1,3922 Å.

As interpretações foram realizadas em computador, acoplado ao difratômetro, utilizando-se software EVA, versão 5 de 1997, com banco de dados de 1998, contendo cerca de 117 mil fichas, entre minerais, cimento e material cerâmico.

A preparação das primeiras amostras – produtos da Usina Industrial – seguiu o procedimento padrão para difração de raios-X de argilominerais: secagem ao ar, desagregação com o uso de gral de ágata até obtenção de 100% do material passante na peneira de 44 micrometros. A amostra (Integral) colocada em suporte metálico foi analisada por difração de raios-X para caracterização mineralógica das rochas.

Para melhor caracterização dos filossilicatos, foi feita a montagem, em vidro, de 03 lâminas orientadas do material decantado por sedimentação em coluna. As lâminas foram destinadas a análises ao Natural; uma após solvatação com glicerol – “Glicerinada” e outra após calcinação a 550°C – Calcinação.

Como a vermiculita da Jazida Cerrado III estava apresentando comportamento anômalo, sem mostrar qualquer expansão do espaçamento  $d$  com a solvatação com glicerol a

frio, optou-se pela colocação do dessecador sobre chapa elétrica a 50°C, por 12 horas. Este procedimento visou garantir a completa saturação da atmosfera interna do mesmo e assim, promover a expansão da vermiculita. Após a retirada das amostras do dessecador, as mesmas foram levadas imediatamente ao Difratômetro de Raios-X para análise.

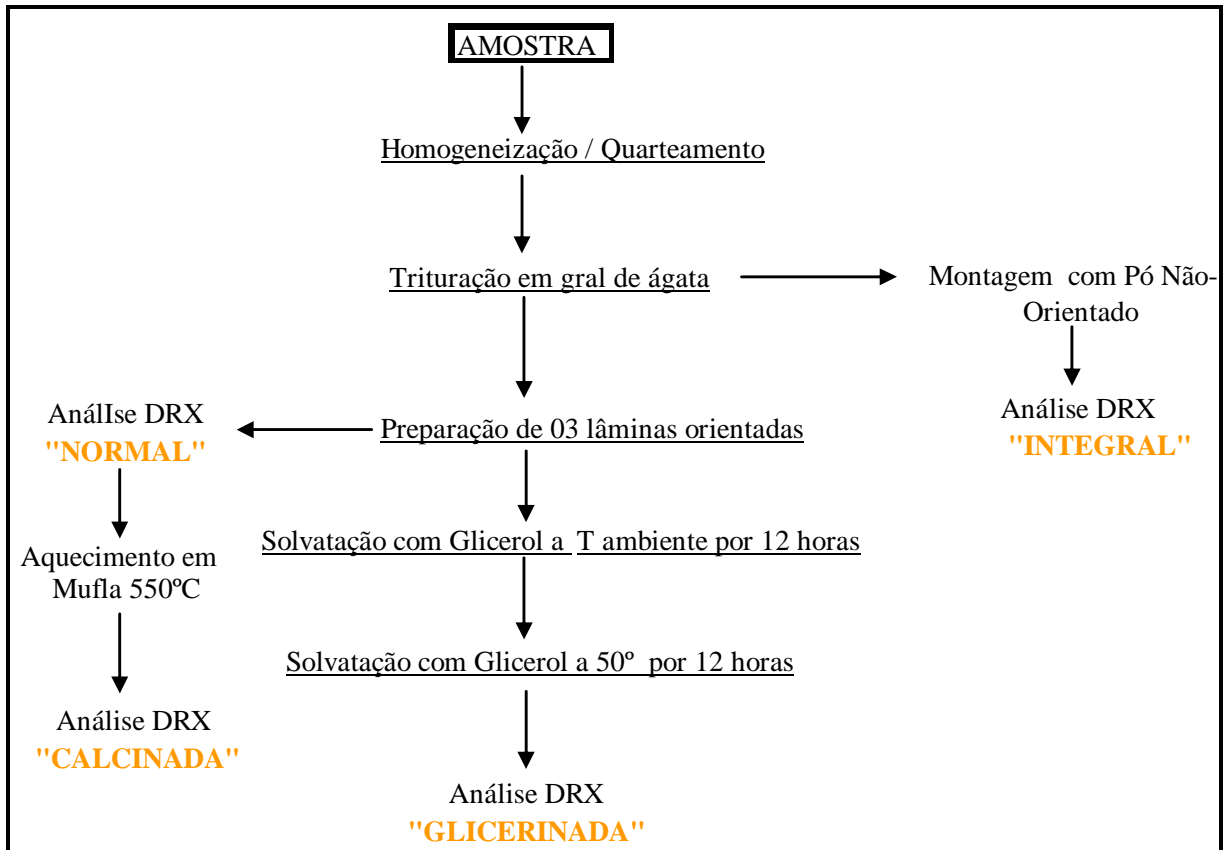


Figura 4.1 - Preparação das Amostras para DRX.

#### 4.2.2. Microscopia Ótica

A observação das amostras foi realizada em estereomicroscópio da marca Wild, modelo M38, com aumentos de 6,4; 16 e 40 vezes. Já o estudo de microscopia ótica foi realizado em lâminas delgadas sob luz transmitida em microscópio ZEISS, modelo Axioskop 40, com aumento máximo de 1000 vezes. Utilizou-se para captura de imagens o software Leica Qwin V3.2, do Laboratório de Microscopia Ótica do Laboratório de Mecânica das Rochas da Divisão de Geotecnia de FURNAS (LABS.C - DCT.C).

As lâminas delgadas foram impregnadas com resina Epofix da Struers e, mesmo assim, houve muita dificuldade e muita perda de material, durante sua confecção, em função da extrema facilidade de expansão da vermiculita ao ser molhada durante as fases de desbaste da lâmina. Por este motivo, não se fez polimento das mesmas, para observação dos minerais opacos.

Para permitir o desbaste da lâmina, optou-se por confeccionar briquetes com pequenos fragmentos de rocha totalmente imersos na resina (Figura 4.2), de modo a permitir a completa penetração da resina epoxídica e consolidação da rocha.



Figura 4.2 - Briquetes das contra-provas das lâminas delgadas.

Com esse procedimento, foi possível a confecção de lâminas para identificação mineralógica e para observação do modo de ocorrência dos minerais e um pouco da textura, porém a quantificação de seus componentes ficou extremamente comprometida e, por este motivo, será dada uma abordagem em termos semiquantitativos.

#### 4.2.3. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi utilizada em amostras selecionadas, de modo a melhorar a compreensão da forma de ocorrência, textura e inter-relações (intercrescimentos, transformações, etc.) de alguns minerais. Isto é possível em função da possibilidade fornecida pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV) de observação e análise da superfície de amostras espessas através de imagens tridimensionais, quando em amostras de fratura ou naturais, associada à alta resolução que pode ser atingida, atualmente da ordem de 30 Å, e à grande profundidade de foco, da ordem de 300 vezes melhor que a do

microscópio ótico.

O microscópio eletrônico de varredura (MEV) do Laboratório de Mecânica das Rochas de FURNAS é da marca Leica, modelo S440i – 1995, de alto vácuo, com EDS da Oxford. Algumas análises foram realizadas no Laboratório de Balística da Polícia Federal de Brasília, através de um MEV, marca FEI, modelo Quanta 200, de alto e baixo vácuo com EDS e WDS da Oxford. Para realização das análises, durante o mestrado, foram utilizados os detectores acoplados ao MEV:

- Elétrons secundários (SE): para formação imagens e informações topológicas - morfologia dos minerais;
- Elétrons Retroespalhados (BSE): para identificação das diferentes fases presentes através de tons de cinza e informações sobre o número atômico médio das fases;
- Raios X: detecção das informações fornecidas pela técnica da espectrometria por energia dispersiva de Raios-X – EDS – para análise qualitativa e avaliação semiquantitativa dos elementos químicos presentes – microanálise – de forma rápida e simultânea à observação das imagens.
- Raios X – no MEV do Laboratório de Balística do DPF de BSB, foram realizadas algumas análises por WDS, para quantificação mais precisa dos elementos químicos presentes.

As amostras analisadas ao microscópio eletrônico de varredura necessitaram de preparação prévia adequada, por serem não-condutoras de elétrons. Para permitir a condutibilidade elétrica, as amostras receberam metalização com uma camada de ouro e foram aterradas, ao porta-amostra de alumínio, com tinta de prata formando assim um circuito fechado de energia.

As amostras foram preparadas, predominantemente em fragmentos de rocha ricos em palhetas de vermiculita (CIII 37 e CIII 38), fixados em duas direções: perpendicular e paralela à seção basal das palhetas, mesmo quando em pseudomorfos a partir de anfibólios. Apenas a amostra CIII 31, que representa o nódulo do piroxenito cumulado com borda de alteração para serpentina, foi analisada sob a forma de lâmina delgada.

Para efeito de comparação, foram analisadas também, palhetas puras da vermiculita dos depósitos de Paulistana-PI e Catalão-GO.

#### **4.2.4. Análise Química**

A análises químicas foram realizadas nos laboratórios da Divisão de Química da Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás (SGM), por dois métodos diferentes, em função dos compostos solicitados:

- Via Úmida ou Convencional: para análise de Si, Fe, P e Perda ao Fogo;
- Absorção Atômica: para análise de Ca, Mg, Al, K, Na, Fe, Cr e Ti.

A preparação das amostras constou de pulverização em moinho orbital, ou de panela, seguida por ataque químico clássico para promoção da “abertura” da amostra e subsequente análise.

As amostras selecionadas para análise obedeceram a diferentes critérios, em função dos objetivos esperados:

- Para composição de amostra representativa “bulk” do Peridotito hidrotermalizado mineralizado: FS01-14; FS01-15; FS02-25 e FS02-26;
- Para composição de amostra representativa “bulk” do Peridotito hidrotermalizado “pobre” em vermiculita;
- Piroxenito hidrotermalizado: CIII 37;
- Piroxenito hidrotermalizado “pobre” em vermiculita: CIII 25;
- Palhetas dos diferentes litotipos identificados acima - CIII 23, CIII 37 e CIII 38 - de modo a se verificar a composição das mesmas, já que não foi possível a utilização da microsonda eletrônica.



## 5. Caracterização Mineralógica do Depósito Cerrado III

Como explicado no Capítulo 1 desta dissertação, um dos principais objetivos deste estudo foi o aprimoramento da técnica de identificação de argilominerais. Este fato, aliado à grande dificuldade de caracterização da vermiculita apenas por meios óticos, fez da difratometria de raios-X a principal ferramenta de caracterização mineralógica da jazida Cerrado III.

### 5.1. Difração de Raios-X

#### 5.1.1. Amostras das Frentes de Lavra e das Sondagens

A paragênese mineral encontrada na jazida Cerrado III através, principalmente, da técnica de difratometria de raios-X, está resumida na Tabela 5.1, com uma avaliação comparativa em diferentes profundidades do perfil. Abaixo do perfil de alteração, porém, não foi fornecida a profundidade, uma vez que há alternância freqüente entre o piroxenito e o Peridotito hidrotermalizados.

<p>Solo vermelho, típico da alteração de rochas máfico-ultramáficas, em processo de laterização (0,00 a 1,80m)</p>		<p><b>M:</b> vermiculita e sílica em “box work”.</p> <p><b>m:</b> gibbsita, goethita, talco, caulinita, hidrobiotita.</p> <p><b>T:</b> hematita, illita, hornblenda, saponita, e interestratificado não identificado.</p>
<p>Saprolito Superior (1,80 a 6,00m)</p>		<p><b>M a m:</b> talco vermiculita, interestratificado hidrobiotita.</p> <p><b>m a T:</b> goethita, caulinita, saponita, hornblenda.</p> <p><b>T:</b> gibbsita, ilita, augita, enstatita, e interestratificado não identificado.</p>
<p><b>OBS:</b> <b>M</b> - constituinte maior (principal); <b>m</b> - constituinte menor (subordinado); <b>T</b> - constituinte traço.</p>		




Saprolito Inferior (6,00 a 13,00m)		<p><b>M a m:</b> talco, vermiculita e hidrobiotita.</p> <p><b>m a T:</b> caulinita, hornblenda e saponita.</p> <p><b>M a T:</b> Augita;</p> <p><b>T:</b> Enstatita, ilita, interestratificado não identificado.</p>
Piroxenito hidrotermalizado		<p><b>M a m:</b> Hornblenda.</p> <p><b>M a T:</b> antofilita, vermiculita, augita, tremolita, enstatita e actinolita.</p> <p><b>T:</b> serpentina, hidrobiotita, saponita e interestratificado não identificado.</p>
Peridotito hidrotermalizado		<p><b>M a m:</b> vermiculita.</p> <p><b>M a T:</b> Talco, interestratificado hidrobiotita.</p> <p><b>m a T:</b> forsterita, hornblenda, antofilita, serpentina.</p> <p><b>T:</b> Saponita e interestratificado não identificado.</p>
OBS: <b>M</b> - constituinte maior (principal); <b>m</b> - constituinte menor (subordinado); <b>T</b> - constituinte traço.		

Tabela 5.1 - Resumo da Mineralogia encontrada na Jazida Cerrado III.

Os argilominerais presentes no horizonte de solo em processo de laterização representam uma evolução comum de solo de regiões de clima tropical, com alternância de períodos chuvosos e períodos secos. A saponita ( $6\text{MgO} \cdot 67\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é um argilomineral 2:1, típico de estágios iniciais de evolução meteórica de rochas ricas em magnésio.



O estágio final de formação do solo encontrado nesta área é representado por: hidróxidos de alumínio – gibbsita ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), processo denominado alitização; hidróxidos de ferro - goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), processo denominado ferralitização e pela presença de sílica sob a forma de “box works”. O incomum é a presença de grandes palhetas preservadas de vermiculita (2:1) dispersas neste solo.

A olivina, identificada por difração de raios-X, no depósito de vermiculita do Cerrado III foi a forsterita ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ). Os anfibólios identificados neste estudo pertencem a dois sub-grupos: Antofilita-Cummingtonita ( $\text{Ca}+\text{Na}\cong 0$ ) e Anfibólios Cálcidos ( $\text{Ca} > \text{Na}$ ).

Para compreensão da constituição dos litotipos existentes no corpo Cerrado III, selecionou-se algumas amostras típicas em diferentes etapas de alteração intempérica e hidrotermal. Para sua descrição por difração de raios-X, são fornecidas avaliações comparativas dos minerais identificados (Tabela 5.2), conforme a convenção: **M** - constituinte maior (principal); **m** - constituinte menor (subordinado); **T** - constituinte traço.

<b>Figuras</b>	<b>Ve</b>	<b>Ta</b>	<b>Se</b>	<b>Anf</b>	<b>Sp</b>	<b>Fo</b>	<b>Px</b>	<b>Int</b>	<b>Il</b>	<b>K</b>	<b>Hm</b>	<b>Go</b>	<b>Gb</b>
5.1	M	m	-	-	-	-	-		-	m	T	m	m
5.2	M	-	-	T	T	-	-	T	-	-	-	-	T
5.3	M	m	-	T	-	-	-	T	-	m	-	-	-
5.4	m	-	-	T	T	-	T	-	-	-	-	-	-
5.5	M	M	-	M	-	-	-	T	T	-	-	-	-
5.6	M	-	-	M	T	-	M	-	-	-	-	-	-
5.7	T	-	-	M	-	-	m	-	-	-	-	-	-
5.8	M	-	-	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.9	M	m	T	T	T	-	-	T	-	-	-	-	-
5.10	M	T	M	-	T	-	-	T	-	-	-	-	-
5.11	M	T	m	-	T	m	-	-	-	-	-	-	-

Abreviaturas: **Ve** - vermiculita; **Ta** - talco; **Se** - serpentina; **Anf** - anfibólios; **Sp** - saponita; **Fo** – forsterita; **Px** – piroxênios; **Hid** – hidrobiotita; **Int** – interstratificado não identificado; **Il** – illita; **K** – caulinita; **Hm** – hematita; **Go** – goethita; **Gb** – gibbsita.

Tabela 5.2 - Resumo da mineralogia indicada por difratometria de raios-X em amostras dos intervalos expostos na Tabela 5.1

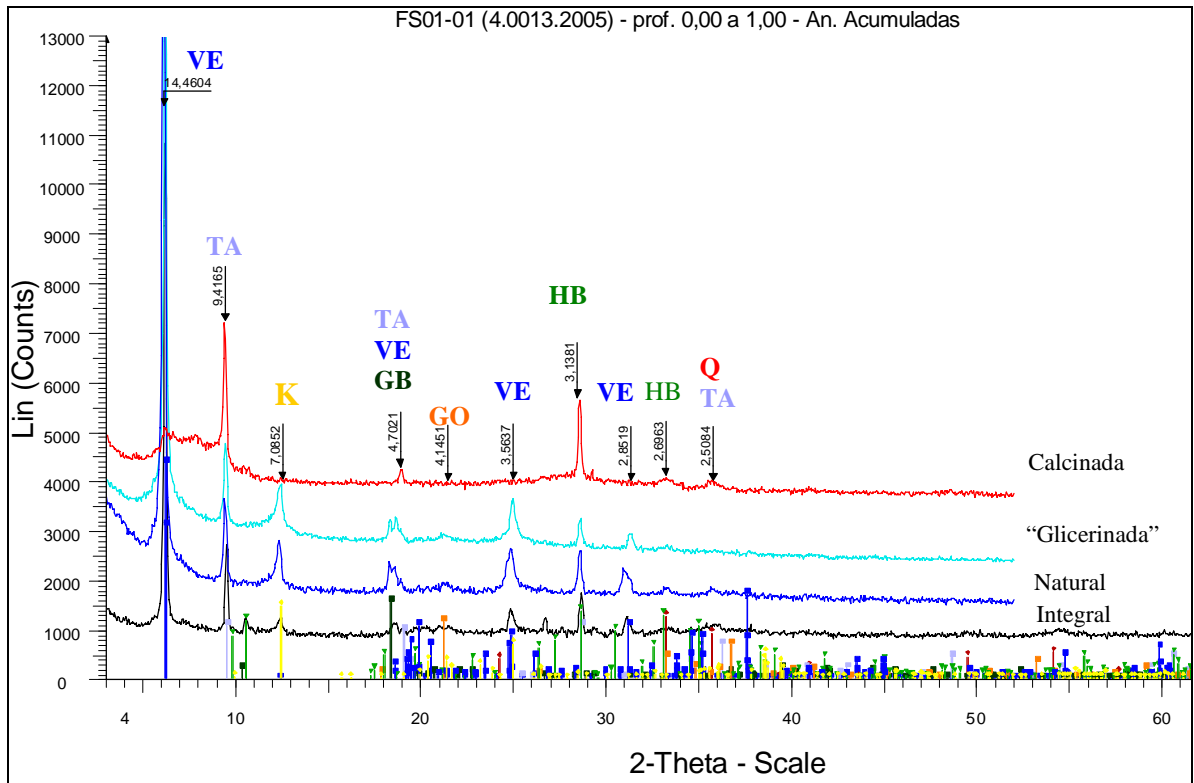


Figura 5.1 - Faixa de solo do furo 01 de sondagem rotativa a diamante (FS-01).

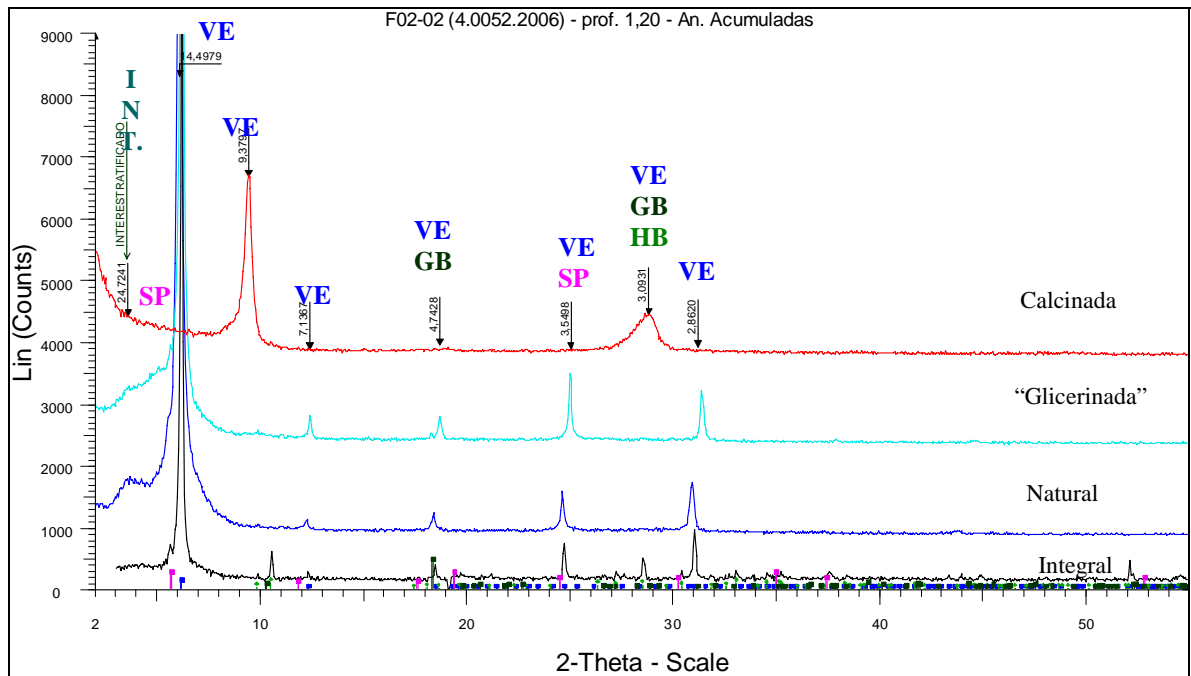


Figura 5.2 - Faixa de solo do furo 02 de sondagem rotativa a diamante (FS-02).

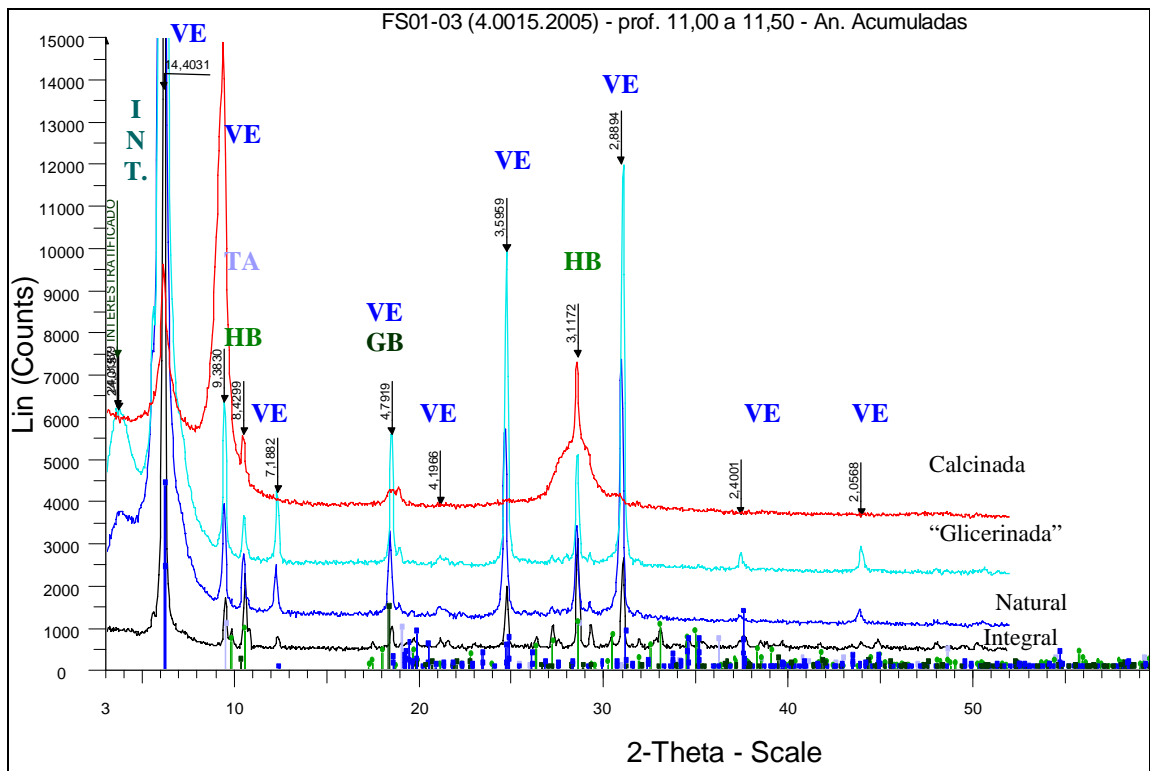


Figura 5.3 - Faixa do saprolito do furo 01 de sondagem rotativa a diamante (FS-01).

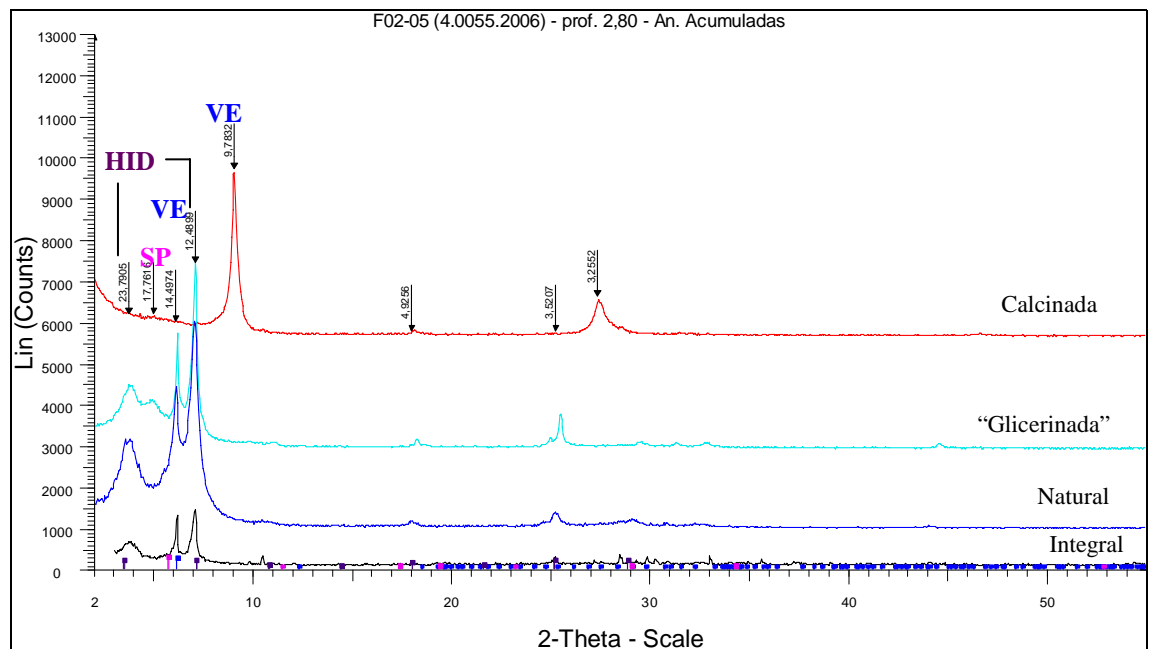


Figura 5.4 - Faixa do saprolito do furo 02 de sondagem rotativa a diamante (FS-02).

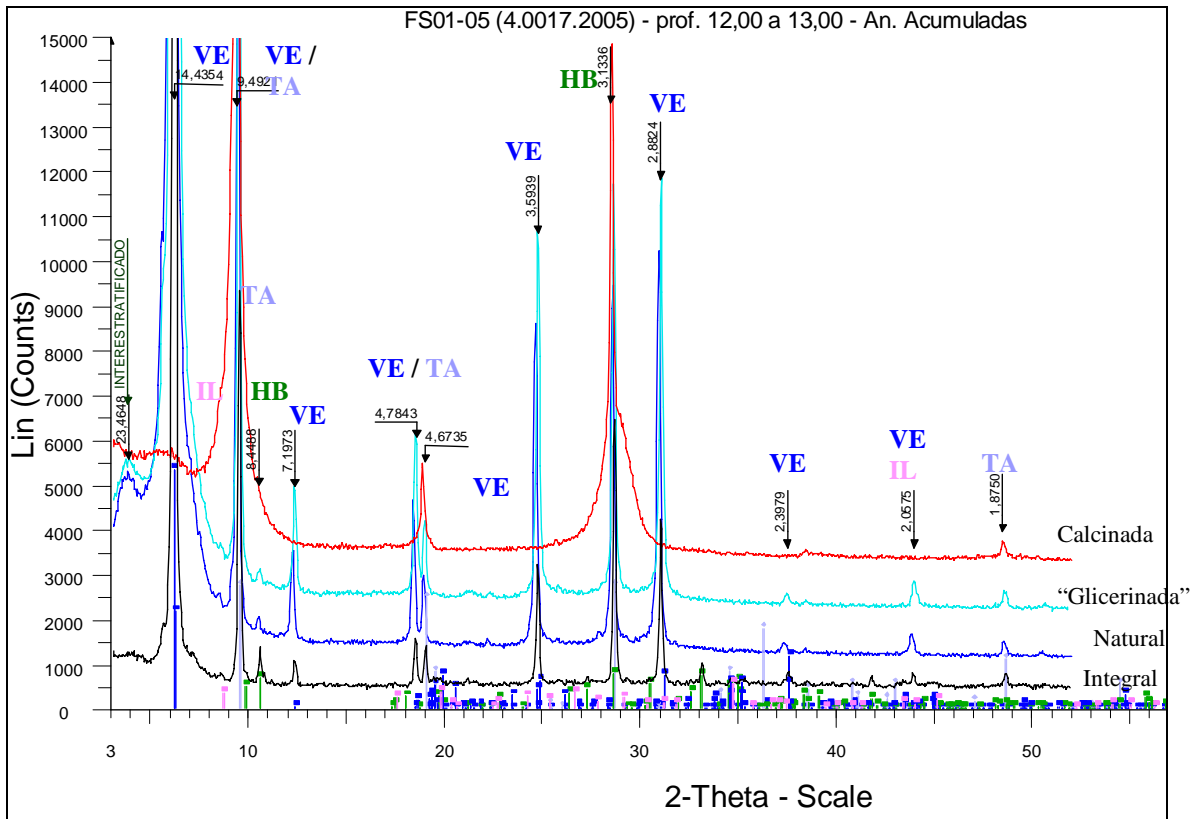


Figura 5.5 - Faixa do saprolito inferior do furo 01 de sondagem rotativa a diamante (FS-01).

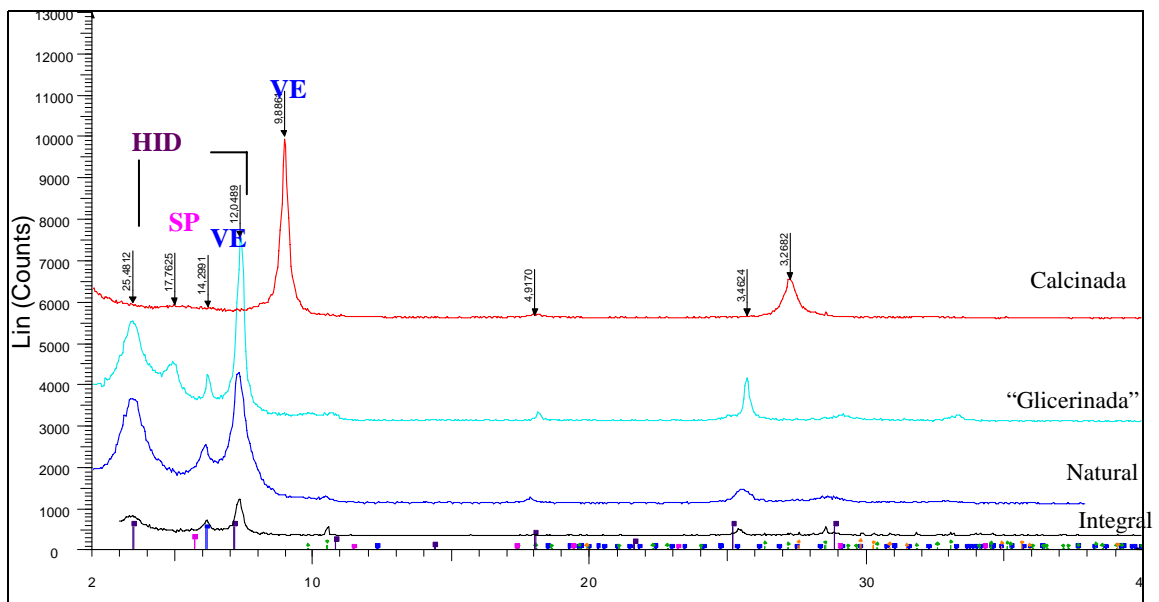


Figura 5.6 - Faixa do saprolito inferior do furo 02 de sondagem rotativa a diamante (FS-02).

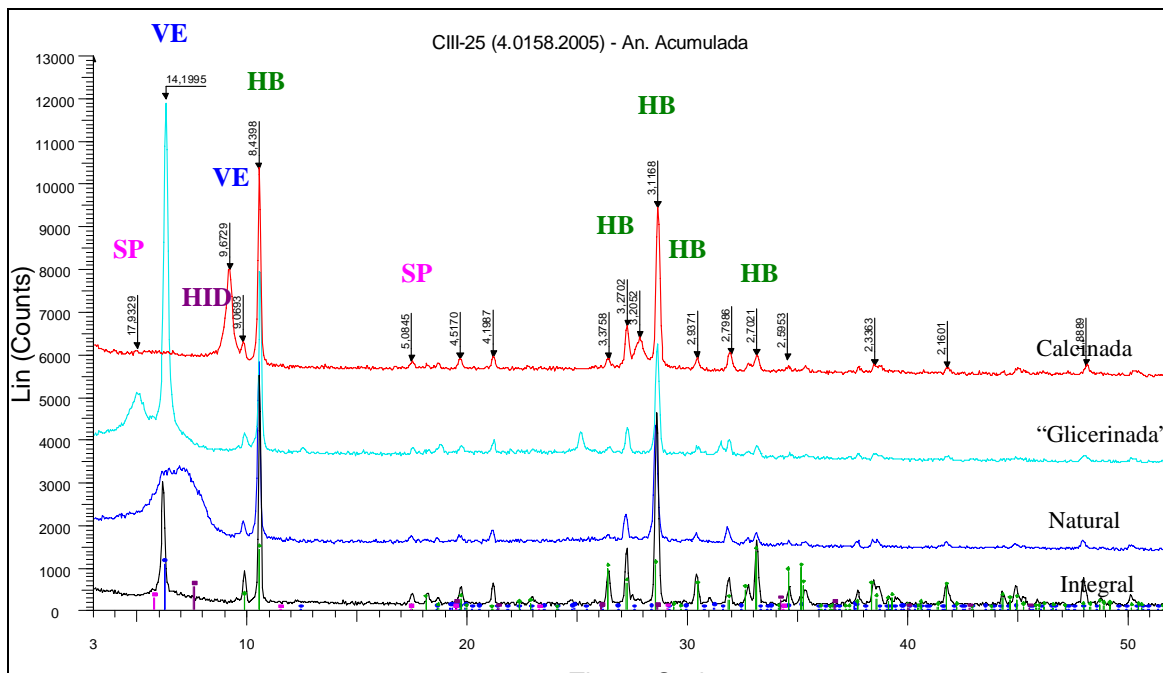


Figura 5.7 – Piroxenito hidrotermalizado pouco mineralizado – não intemperizado.

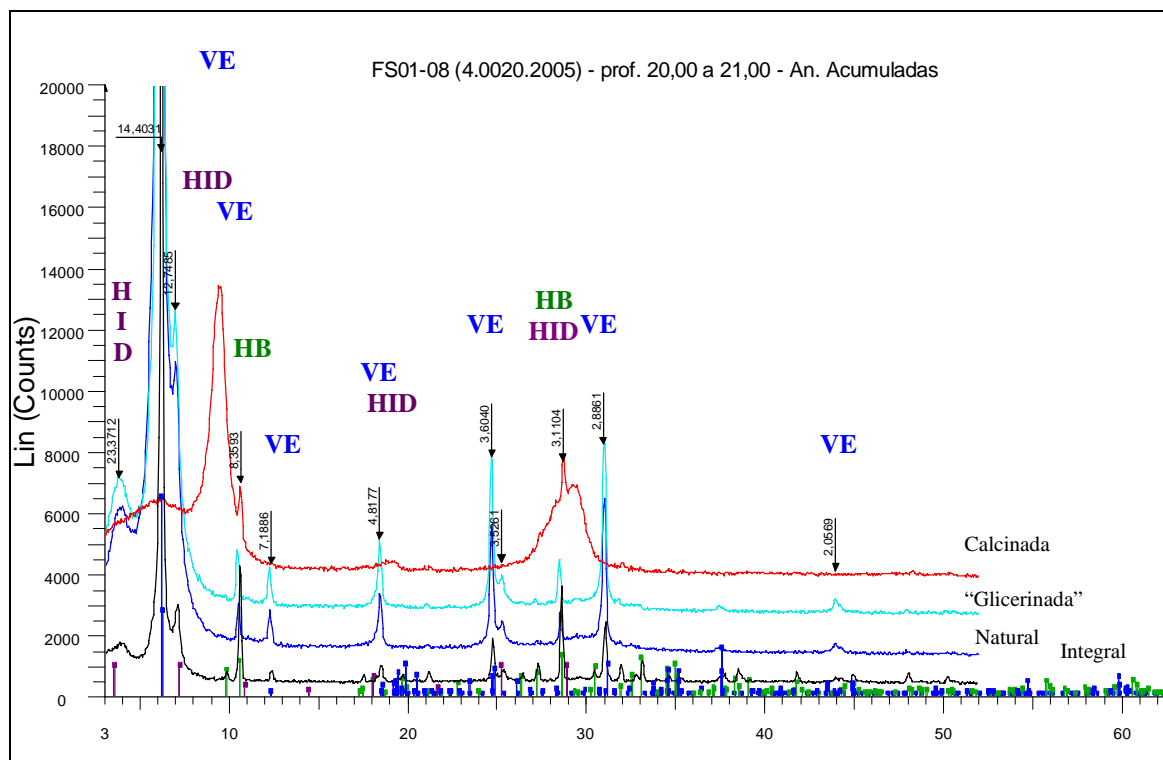


Figura 5.8 – Piroxenito hidrotermalizado mineralizado – semi-alterado.

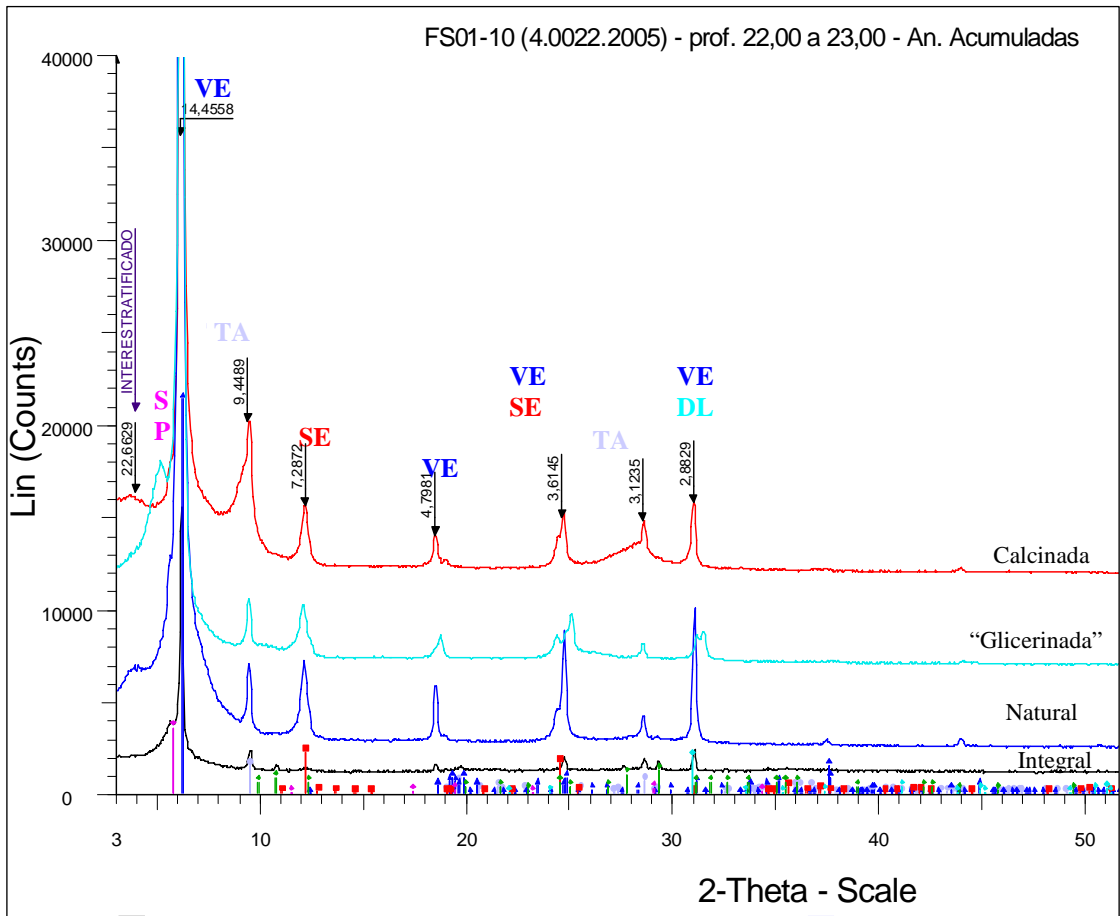


Figura 5.9 – Peridotito hidrotermalizado típico, com traços de talco e serpentina.

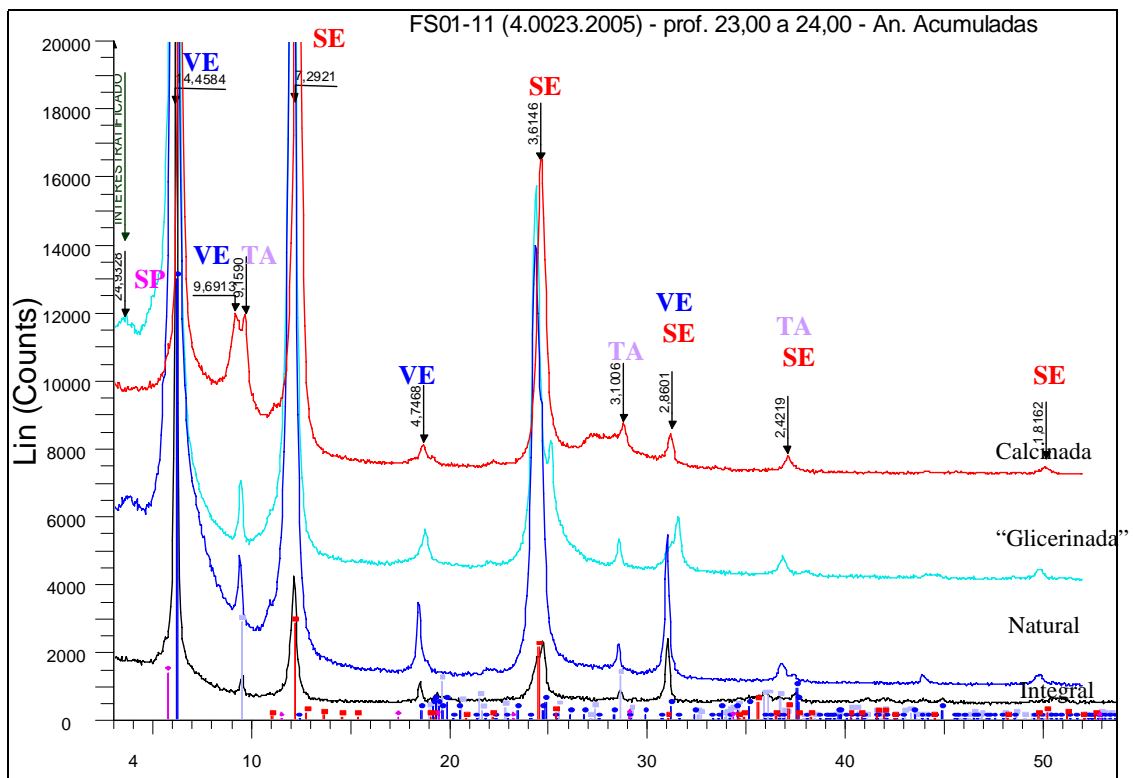


Figura 5.10 – Peridotito hidrotermalizado – estágio avançado de serpentinização.

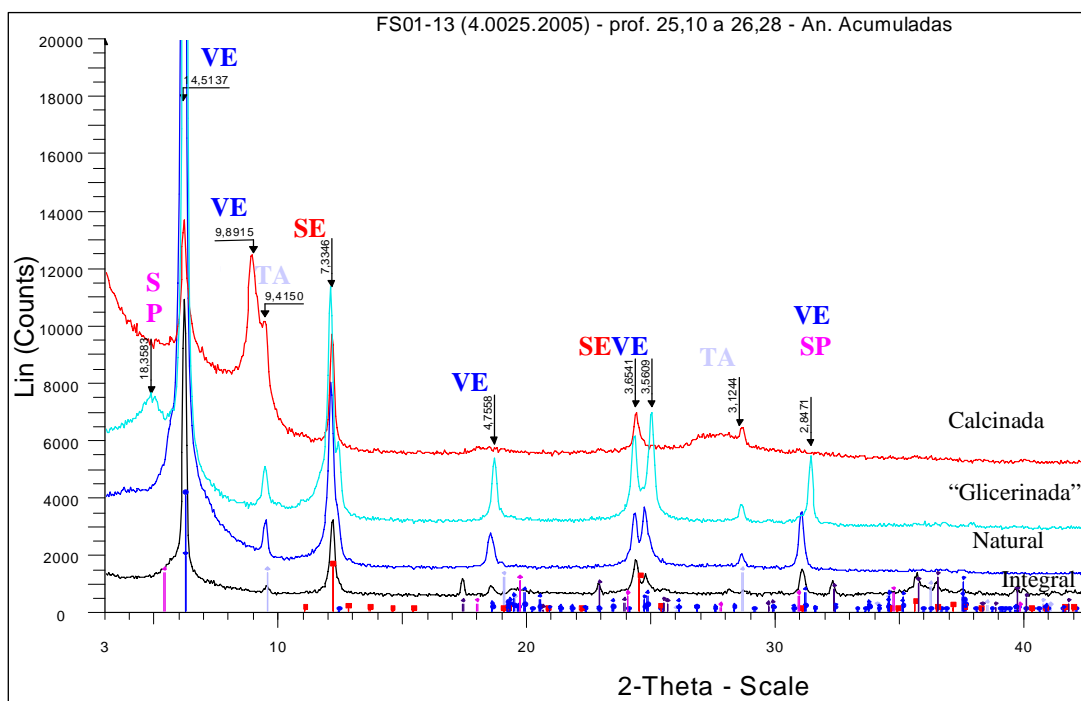


Figura 5.11 – Peridotito hidrotermalizado pouco serpentinizado.

Por estes difratogramas, pode-se notar o comportamento um tanto anômalo da vermiculita do corpo Cerrado III, que não expande sob solvatação com glicerol (mesmo a quente) e, muitas vezes não colapsa quando calcinada a 550°C.

O fator que parece influenciar na ausência de colapso de sua estrutura a 550°C é a quantidade de Mg no micro-ambiente, uma vez que este comportamento pode ser facilmente observado em amostras ricas em talco e/ou serpentina. Para verificação das temperaturas de colapso da estrutura da vermiculita, executaram-se vários testes aumentando-se a temperatura de calcinação para 650°C e 750°C, como exposto nas Figuras 5.12 a 5.17. A Tabela 5.3 traz a identificação e classificação das amostras e a mineralogia presente.

Figura	Ident.	Classif.	Ve	Ta	Se	Anf	Sap	Fo	Px	Int	Il
5.12	CIII-37	Piroxenito Hidroterm.	m	-	-	M	T	-	M	T	-
5.13	CIII-38	Peridotito Hidroterm.	M	T	m	-	T	-	-	-	-
5.14	CIII-39	Peridotito Hidroterm.	M	-	T	-	T	-	-	T	-
5.15	CIII-40	Peridotito Hidroterm.	m	T	m	-	-	m	-	T	-
5.16	FS01-05	Peridotito Hidroterm.	M	M	-	m	-	-	-	T	T
5.17	FS01-11	Peridotito Hidroterm.	M	T	M	-	T	-	-	T	-

Tabela 5.3 - Identificação e Mineralogia das amostras calcinadas a diferentes temperaturas.

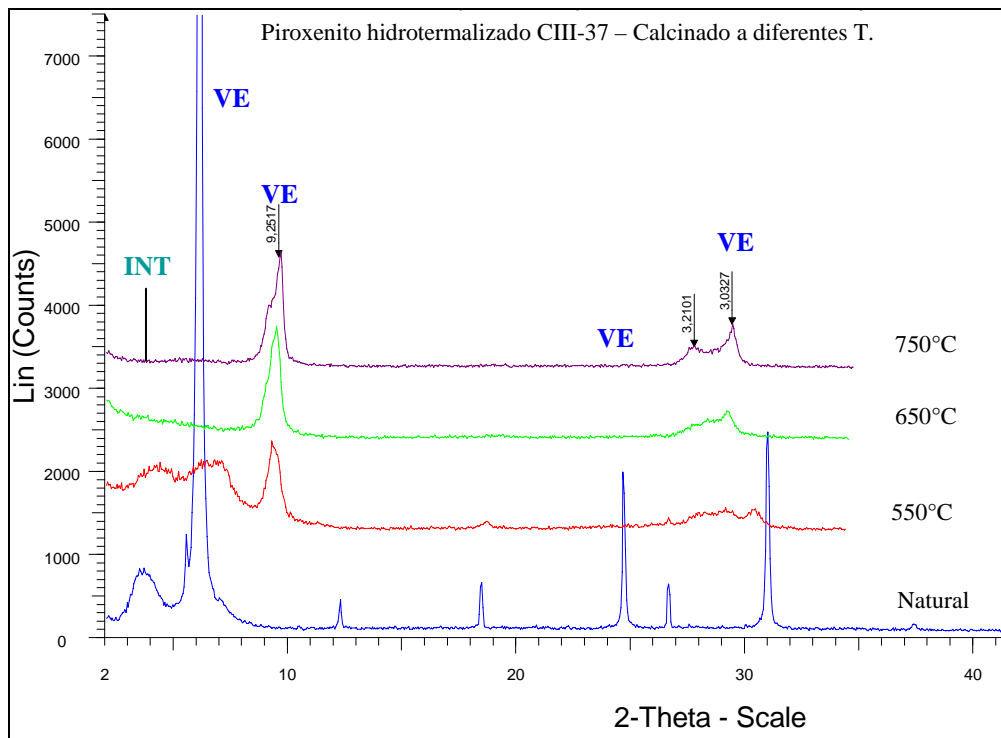


Figura 5.12 - Piroxenite hidrotermalizado CIII-37 – Calcinado a diferentes temperaturas.

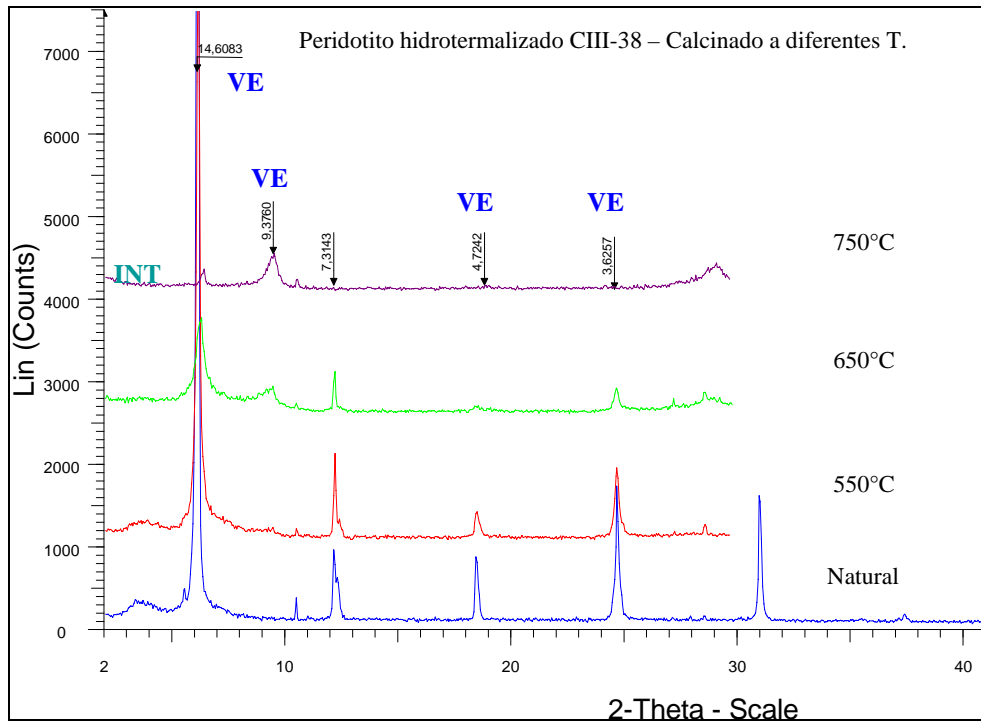


Figura 5.13 - Peridotite hidrotermalizado CIII-38 – Calcinado a diferentes temperaturas.



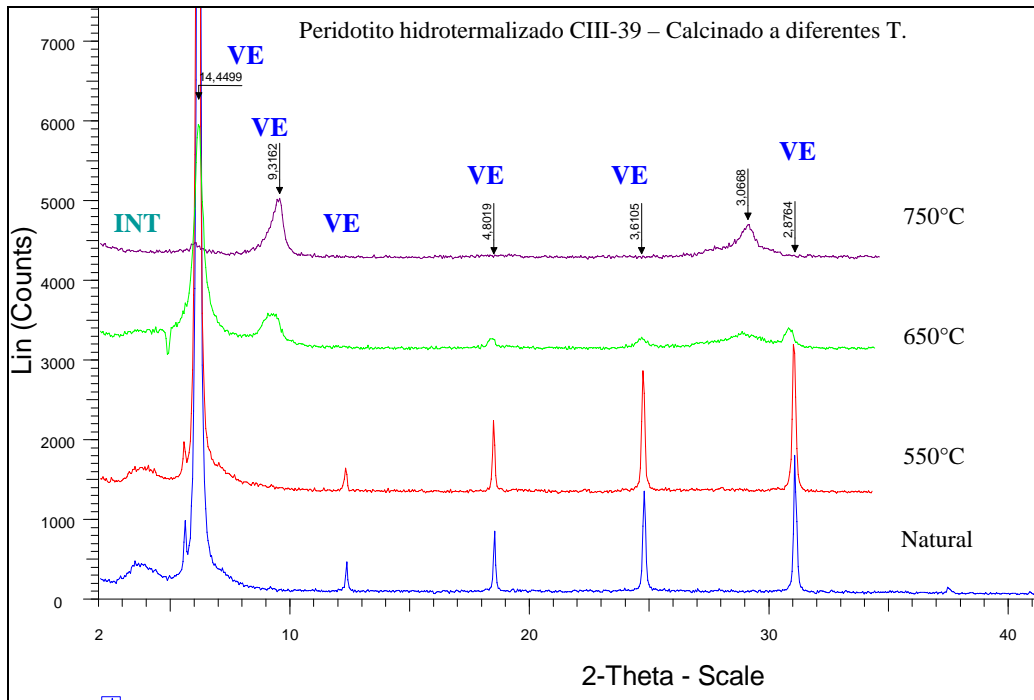


Figura 5.14- Peridotito hidrotermalizado CIII-39 – Calcinado a diferentes temperaturas.

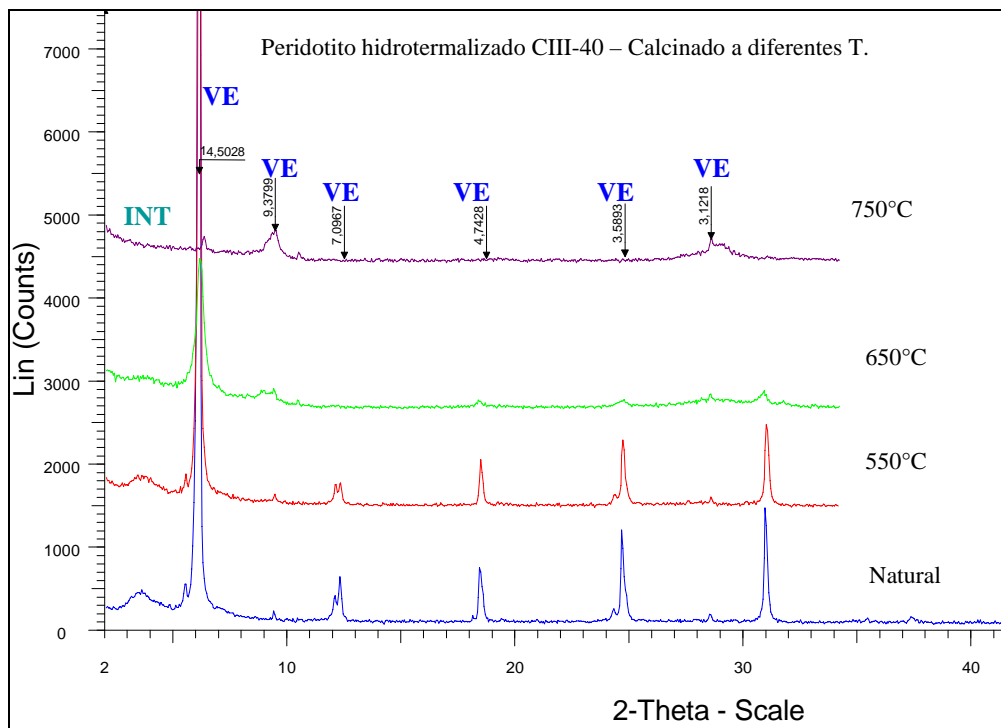


Figura 5.15 - Peridotito hidrotermalizado (rico em olivina) CIII-40 – Calcinado a diferentes temperaturas.

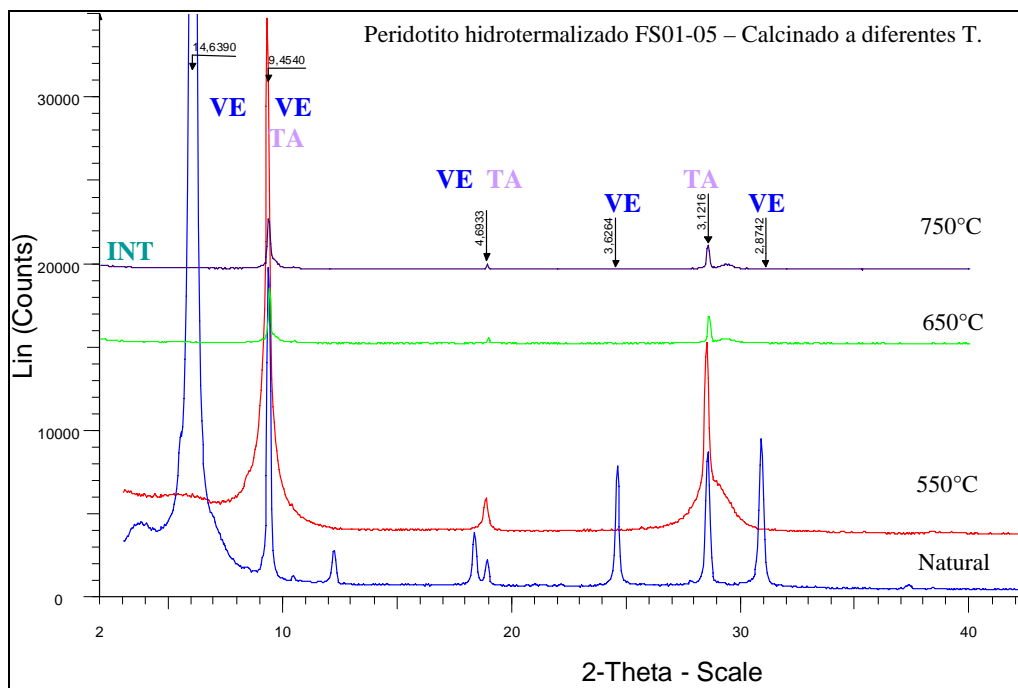


Figura 5.16 - Peridotito hidrotermalizado (rico em talco) FS01-05 – Calcinado a diferentes temperaturas.

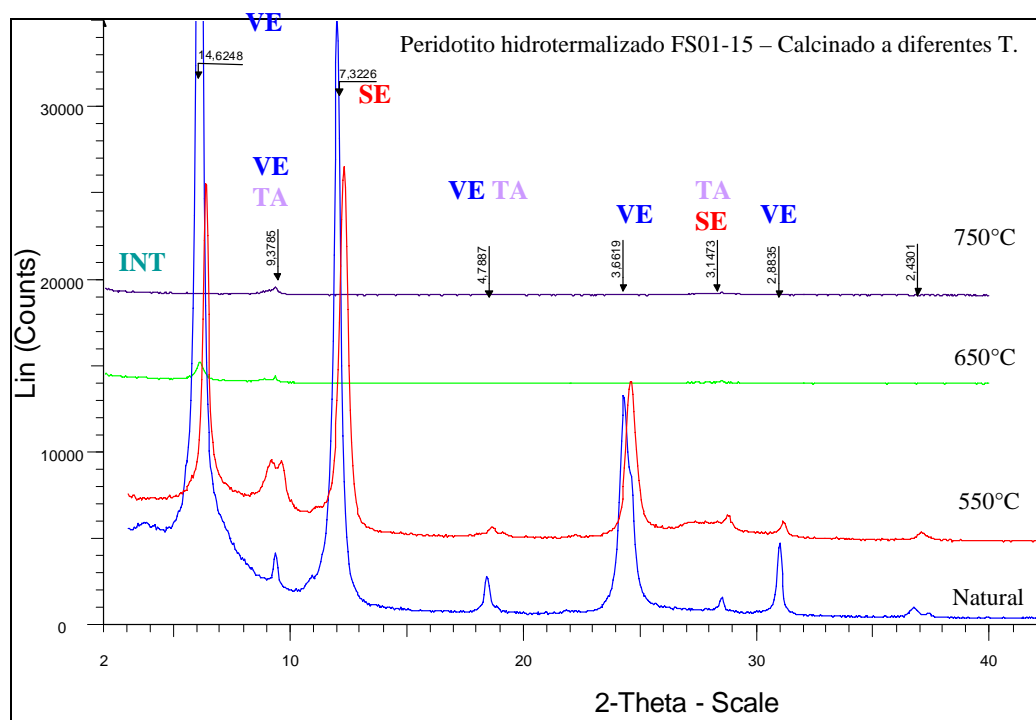


Figura 5.17 - Peridotito hidrotermalizado (rico em serpentina) FS01-11 – Calcinado a diferentes temperaturas.

Outra importante informação obtida durante este estudo foi em relação à presença do interstratificado hidrobiotita. Durante a análise dos difratogramas de diferentes profundidades do furo FS-02, ficou claro que a hidrobiotita ocorre apenas no perfil de intemperismo, como produto de alteração da vermiculita. Isto pode ser verificado na Figura

5.18, que traz o empilhamento de vários intervalos, até a profundidade de 13m, abaixo do qual a rocha já não está mais intemperizada e desaparece aquele interestratificado.

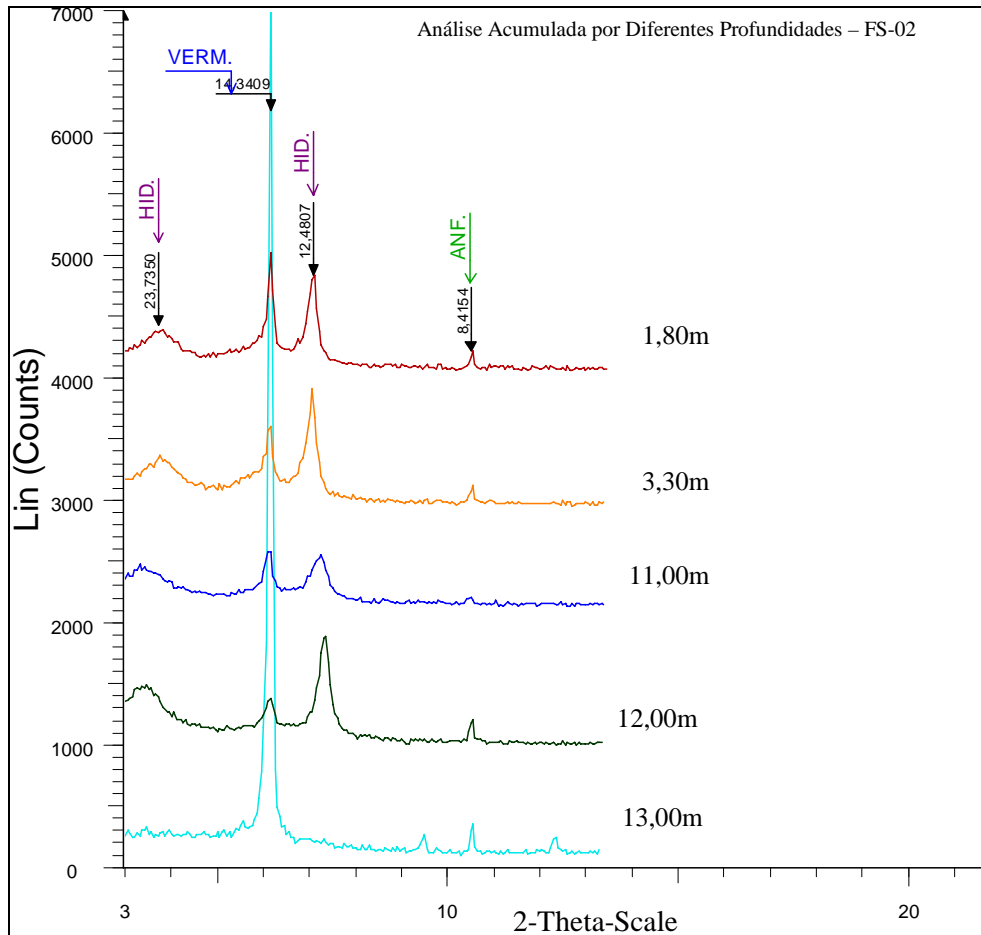


Figura 5.18 - Análises Acumuladas por Diferentes Profundidades – FS-02.

No piroxênio hidrotermalizado, que possui coloração geral verde claro a escuro e granulometria variando de fina a pegmatóide, foi encontrada uma ocorrência desta rocha, bem preservada, com grandes palhetas de granulação pegmatóide e coloração preta (Figura 5.19). Estas palhetas forneceram difratograma completamente diferente dos demais até então estudados, pois apresenta pico  $d_{001}$  em  $10\text{\AA}$ , como mostrado nas Figuras 5.20 e 5.21. Apesar das características difratométricas, como este mineral sofre esfoliação sob aquecimento sugere-se, neste mestrado, sua identificação como sendo uma vermiculita anômala. No capítulo 6 – Feições Genéticas da Vermiculita e Características Anômalas do Depósito Cerrado III – sugere-se a necessidade da utilização de diferentes técnicas para auxiliar sua identificação definitiva.



Figura 5.19 - Piroxenito hidrotermalizado mineralizado, com palhetas pegmatóides anômalas.

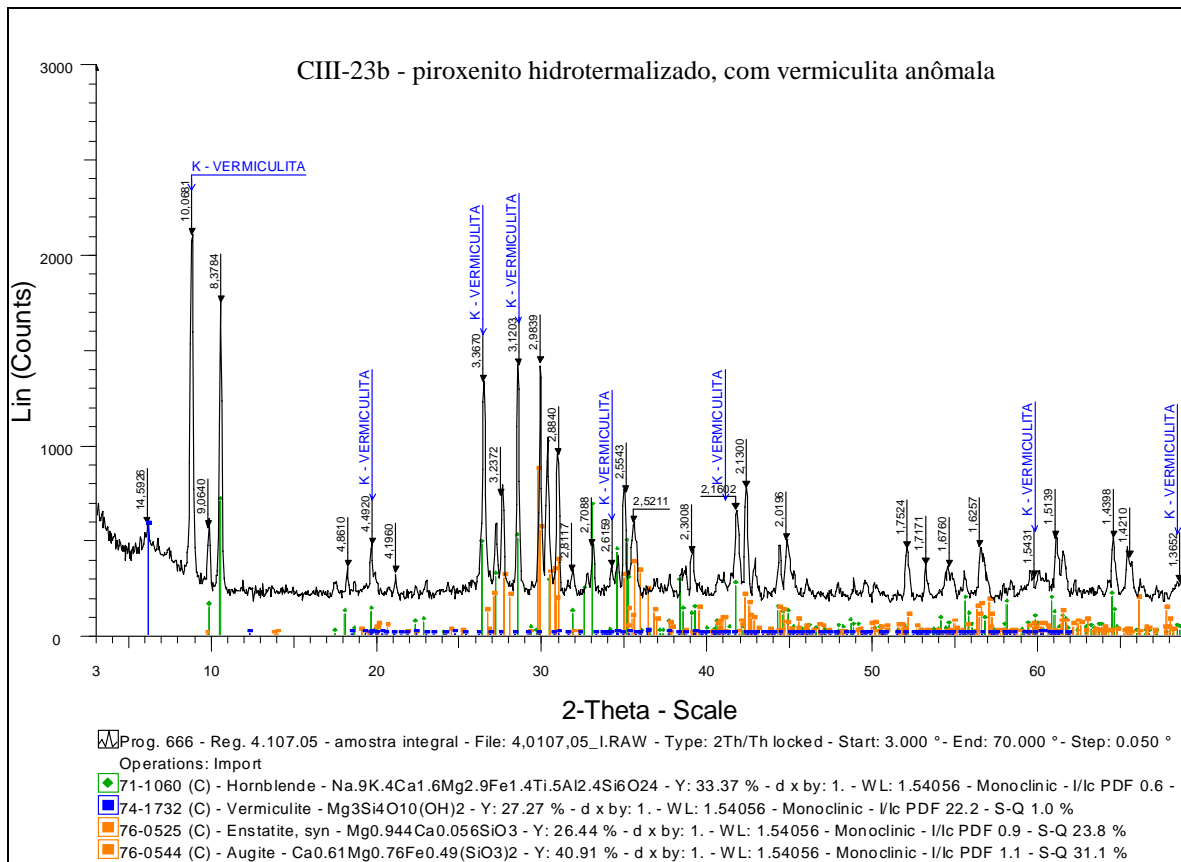


Figura 5.20 - Análise integral do piroxenito hidrotermalizado, com “vermiculita anômala”, com d001=10Å.

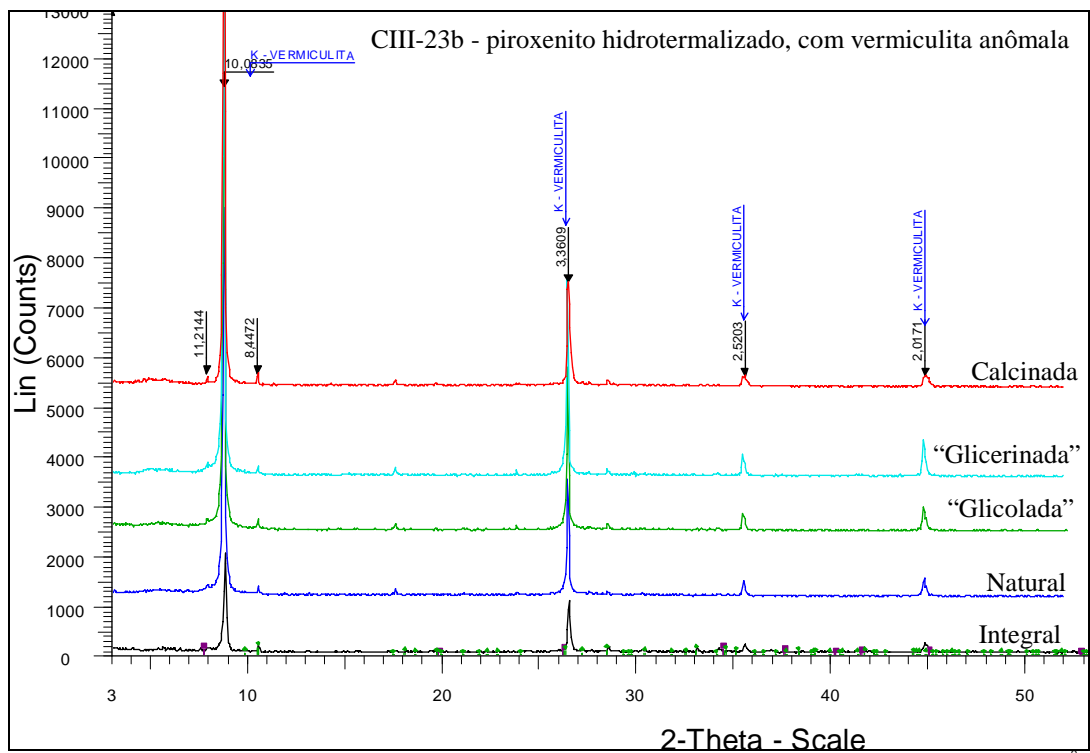


Figura 5.21 - Análises acumuladas do Piroxenito hidrotermalizado, com Vermiculita com  $d_{001}=10\text{Å}$ .

Para efeito de comparação dos diferentes tipos de vermiculita que ocorrem no depósito Cerrado III com as que ocorrem nos depósitos de Paulistana-PI e Catalão-GO (Figura 5.22) fez-se difração de raios-X destas últimas (Figuras 5.23 e 5.24).



Figura 5.22 - Vermiculitas de diferentes depósitos brasileiros.

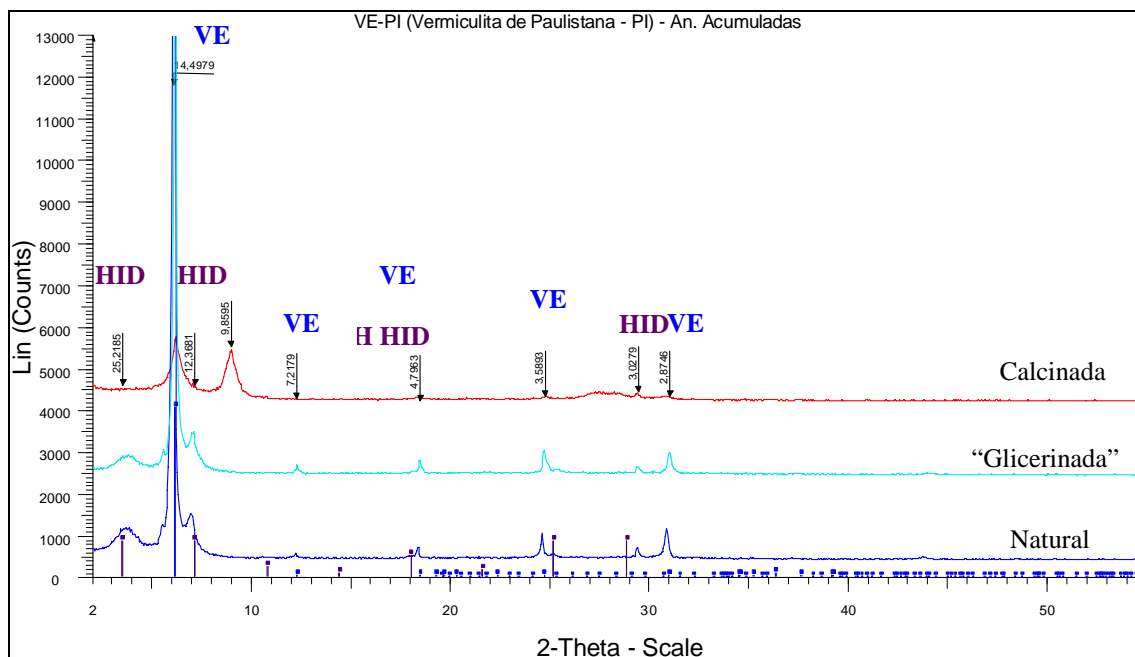


Figura 5.23 - Análises Acumuladas de Paulistana-PI.

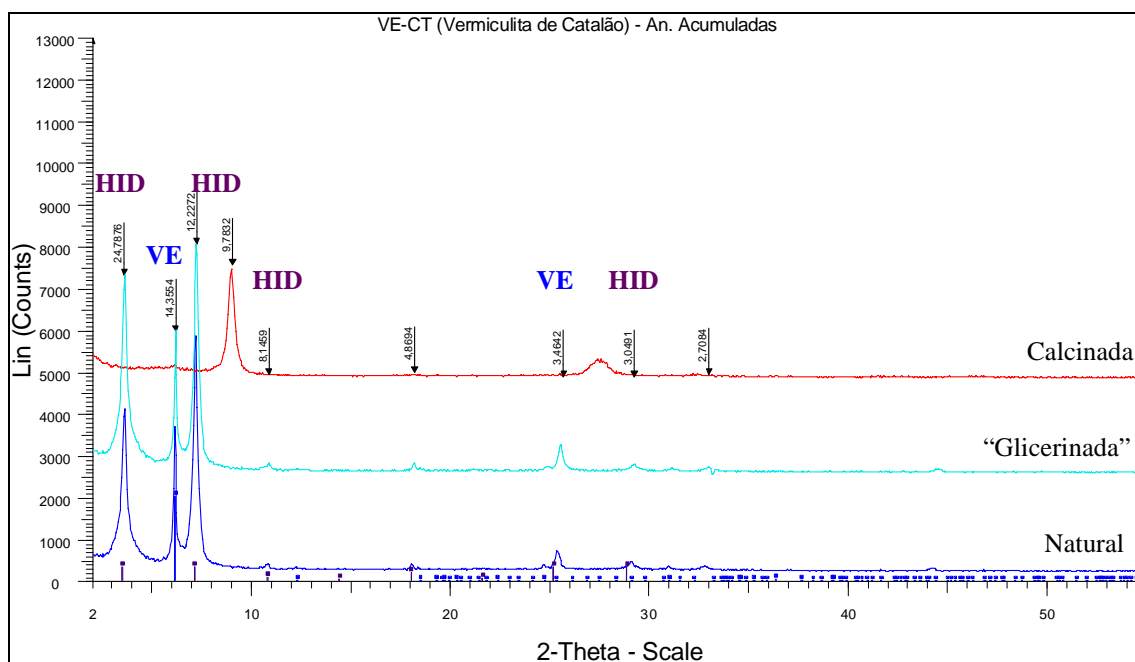


Figura 5.24 - Análises Acumuladas Catalão-GO.

Pode-se notar que as vermiculitas de ambos os depósitos não apresentaram expansão sob solvatação com glicerol a quente, e estão associadas à hidrobiotita e que, enquanto a vermiculita de Catalão possui colapso total de sua estrutura a 550°C, o mesmo não acontece com a de Paulistana.

### 5.1.2. Amostras da Usina e do Laboratório Industrial

As amostras de produtos da Usina Industrial, analisadas em diferentes épocas, estão resumidas na Tabela 5.4.

ANO	IDENTIF.	PRODUTO	COMPOSIÇÃO												
			Ve	Ta	Se	Int. Hid	Sp	Anf.	Int.	Fo	Px	Go	Ox. Fe	Qz	
2004	USI - 01	Palhetas do Pré-Concentrado	M	-	-	-	T	-	-	-	-	-	-	-	
2004	USI - 02	Pesados do Pré-Concentrado	M	m	m	-	T	M	-	-	M	-	-	-	
2004	USI - 03	Rejeito Leve da Expansão	M	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	
2004	USI - 04	Palhetas “ <i>in natura</i> ” tipo Prêmio	M	-	-	M	-	-	-	-	-	-	-	-	
2005	USI - 05	Concentrado Superfino	M	m	m	T	-	T	-	-	-	-	-	-	
2005	USI - 06	Rejeito Pesado - Expansão	m	M	m	-	-	m	-	-	T	-	-	m	
2005	USI - 07	Rejeito Leve - Expansão	M	T	T	-	-	T	T	-	-	-	-	-	
2005	USI - 08	Rejeito Pesado - Deslamagem	M	m	-	T	-	M	-	T	m	m	m	-	
2005	USI - 09	Concentrado Cru de Vermiculita	M	T	-	m	-	-	-	-	-	-	-	-	
2005	USI - 10	Rejeito da Expansão	M	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2005	USI - 11	Rejeito Fino da Expansão	M	m	T	-	-	m	-	-	-	-	-	-	
2005	USI - 12	Rejeito 3ª Expansão em Laboratório, do Concentrado Industrial Médio	M	m	-	-	T	T	-	-	T	-	-	-	
2005	USI - 13	Vermiculita Expandida Média	M	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Abreviaturas: **Ve** - vermiculita; **Ta** - talco; **Se** - serpentina; **Anf** - anfíbios; **Sp** - saponita; **Fo** – forsterita; **Px** – piroxênios; **Int. Hid** – interstratificado hidrotita; **Int** – interstratificado não identificado; **Ox. Fe** – óxidos de ferro; **Go** – goethita; **Q** – quartzo.

Tabela 5.4 - Resultados da difração de raios-X em diferentes produtos da Usina Industrial.

Dos produtos expostos na tabela anterior, serão apresentados os difratogramas das amostras com identificações USI-06, USI-07, USI-08, USI 09 e USI-13, através das Figuras 5.25 (Integral), 5.26 (Análises Acumuladas), 5.27 (Integral), 5.28 (Análises Acumuladas), 5.29 e 5.30 e 5.31.

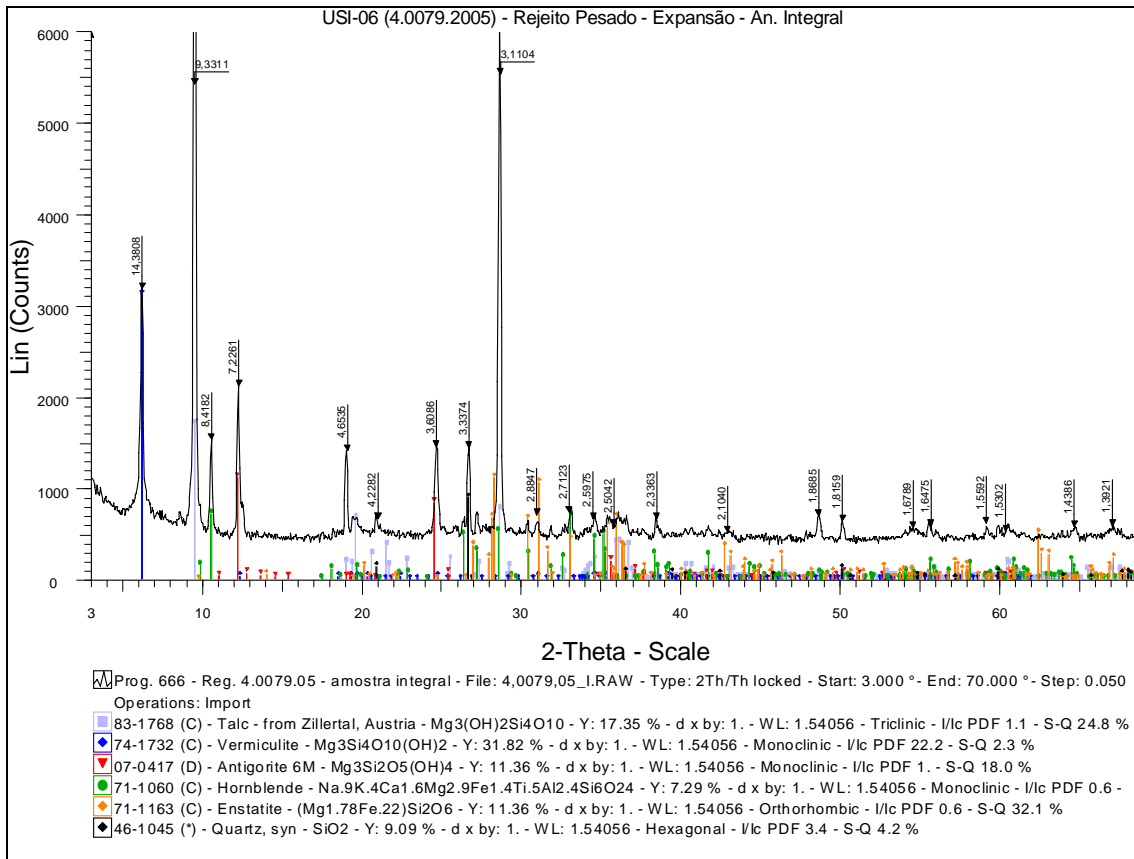


Figura 5.25 - Análise Integral da amostra USI-06 – Rejeito Pesado da Expansão.

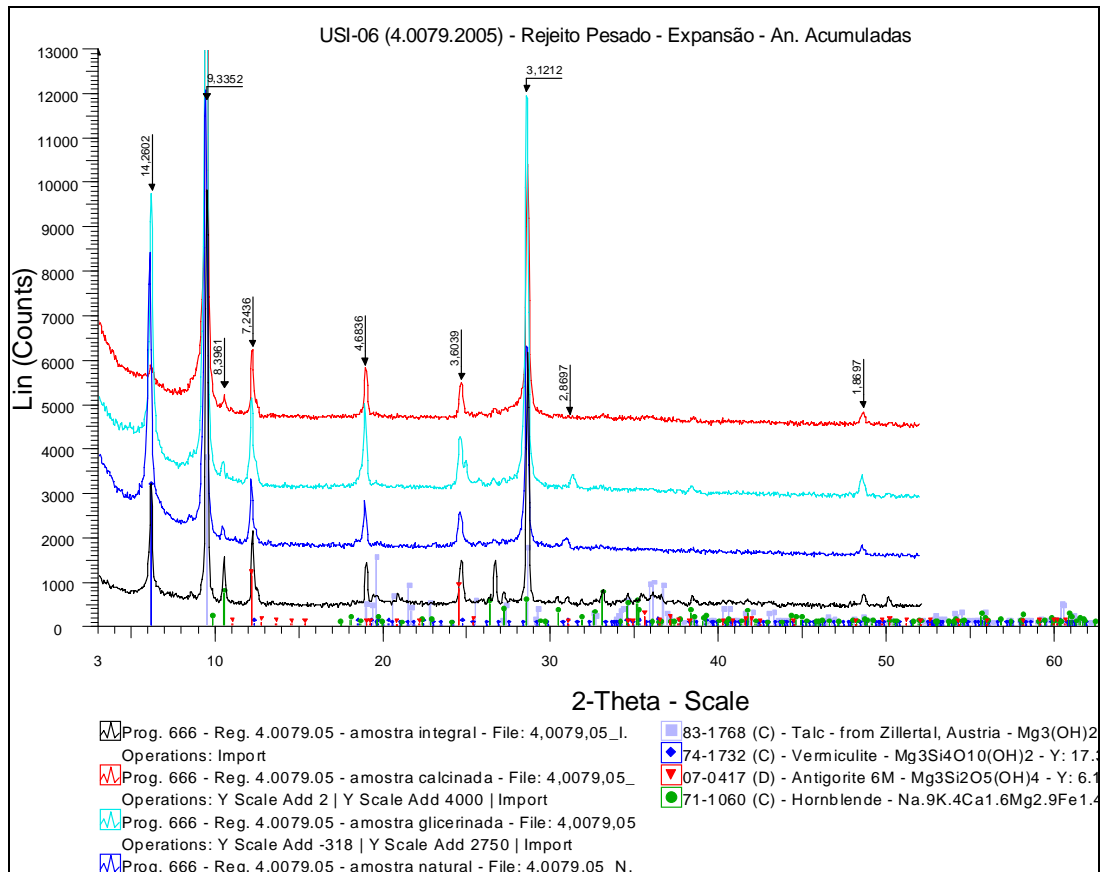


Figura 5.26 - Análises Acumuladas da amostra USI-06 – Rejeito Pesado da Expansão.



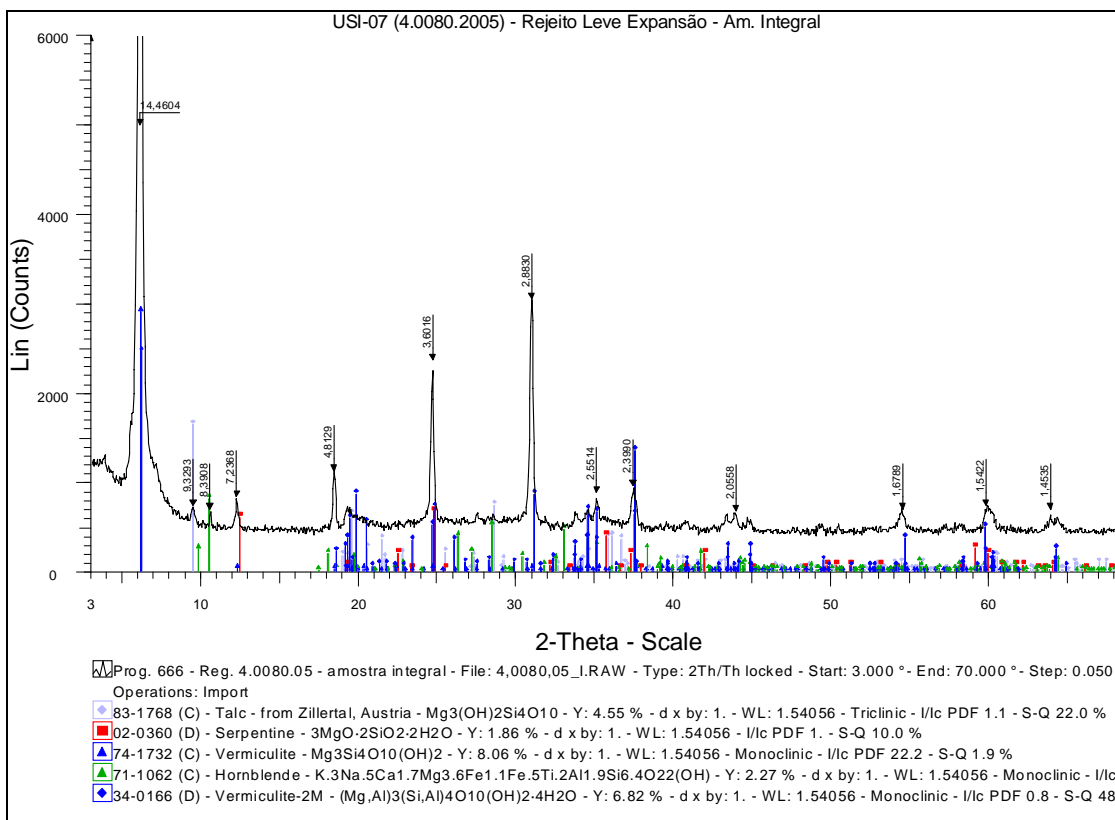


Figura 5.27 - Análise Integral da amostra USI-07 – Rejeito Leve da Expansão.

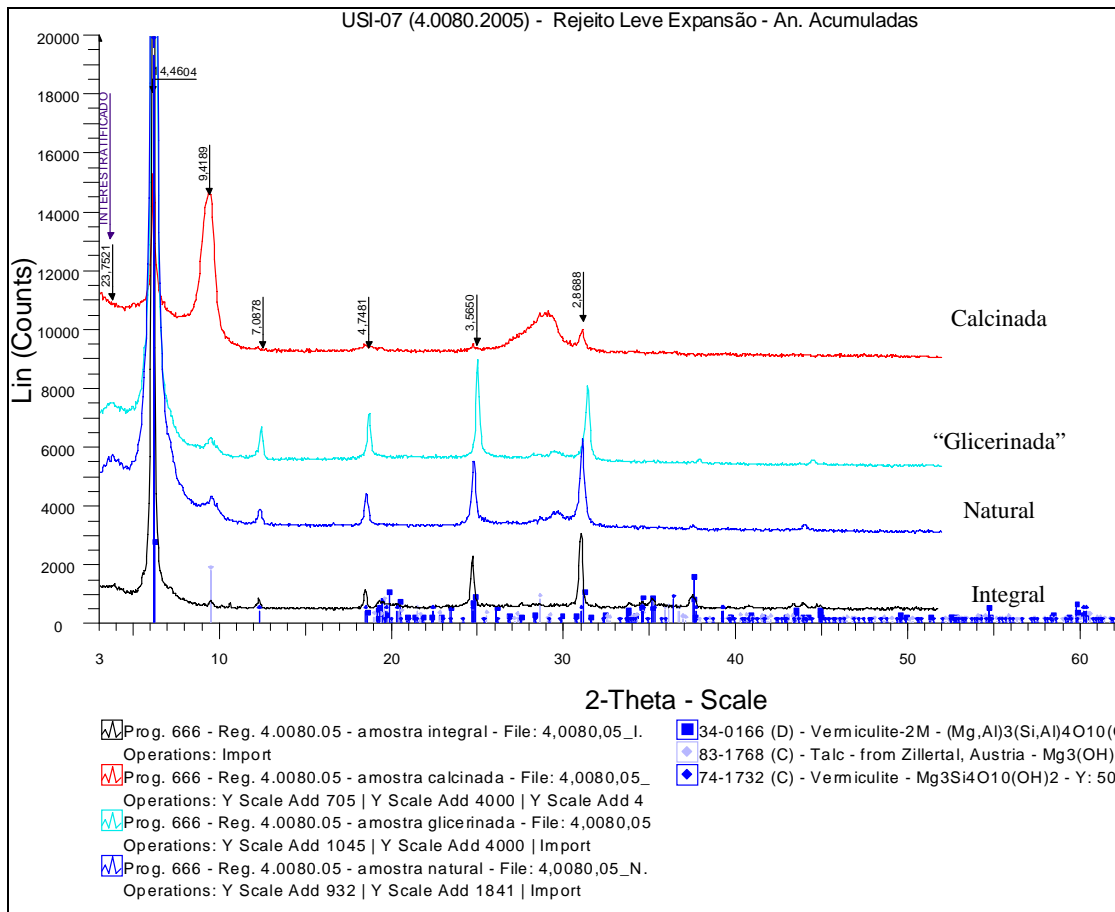


Figura 5.28 - Análises Acumuladas da amostra USI-07 – Rejeito Leve da Expansão.

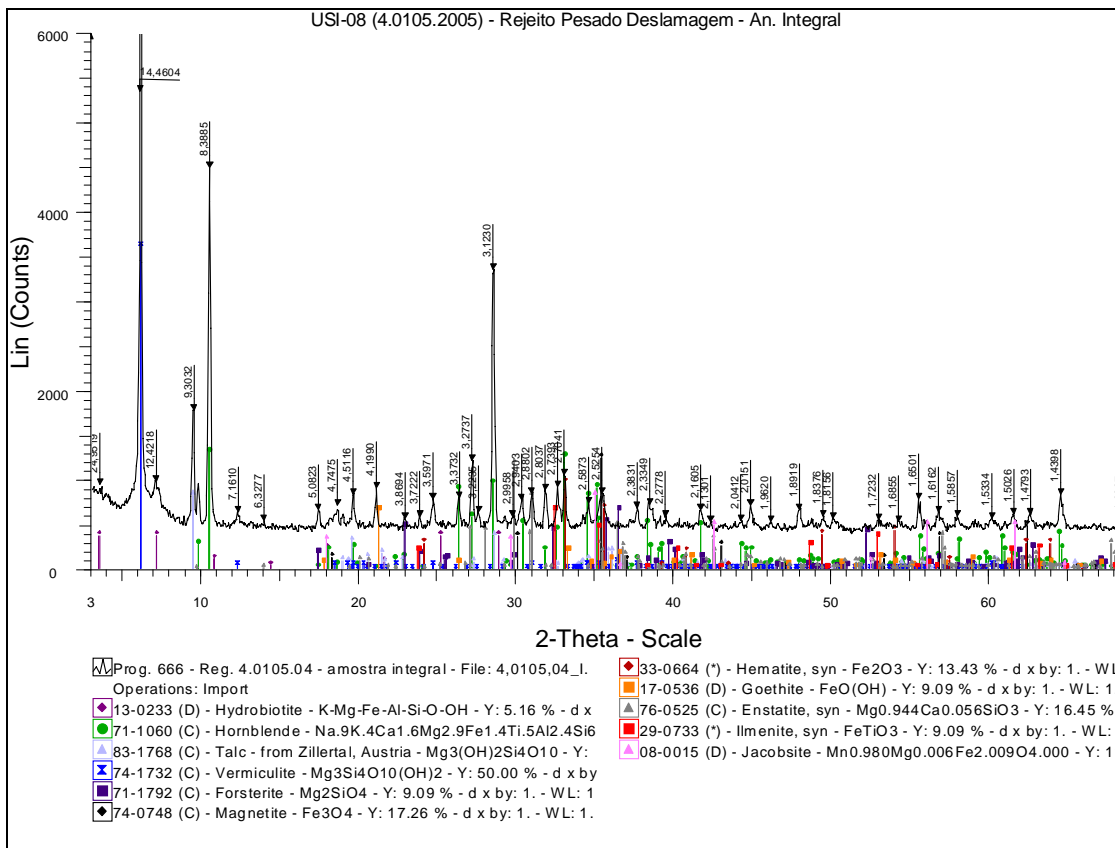


Figura 5.29 - Análise Integral da amostra USI-08 – Rejeito Pesado da Deslamagem.

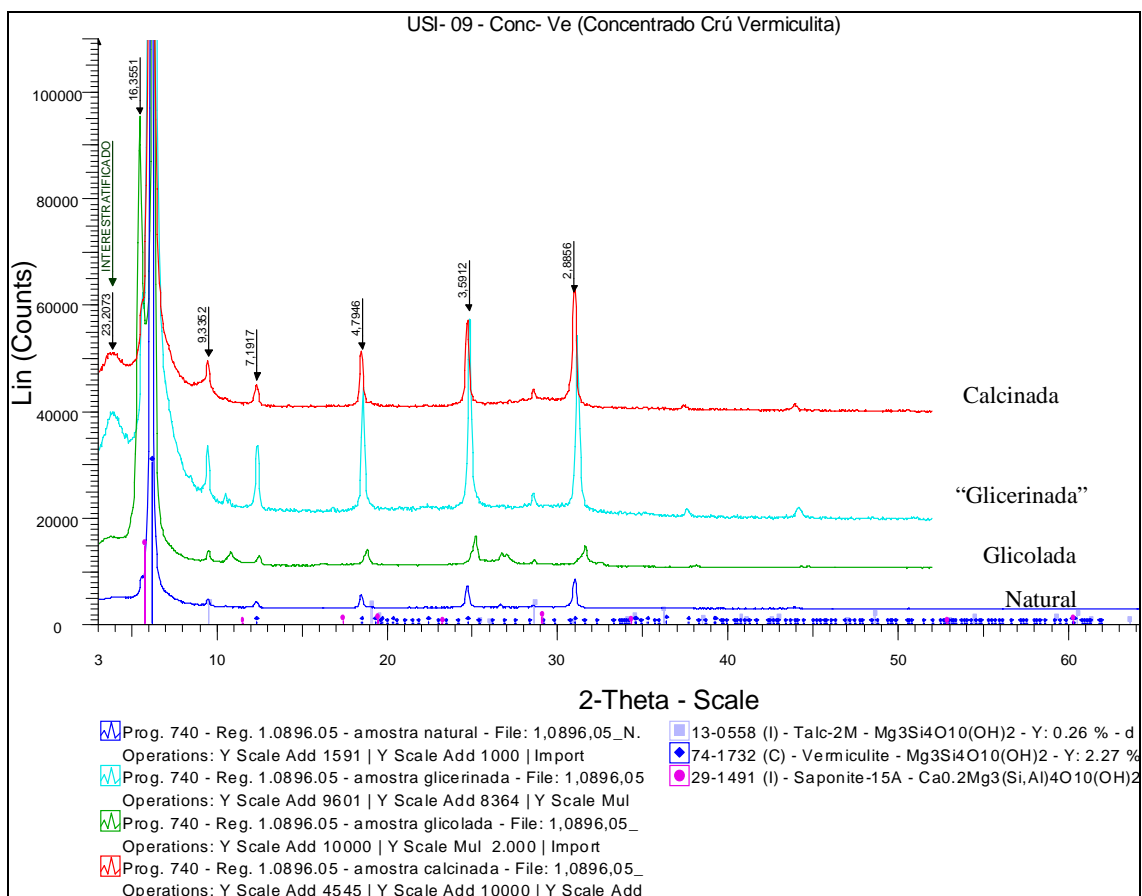


Figura 5.30 - Análises Acumuladas da amostra USI-09 – Concentrado Cru de Vermiculita.

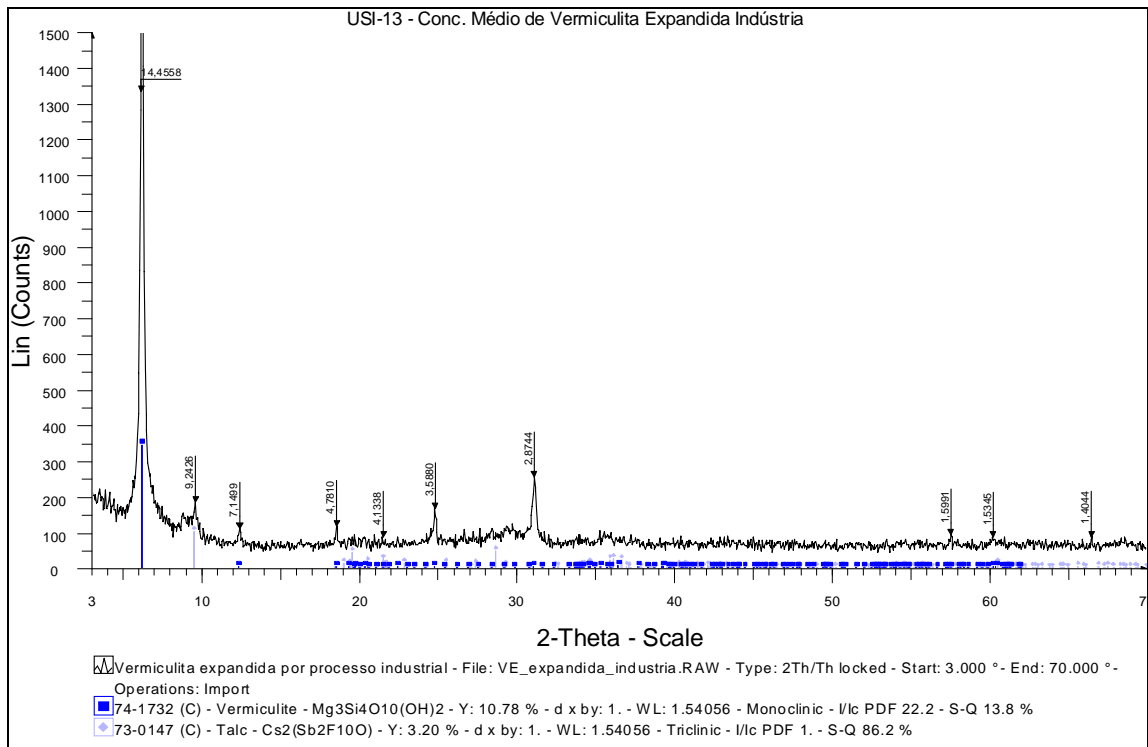


Figura 5.31 - Análise Integral da amostra USI-13 – Concentrado Médio de Vermiculita Expandida.

A observação macroscópica e em estereomicroscópio destes produtos permitiu:

- A compreensão da razão de existir grande quantidade de vermiculita nos rejeitos, onde se constatou que a grande maioria é função da granulometria, pertencente à parte mais fina do Concentrado Superfino (que vai de 1 a 0,5mm) e ao material na granulometria Mícron (<0,5mm), o primeiro com pouco aproveitamento econômico e o último sem qualquer possibilidade de aproveitamento atual;
- Complementar a identificação mineralógica dos rejeitos pesados, pois com a conformação do difratômetro de raios-X do Laboratório de FURNAS tem-se dificuldade em se detectar minerais com densidades elevadas, como a magnetita e ilmenita, que ocorrem como minerais importantes desses rejeitos.

## 5.2. Análise Química

As análises químicas realizadas dos diferentes tipos de rochas existentes no corpo Cerrado III (Tabela 5.5), mostrando baixos teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, Na<sub>2</sub>O, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MnO.

ROCHA	TEOR												
	SiO <sub>2</sub> %	TiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	MnO %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	PF %	SOMA %
Piroxenito Uralitizado Mineralizado (CIII - 37)	34,00	1,02	6,80	8,22	19,80	4,58	0,75	0,06	0,09	0,31	0,100	15,90	91,63
Piroxenito Uralitizado Estéril	34,70	0,78	2,46	3,36	17,50	10,90	1,76	0,29	0,12	0,30	0,034	2,24	74,44
Peridotito Uralitizado Mineralizado (CIII - 38)	35,60	0,82	2,08	9,44	22,40	0,50	0,77	0,03	0,15	0,17	0,190	15,40	87,55
Peridotito Uralitizado Estéril	35,70	0,30	0,99	9,50	28,10	2,15	0,78	0,03	0,14	0,30	0,051	13,10	91,14
Piroxenito Uralitizado Anômalo (CIII-23)	37,70	1,45	7,93	2,70	15,10	1,46	1,02	7,95	0,07	0,37	0,340	2,17	78,26

Tabela 5.5 – Composição das Rochas Máfico-Ultramáficas do Corpo Cerrado III.

Para efeitos comparativos, relaciona-se os teores de concentrados dos principais depósitos brasileiros e alguns depósitos mundiais conhecidos (Tabela 5.6). Onde pode-se notar que os teores de SiO<sub>2</sub> e MgO possuem patamares semelhantes para todos os depósitos, independente da origem, enquanto o grande diferencial entre os dois grupos com origens diferentes são os teores de K<sub>2</sub>O. Nos depósitos de vermiculita originada a partir de flogopita os teores de K<sub>2</sub>O variam de 0,50 a 0,11%, enquanto que nos depósitos com vermiculita formada a partir de anfibólios estes teores variam de 0,05 a 0,07%.

Origem	Vermiculitas derivadas de flogopita por intemperismo - teores (%)						A partir de anfibólios (%)	
	Catalão (1)	Catalão (1)	Brumado (1)	Paulistana (2)	Palabora (1)	Palabora (2)	Cerrado III (Conc. Bulk) (3)	Bohemian Massif (4)
SiO <sub>2</sub>	36,41	28,26	37,10	45,10	44,40	39,37	37,45	36,03 ± 0,6
TiO <sub>2</sub>	2,73	7,86	0,33	0,70	1,04	1,25	2,05	1,25 ± 0,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,25	11,49	19,17	10,20	15,05	12,08	10,52	14,1 ± 0,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,31	20,86	5,14	5,80	4,15	5,45	6,60	9,28
FeO	0,30	0,13	0,80	x	0,47	1,17	x	0,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ND	5,76	ND	x	0,09	x	x	x
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	x	x	x	x	x	x	x	0,09 ± 0,06
MnO	T	T	T	x	T	0,30	T	0,04 ± 0,02
NiO	ND	ND	x	x	x	x	x	x
MgO	18,51	6,99	22,98	19,20	23,07	23,37	22,67	23,3 ± 0,80
CaO	0,59	2,70	2,04	3,80	1,27	1,46	0,38	0,22 ± 0,15
Na <sub>2</sub> O	0,10	1,36	1,35	0,10	0,73	0,8	0,31	0,02
K <sub>2</sub> O	6,78	7,11	5,47	0,50	2,80	2,46	0,05	0,07 ± 0,04
H <sub>2</sub> O (PF)	7,30	8,12	5,90	10,20	7,10	11,2	17,78	x
SOMA	100,28	100,64	100,28	95,60	100,17	98,91	97,87	x

Fontes: (1) Souza Santos (1992); (2) Hindman (1992); (3) Brasil Minérios (média 2003-2005); (4) Göttinger, por microsonda (1987).

Tabela 5.6 – Composição de Concentrados de Vermiculita de Diferentes Depósitos no Brasil e no Mundo.

Como não foi possível a análise da vermiculita por métodos analíticos mais apurados como microsonda eletrônica (explicado no capítulo 4), ou por WDS (com padrões mais adequados) no MEV, fêz-se análises químicas apenas das palhetas de vermiculita, por Absorção Atômica e Via Úmida (Tabela 5.7). Com os teores obtidos, calculou-se a fórmula estrutural das vermiculitas de cada tipo de minério do depósito Cerrado III (Tabela 5.8) em comparação com outros depósitos conhecidos no mundo.

<b>PALHETAS</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b> %	<b>TiO<sub>2</sub></b> %	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> %	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> %	<b>MgO</b> %	<b>CaO</b> %	<b>Na<sub>2</sub>O</b> %	<b>K<sub>2</sub>O</b> %	<b>MnO</b> %	<b>PF</b> %	<b>SOMA</b> %
Piroxenito Uralitizado (PALHETAS da CIII - 37)	33,60	1,46	1,93	5,85	17,70	0,35	0,14	0,03	0,09	20,30	81,45
Peridotito Uralitizado (PALHETAS da CIII - 38)	33,40	1,25	8,70	5,85	19,50	0,24	0,35	0,03	0,15	19,50	88,97

Tabela 5.7 - Composição das Palhetas de Vermiculita a partir da Geoquímica (AA e VU).

<b>Vermiculitas</b>	<b>Si</b>	<b>Al</b>	<b>Al (T)</b>	<b>Al (O)</b>	<b>Ti</b>	<b>Fe3</b>	<b>Fe2</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Ca</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Oct.</b>	<b>Mg Interc.</b>	<b>Mg (O)</b>	<b>Ba</b>
Palhetas CIII-37	5,78 6	2,626	2,214	0,41 2	0,181	0,782	0,148	4,641	0,011	0,063	0,042	0,000	6,177	0,177	4,464	x
Palhetas CIII-38	5,72 3	2,689	2,277	0,41 2	0,192	0,988	0,173	6,459	0,027	0,053	0,08	0,027	10,27	4,271	2,188	x
Santa Otalla (1)	5,44 0	2,680	2,560	0,12 0	0,160	0,480	0,060	5,960	x	0,040	x	x	6,000	0,780	5,180	x
Llano (2)	5,56 0	2,840	2,440	0,40 0	0,040	0,020	x	5,880	c	x	x	x	6,340	x	5,880	0,9
Malawi (2)	5,78 0	x	2,080	x	0,120	1,060	x	x	0,020	0,600	x	0,100	6,020	x	5,060	x

(1) André (1972 *in* De la Calle & Suquet, 1988)

(2) Norrish (1973 *in* De la Calle & Suquet, 1988)

Tabela 5.8 - Fórmula Estrutural das vermiculitas do Cerrado III, a partir da Geoquímica em palhetas puras, em comparação com outras conhecidas no mundo.

### 5.3. Microscopia Ótica

A microscopia ótica permitiu, além da verificação das feições texturais, a complementação da caracterização mineralógica pela difração de raios-X, mostrando a seguinte paragênese:

- Piroxenito hidrotermalizado: vermiculita; hornblenda comum; pargasita rica em Mg; actinolita, antofilita (principalmente em veios pegmatóides); clino e

ortopiroxênios; serpentina; talco; opacos (como inclusões dentro da vermiculita e de anfibólios); além de titanita, apatita e carbonato, como acessórios;

- Peridotito hidrotermalizado: vermiculita; hornblenda; olivina; talco; serpentina; clorita (como alteração da vermiculita); carbonato e opacos (como inclusões dentro da vermiculita e de anfibólios).

### 5.3.1. Piroxenito hidrotermalizado

O piroxenito hidrotermalizado é geralmente granular-hipidiomórfico, sem qualquer orientação preferencial dos minerais, tem coloração verde claro a verde amarelado granulação fina, com algumas porções pegmatóides (Figura 5.32 e 5.33). Consiste predominantemente de vermiculita 10-50%, anfibólios 20-50%, talco cerca de 10%, piroxênios (orto e clinopiroxênios) 5-25%, opacos, apatita e titanita como acessórios. Ocorrem ainda carbonatos como alteração de anfibólios e como produto final da alteração das olivinas; além de clorita como alteração da vermiculita.



Figura 5.32 - Amostra-de-mão do Piroxenito hidrotermalizado estéril fresco.



Figura 5.33 - Frente de lavra do Piroxenito hidrotermalizado mineralizado alterado.

A hornblenda comum ocorre como grandes cristais com pleocroísmo forte variando de verde escuro a amarelado claro, 2V em torno de 50° e sinal ótico negativo, às vezes chegando a Mg-hornblenda. Ocorre ainda outro anfibólio, incolor a ligeiramente esverdeado ou verde azulado ao microscópio, com 2V em torno de 70° e sinal ótico positivo, típicos da pargasita rica em Mg. A actinolita, ao microscópio, apresenta-se verde claro a incolor, 2V em

torno de 55° e ângulo de extinção em torno de 20°. Existe também o anfibólio fibroso, quase incolor e baixa birrefringência, provavelmente antofilita (identificação por DRX).

As hornblendas formaram-se provavelmente a partir do clinopiroxênio augita. Nos estágios iniciais a alteração pode ser acompanhada por uma despigmentação parcial do cristal de augita resultando na formação de áreas “manchadas” de piroxênio incolor ao microscópio, intercalado com pequenas placas de anfibólio, como mostrado nas Figuras 5.34 e 5.35 e 5.36.

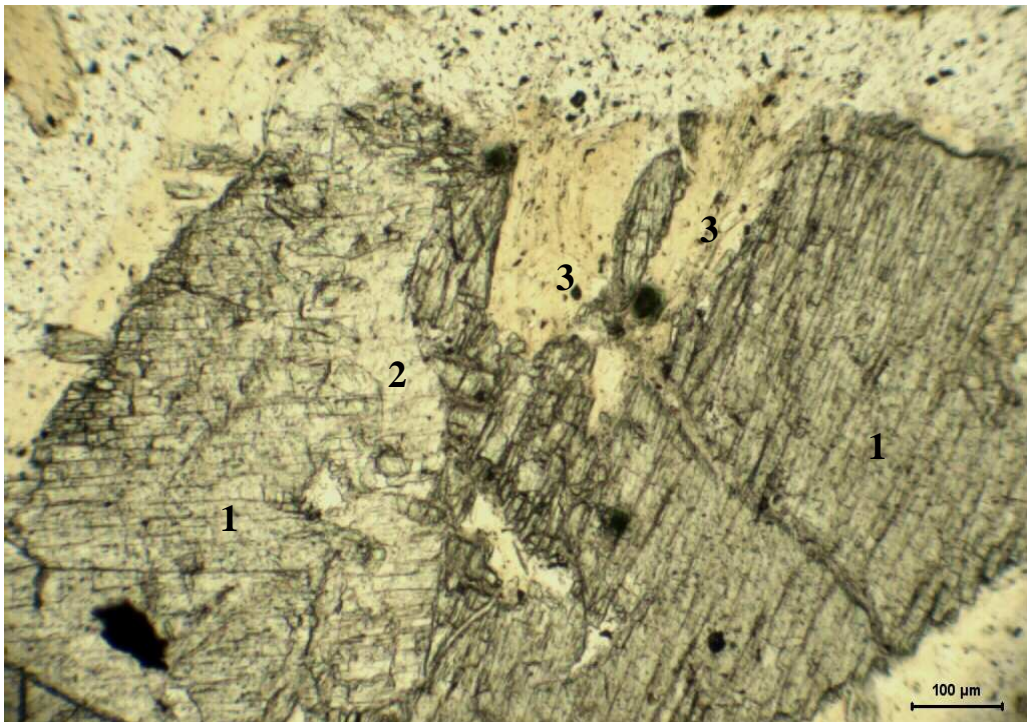


Figura 5.34 - CIII - 37a - grandes cristais de piroxênio (1), zona de transição para anfibólio (2) e vermiculita (3) formada a partir do anfibólio. N //.

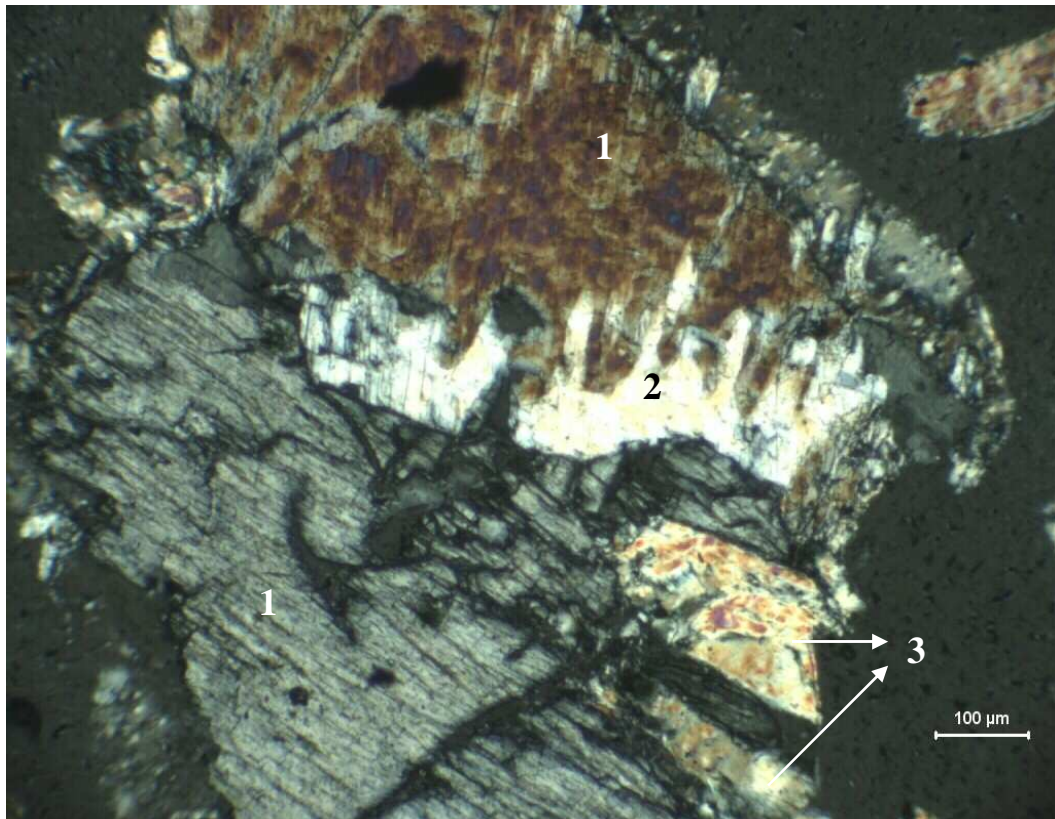


Figura 5.35 - CIII - 37a - mesmas feições da figura anterior. N X.



Figura 5.36 - CIII - 24: Piroxênio (1) (baixa birrefringência) quase totalmente alterado para anfibólio (2). N X.

Os anfibólios alteram-se para carbonato como mostrado nas Figuras 5.37 e 5.38.



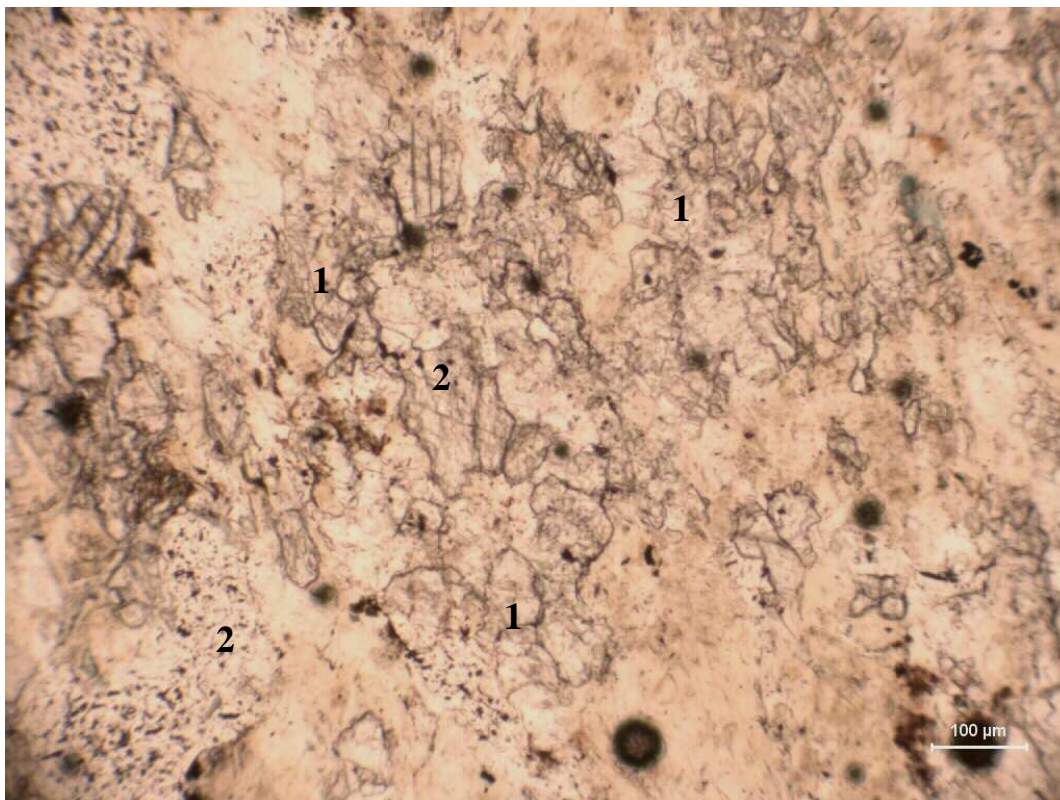


Figura 5.37 - CIII - 34b: Carbonatos (1) e anfibólios (2) com inclusões de opacos provavelmente derivados das inclusões existentes no clinopiroxênio original. N //.

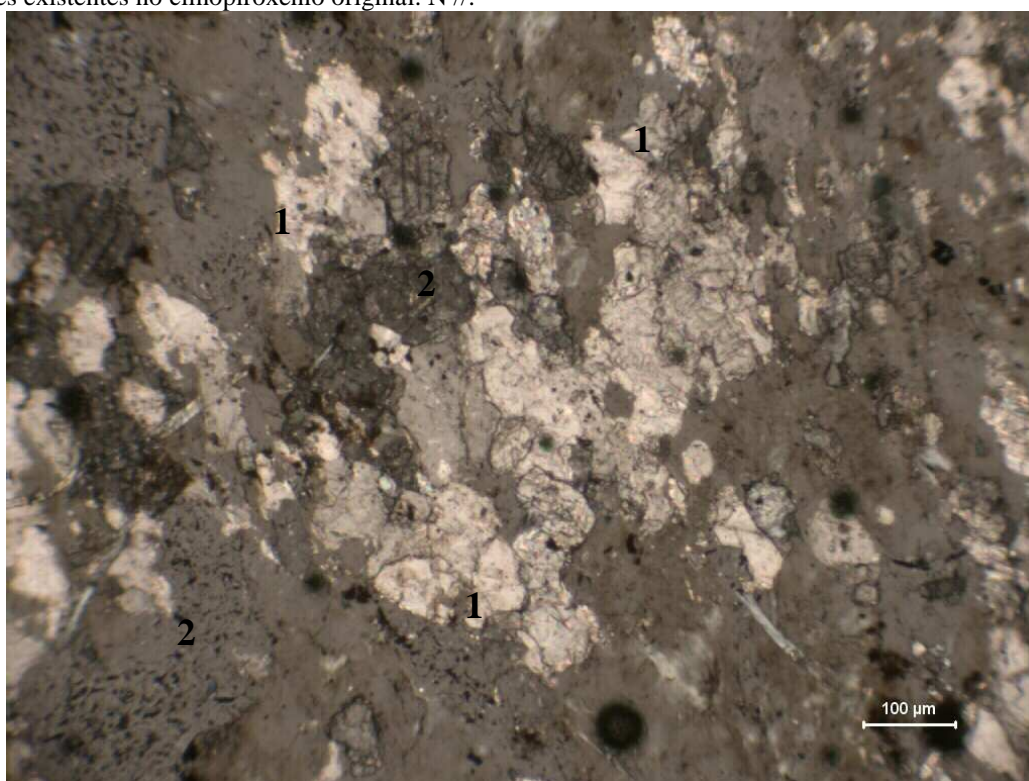


Figura 5.38 - CIII - 34b: Mesma fotomicrografia anterior com N X.

Como mostrado nas Figuras 5.32 e 5.33, os anfibólios também se alteram diretamente para vermiculita e neste processo de transformação parece haver perda de parte do ferro, o qual fica, muitas vezes, exsolvido nos cristais dos anfibólios nas bordas da

vermiculita sob a forma de hematita (Figuras 5.39 e 5.40). Também nos anfíbólios fibrosos foi constatada a transformação para vermiculita, como na Figura 5.41.

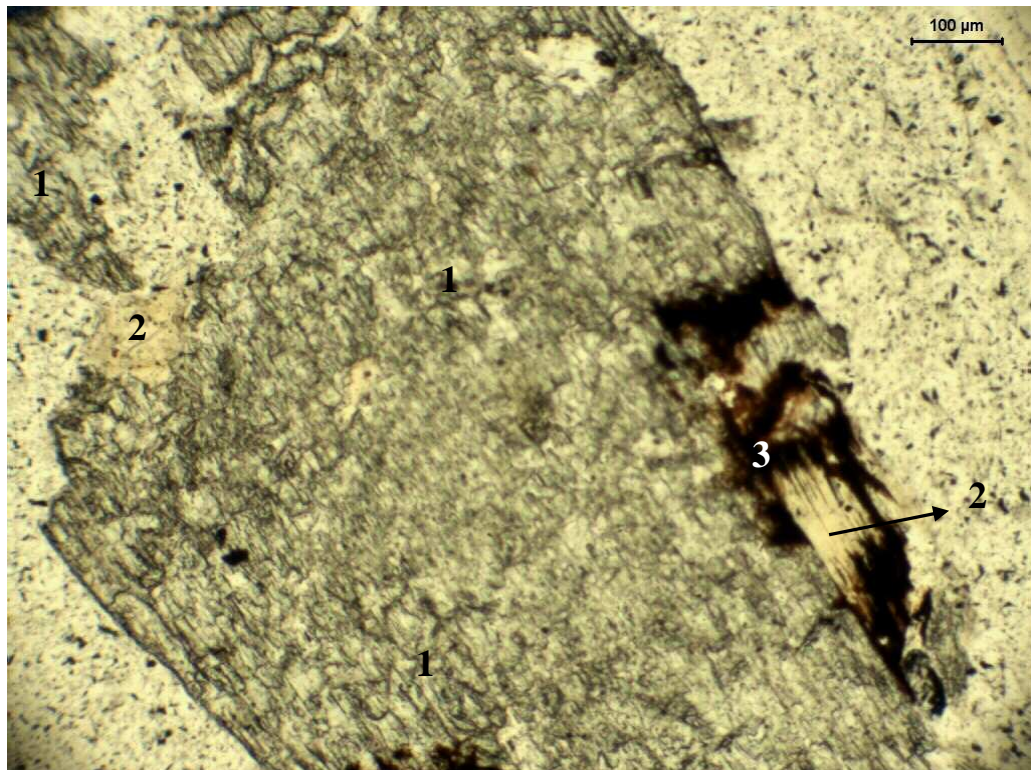


Figura 5.39 - Amostra CIII-37c, mostrando um grande cristal de anfíbólio (1) alterando-se para vermiculita (2) nas bordas e exsolução de ferro sob a forma de hematita (3) no processo de transformação. N //.

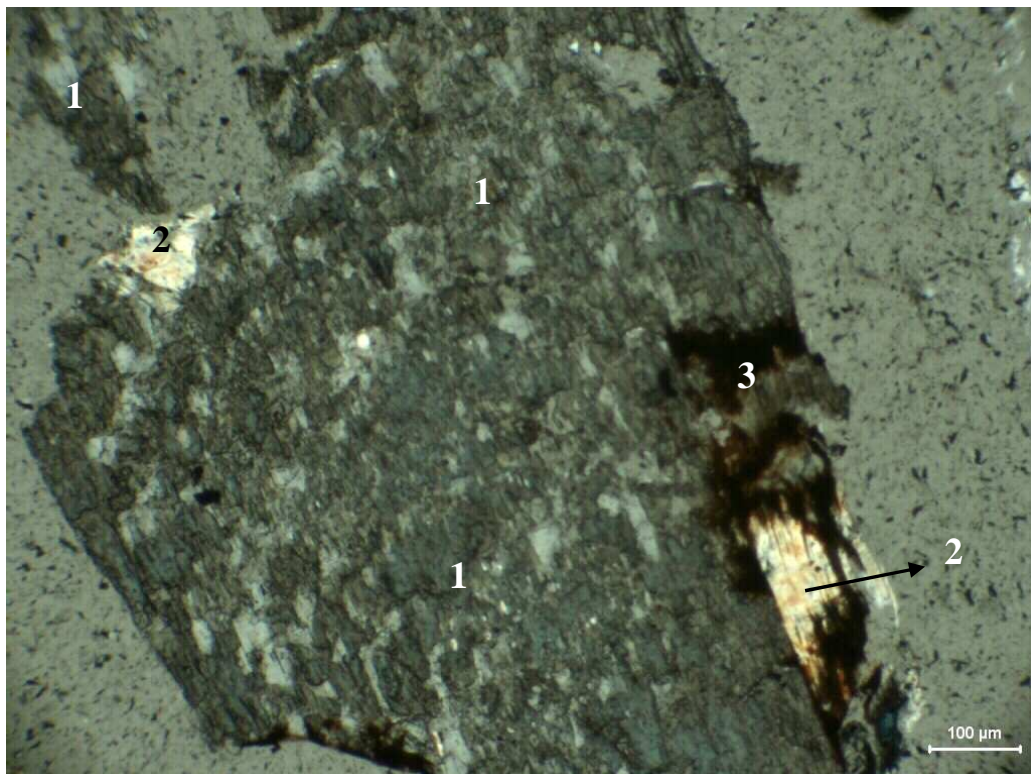


Figura 5.40 - Amostra CIII-37c: mesma fotomicrografia anterior, com os N X.



Figura 5.41 - Amostra FS01-17: anfibólios fibrosos (1) transformando-se para vermiculita (2) e talco (3).N X.

A vermiculita, por sua vez, apresenta incipiente estágio de cloritização, como mostrado nas Figuras 5.42 e 5.43.

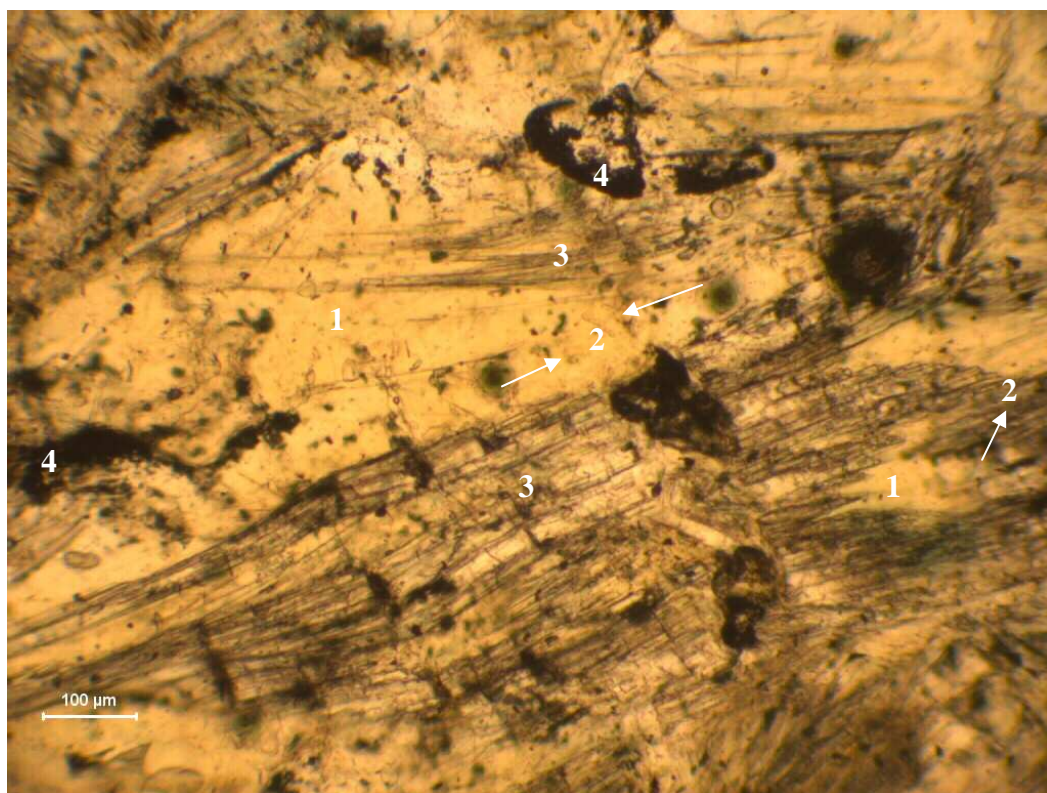


Figura 5.42 - Amostra FS01-17: palheta de vermiculita (1), em processo inicial de cloritização (2) e aparentemente com fibras reliquiárias de anfibólio (3). Nota-se material opaco (4), provavelmente derivado de inclusões existentes no clinopiroxênio original. N//.

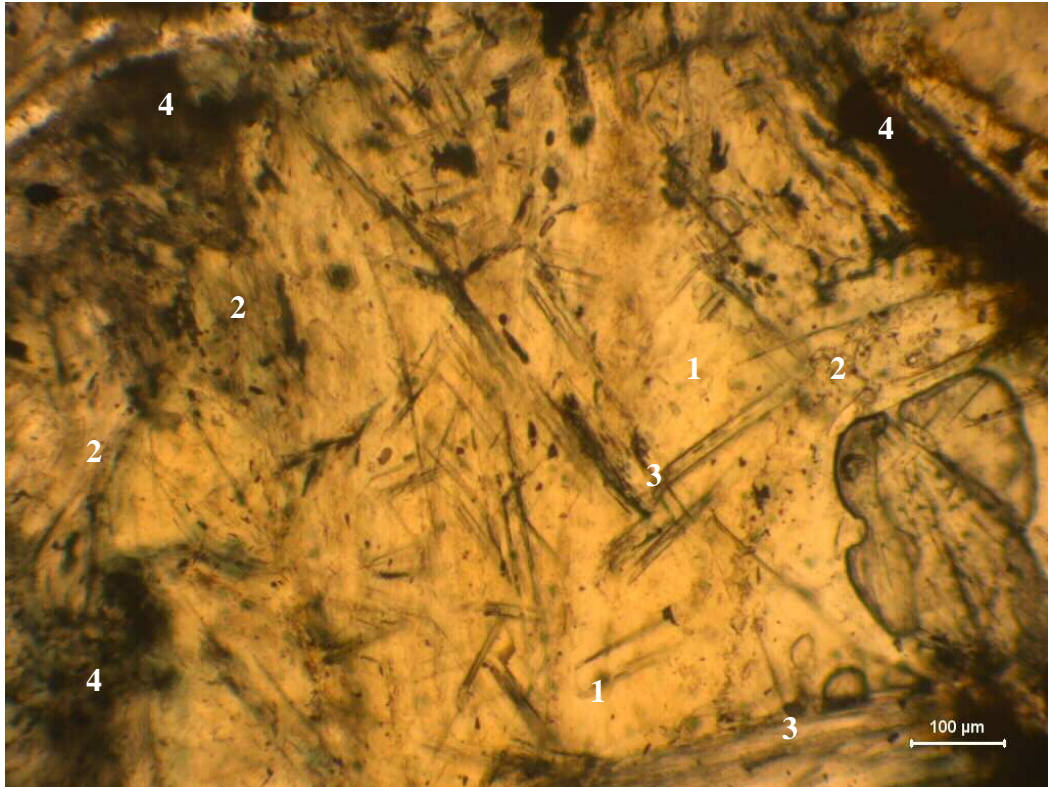


Figura 5.43 - Amostra FS01-17: palheta de vermiculita (1), em processo inicial de cloritização (2) e aparentemente com fibras reliquias de anfibólio fibroso (3). Nota-se a grande quantidade de material opaco exsolvido (4). N //.

Em amostra bem preservada do Piroxenito hidrotermalizado, foram identificados orto e clinopiroxênios, além da hornblenda, pargasita e vermiculita. Em alguns pontos da lâmina esta última às vezes parece estar em equilíbrio com os outros minerais (Figura 5.44 e 5.45), porém em outros o anfibólio parece estar em desequilíbrio, desestruturando-se para formar a vermiculita (Figura 5.46 e 5.47).

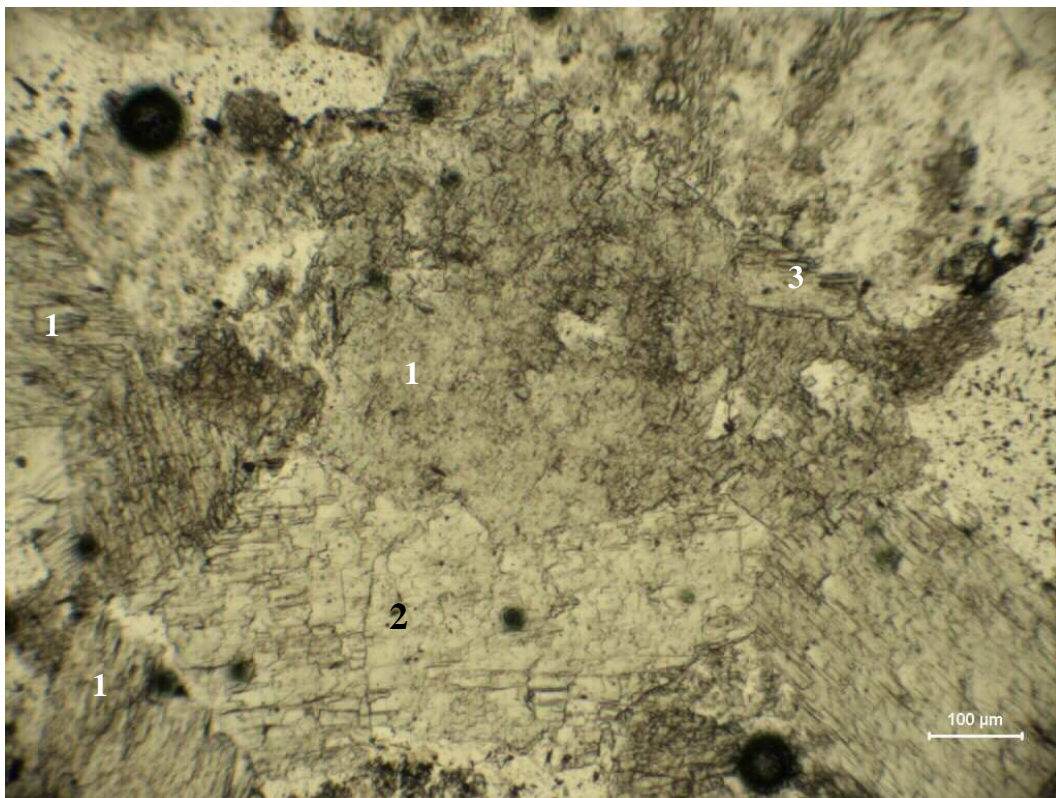


Figura 5.44 - CIII - 23b: anfibólio (1), piroxênio (2) e vermiculita (3) em equilíbrio. N//.

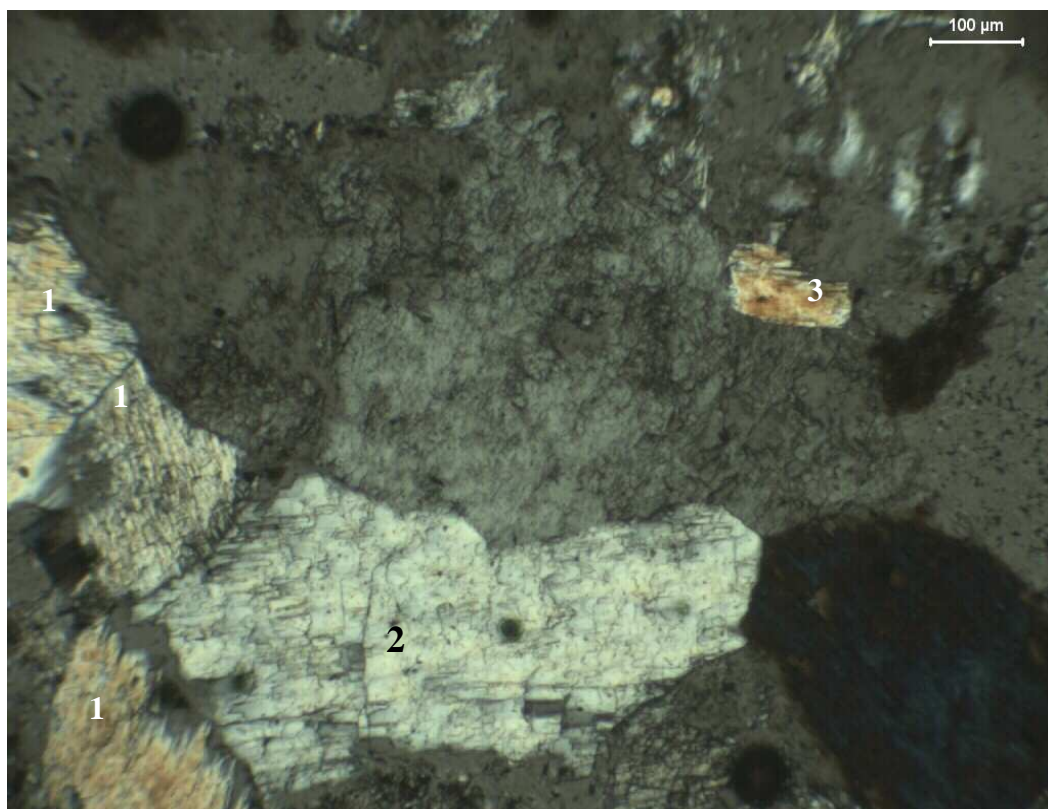


Figura 5.45 - CIII - 23b: anfibólio (1) em equilíbrio com Piroxênio (2) (baixa birrefringência) e com a vermiculita (3). N X.

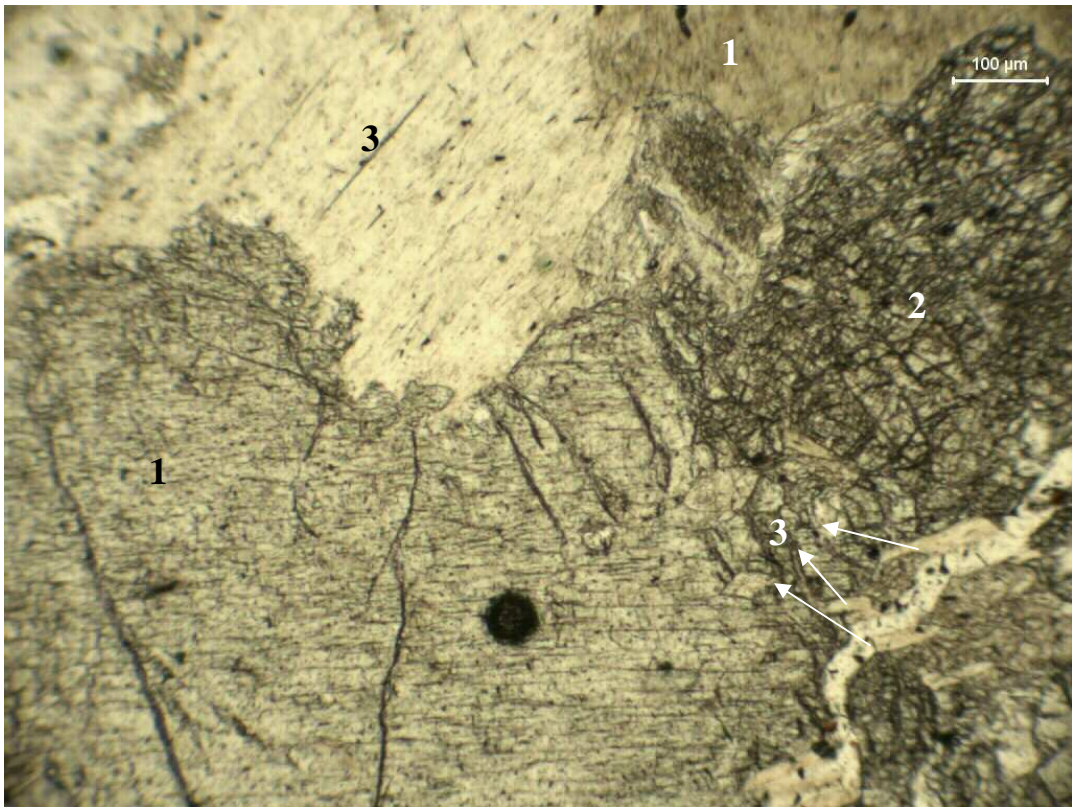


Figura 5.46 - CIII - 23b: anfibólio (1), piroxênio (2) e vermiculita (3). N //.

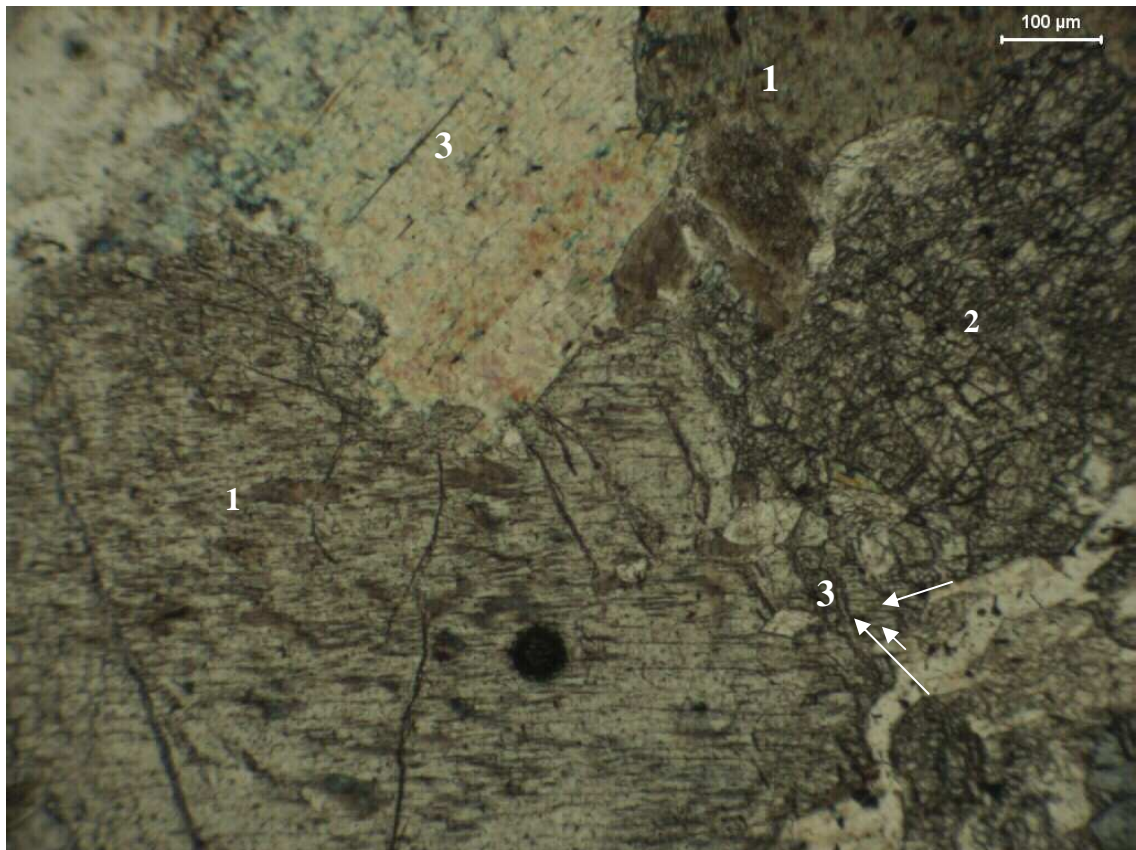


Figura 5.47 - CIII - 23b: anfibólio se desestabilizando nas bordas e nas zonas de fraqueza (1), piroxênio (2) e vermiculita (3). N X.

### 5.3.2. Peridotito hidrotermalizado

O Peridotito hidrotermalizado ocorre com textura também granular-hipidiomórfica, geralmente sem qualquer orientação preferencial dos cristais, coloração cinza esverdeado claro a amarelado, dependendo do grau de alteração intempérica, e granulação média a grosseira (Figuras 5.48 e 5.49). O processo hidrotermal mascarou as feições ígneas originais, porém pode-se sugerir que a vermiculita ocorre como substituição do anfibólio, formado a partir do piroxênio original intercumulus e a olivina, ainda preservada, seria a fase cumulus. O Peridotito hidrotermalizado é a principal fonte do minério, portanto a sua composição mineralógica é basicamente de vermiculita (50 a 70%), seguida por anfibólios (5-25%), olivina (10-40%) talco (10%), serpentina (5-10%), opacos (5%), carbonato (<5%). Saponita e argilomineral interestratificado (não-identificado) como produtos de alteração intempérica.

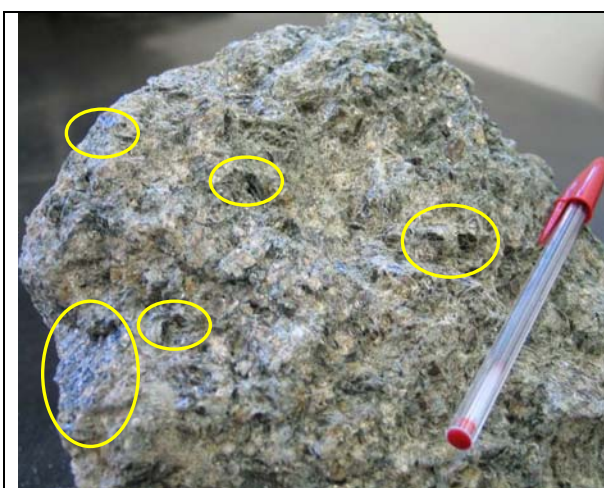


Figura 5.48 - Amostra não intemperizada do peridotito mineralizado (palhetas destacadas)



Figura 5.49 – peridotito mineralizado mais alterado na frente de lavra.

Neste litotipo os anfibólios identificados foram igualmente: hornblendas (comum, rica em Mg e pargasita). Por difração de raios-X identificou-se ainda: actinolita, tremolita e antofilita. A olivina, identificada por DRX como forsterita, ocorre muito fraturada, com preenchimento das fraturas por opacos e serpentina. Além de ortopiroxênio e anfibólio, intimamente associados à olivina bem preservada, ocorrem talco, vermiculita e carbonato (Figuras 5.50 a 5.56). Esta associação sugere ação de líquidos hidrotermais. O carbonato ocorre, tanto bem cristalizado (Figura 57), quanto como massas microcristalinas, sugerindo duas gerações deste mineral.

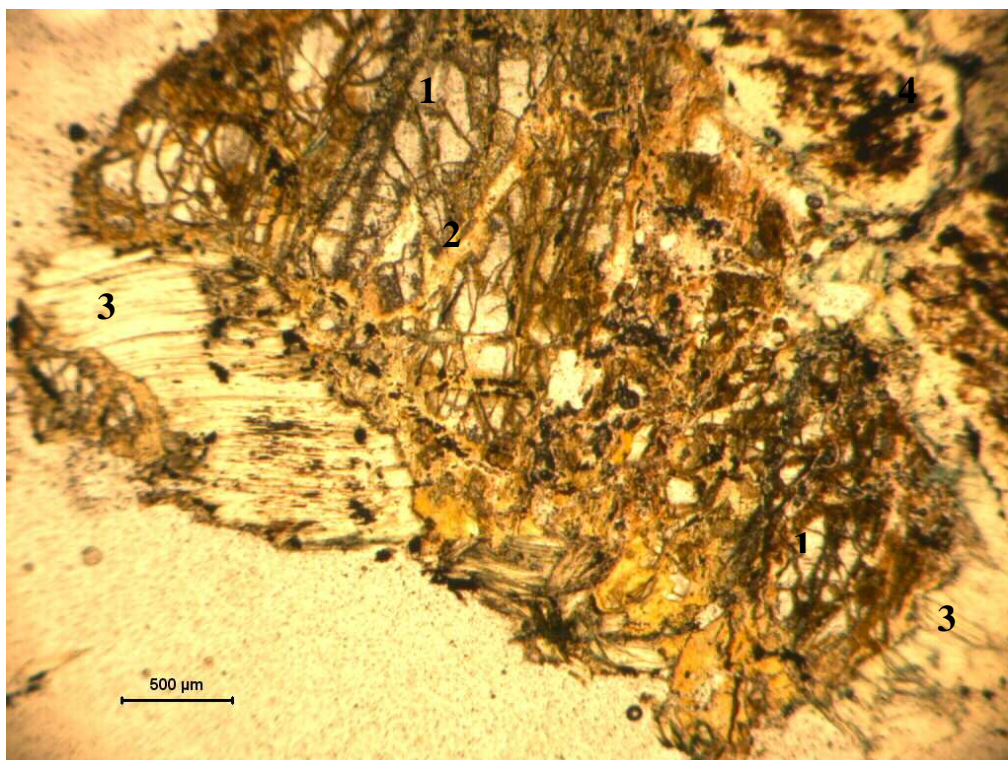


Figura 5.50 - Amostra FS01-18 (30m profundidade): grandes cristais de olivina (1) fraturada, com preenchimento de serpentina (2), associada a vermiculita (3) e anfibólio contendo inclusões de opacos (4). N //.

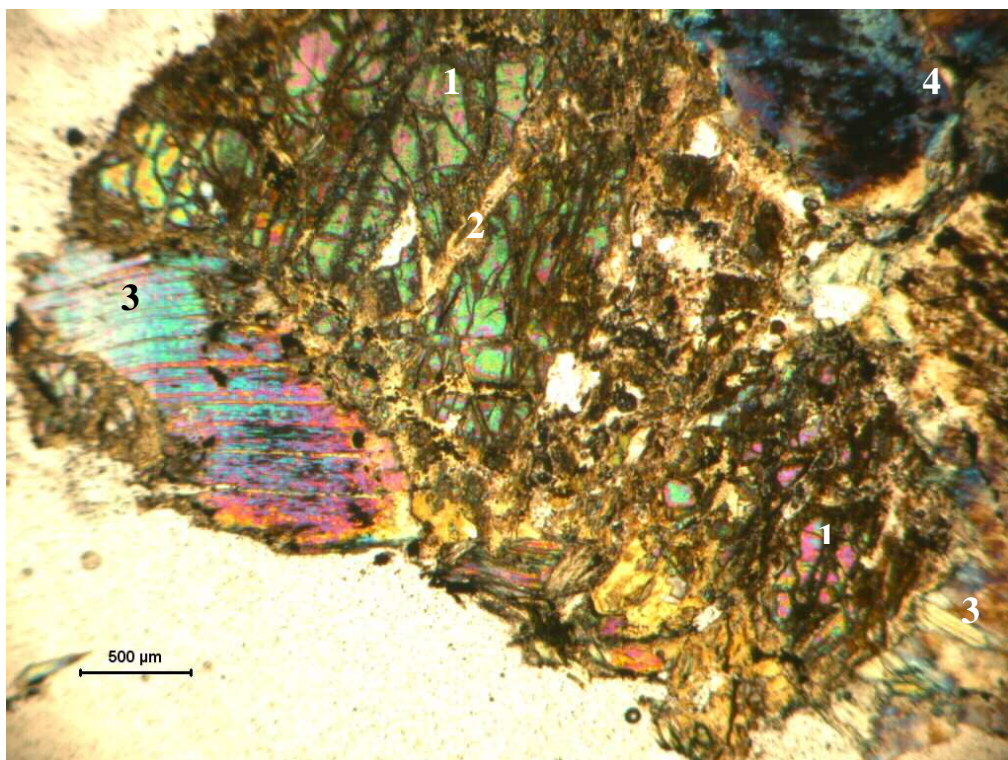


Figura 5.51 - Amostra FS01-18 (30m profundidade): mesma amostra anterior, com os N X.





Figura 5.52 - Amostra CIII-40: piroxênio (ortopiroxênio) (1) fraturado associado a anfibólio (2) e talco (3). N X.

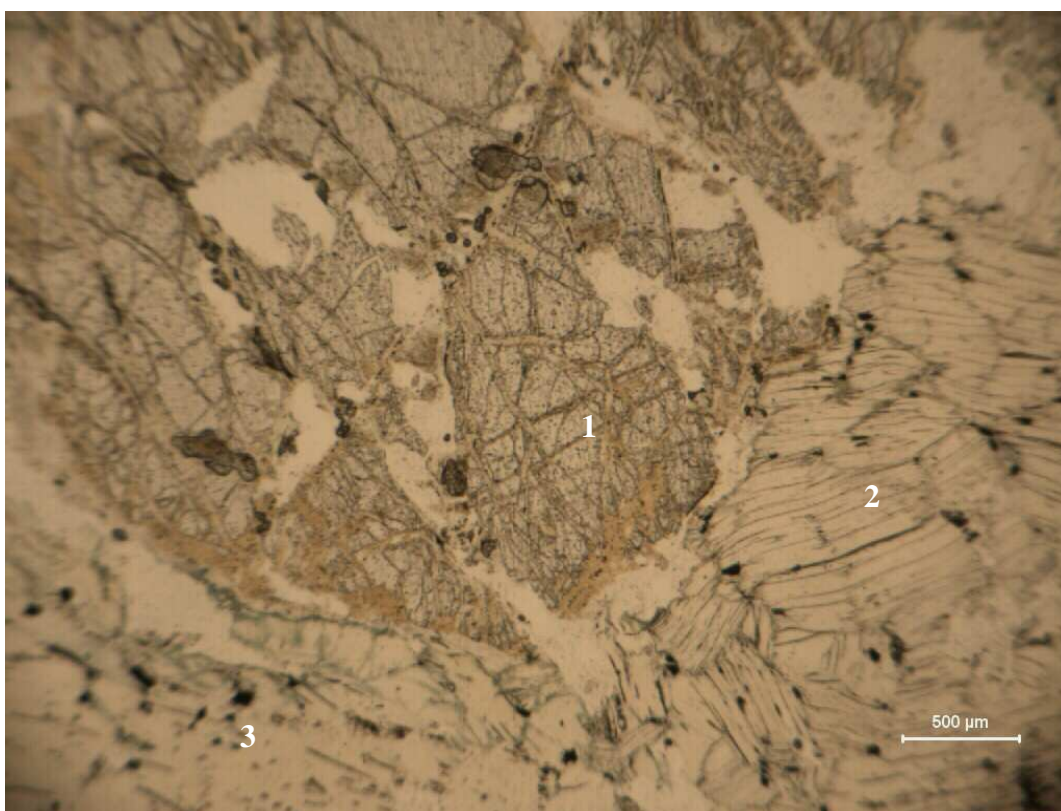


Figura 5.53 - Amostra CIII-40: Grande cristal de olivina (como fase cumulus original) com serpentinização incipiente (1) ao lado de grandes lamelas de talco (2) e vermiculita (3). N //.

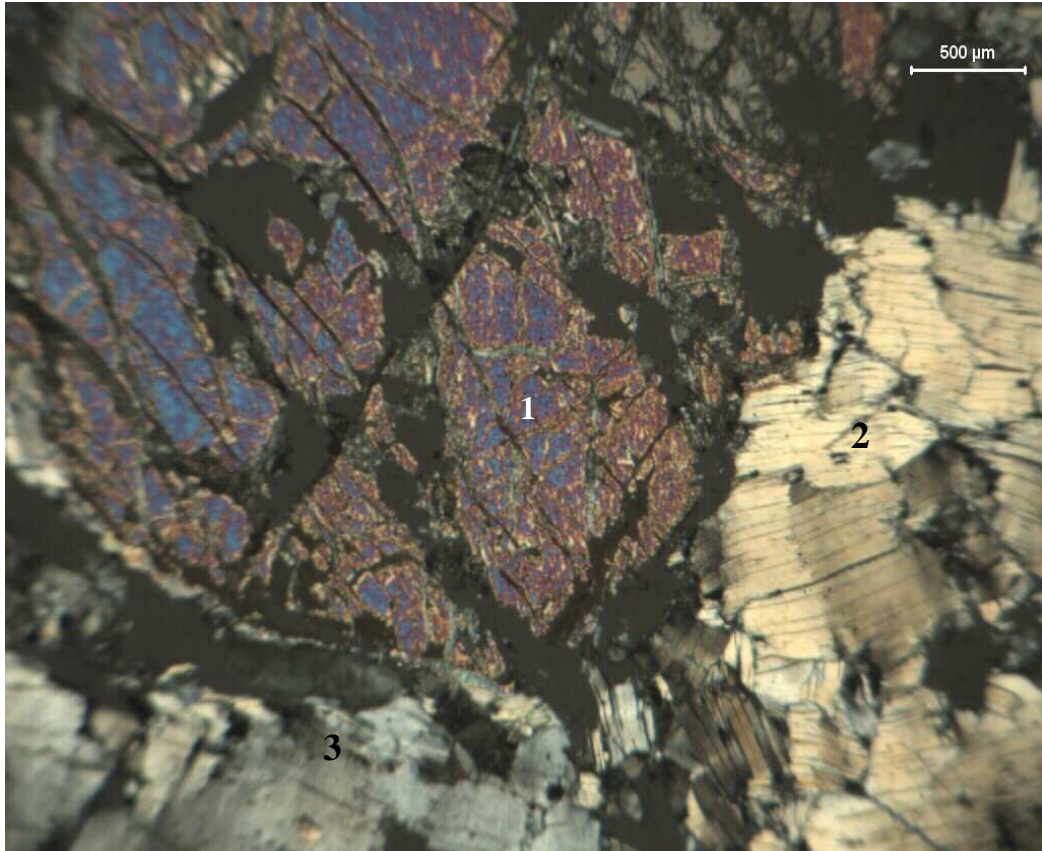


Figura 5.54 - Amostra CIII-40: mesma amostra anterior com N X.

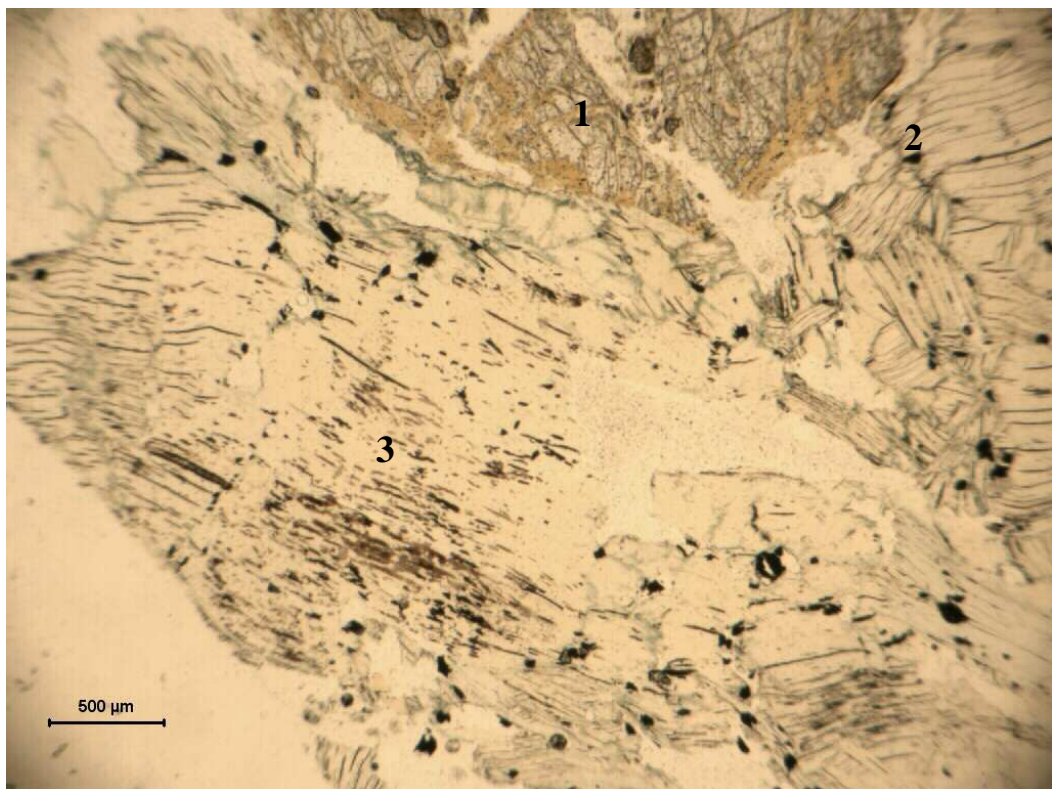


Figura 5.55 - Amostra CIII-40: Mesma amostra, com fotomicrografia em posição imediatamente a sul da anterior, onde se pode ver parte da olivina (1) ao lado das lamelas de talco (2) e grande palheta de vermiculita com inclusões de opacos (3) e cloritização nas bordas. Polarizadores descruzados.



Figura 5.56 - Amostra CIII-40: mesma amostra anterior, com N X.

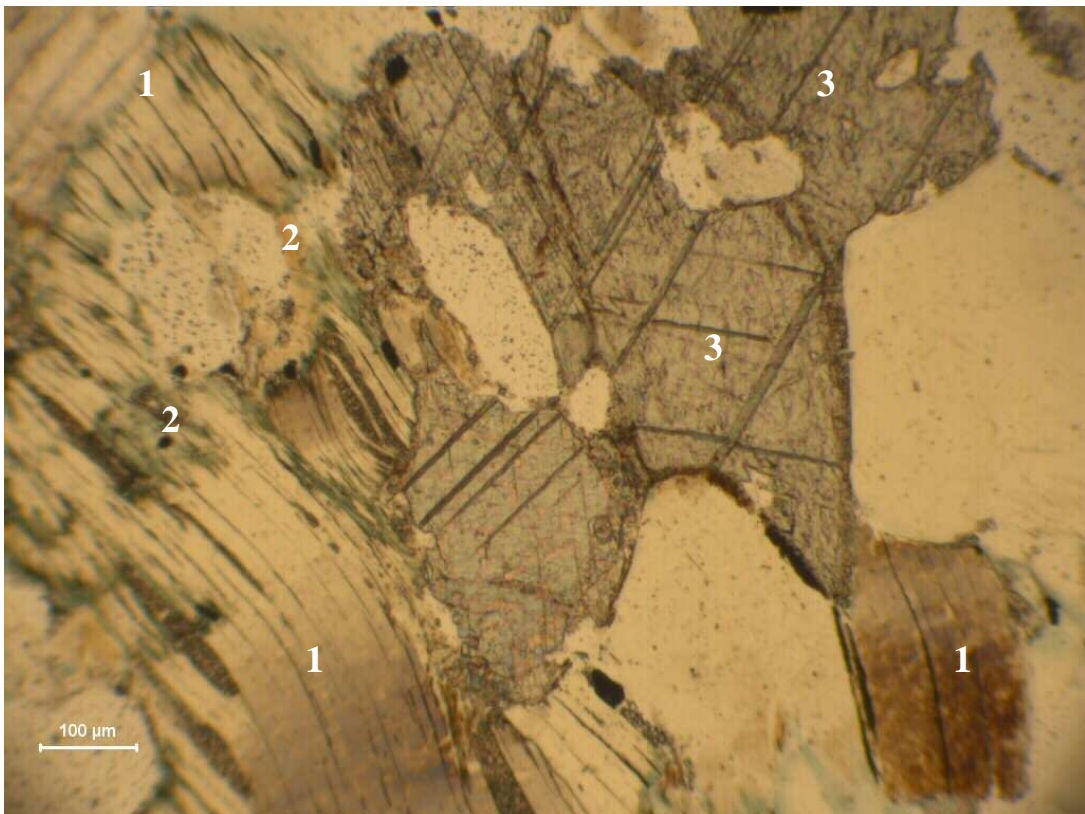
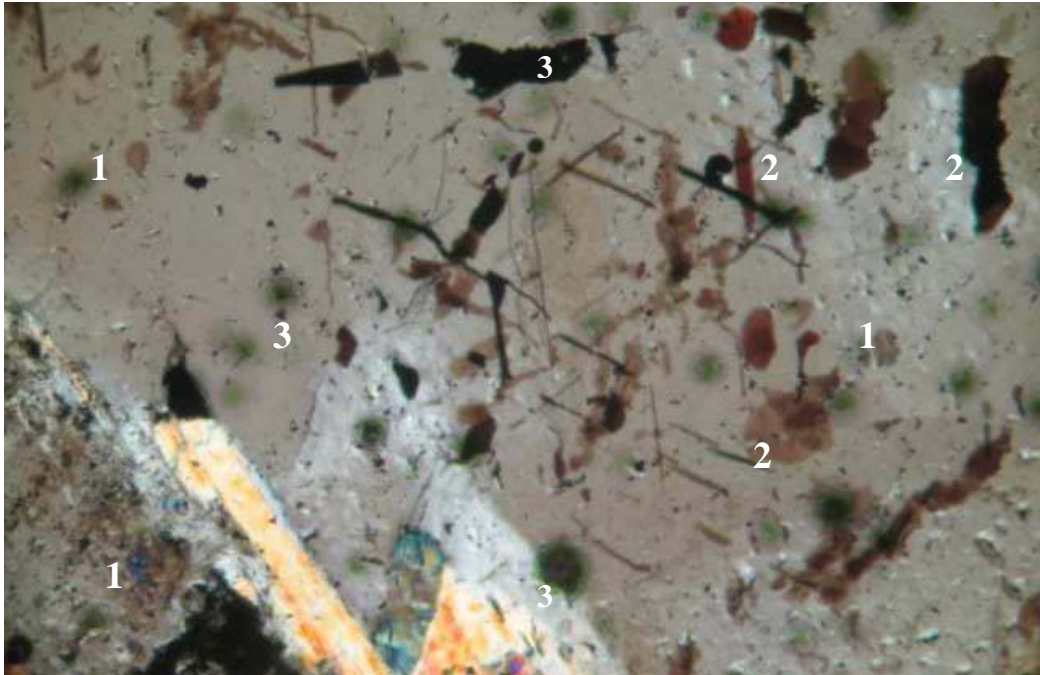


Figura 5.57 - Amostra CIII-40 - mesma amostra anterior, com grandes lamelas de vemiculita (1) alterando-se para clorita (3) e presença de carbonato bem cristalizado (2). N X.

A vermiculita, frequentemente, apresenta exsoluções totalmente opacas ou em finas “escamas” translúcidas de coloração marrom claro, segundo os seus planos de clivagem (Figuras 5.58 e 5.59). Essas inclusões foram identificadas por MEV e MSE como sendo ilmenita.



Figuras 5.58 - CIII - 38: vermiculita (1), com inclusões de ilmenita (2) segundo os seus planos de clivagem, e apresentando início de alteração para clorita (3). N X.

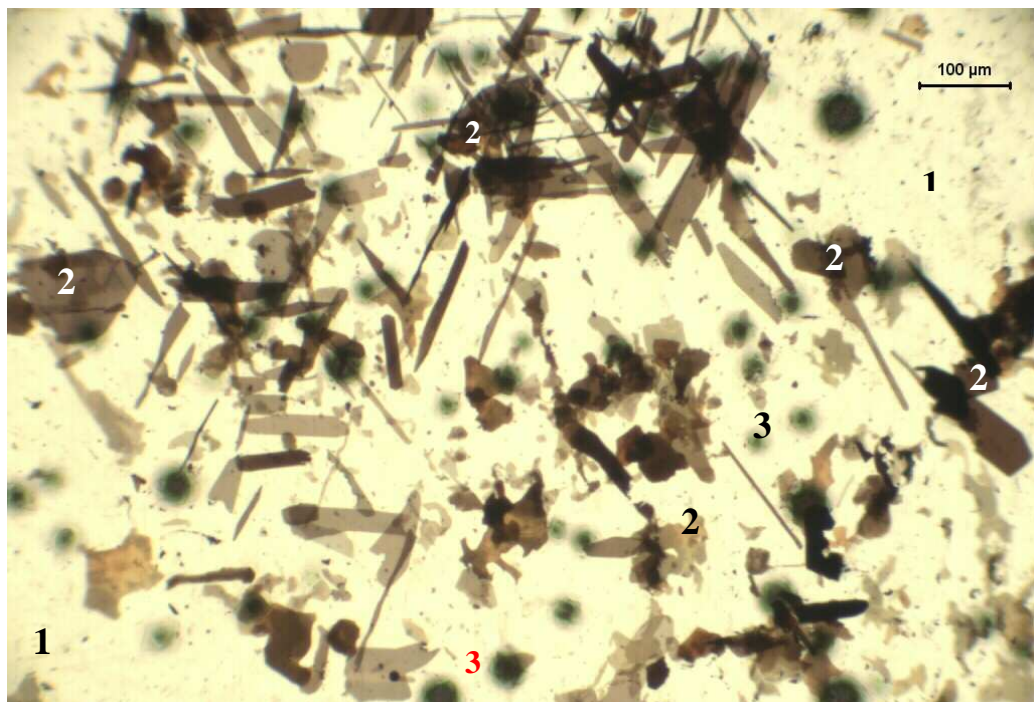


Figura 5.59 - CIII - 38: vermiculita (1) com inclusões de ilmenita (2) segundo os seus planos de clivagem e apresentando início de alteração para clorita (3). N X.

Algumas vezes essas exsoluções se concentram em aglomerados, geralmente no centro do cristal de vermiculita, como na Figura 5.60.



Figura 5.60 - CIII - 33: vermiculita (1) com inclusões de ilmenita (2) segundo os planos de clivagem e apresentando início de alteração para clorita (3). Polarizadores parcialmente cruzados.

### 5.3.3. Porção Enriquecida em Piroxenito Cumulado

Como já foi mencionado no Capítulo 3, dentro do pacote de peridotito hidrotermalizado ocorre uma porção com grandes fragmentos arredondados do piroxenito cumulado. Nos fragmentos arredondados mais preservados foram identificados orto e clinopiroxênios, além de anfibólio (hornblenda comum e pargasita) (Figuras 5.61 e 5.62 e 5.63), enquanto os intemperizados contêm apenas talco e serpentina (Figura 5.64). Em alguns locais das frentes de lavra estes fragmentos apresentam auréola de alteração (Figura 5.65) para carbonato, serpentina e talco, além de minerais opacos identificados como numa mistura de ilmenita, hematita e magnetita (às vezes portadora de cromo) em identificações realizadas por DRX e MEV.

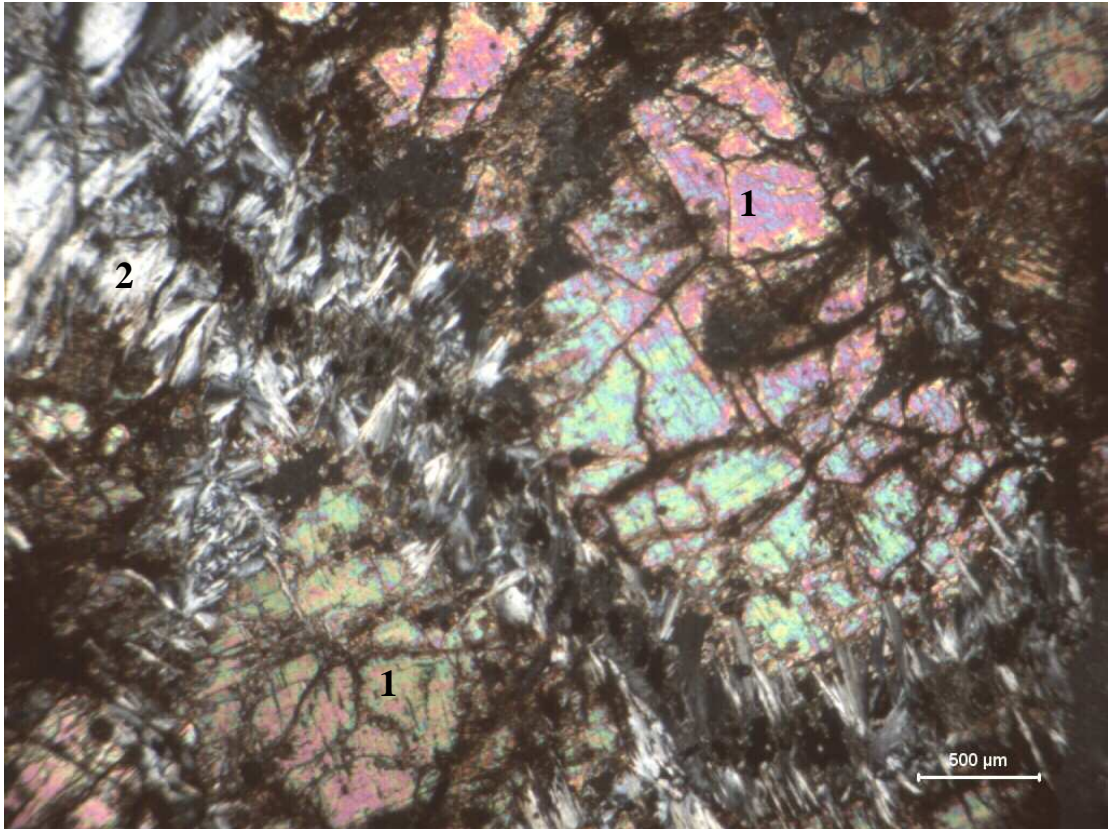


Figura 5.61 - Amostra CIII-34a: clinopiroxênio microfraturado (1), com borda de alteração para serpentina (2). NX.

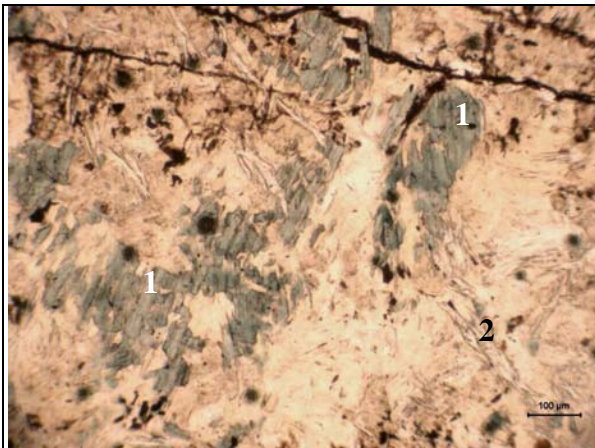


Figura 5.62 - Amostra CIII-34b: presença de pargasita (1) e serpentina (2), como produto de alteração do piroxênio original. N //.

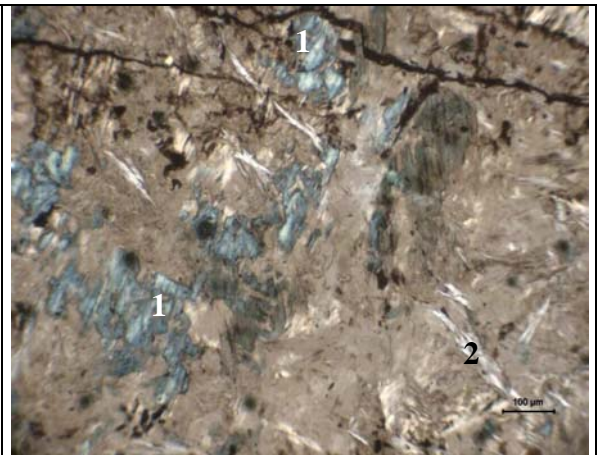


Figura 5.63 - Amostra CIII-34b: mesma análise anterior com os N //.

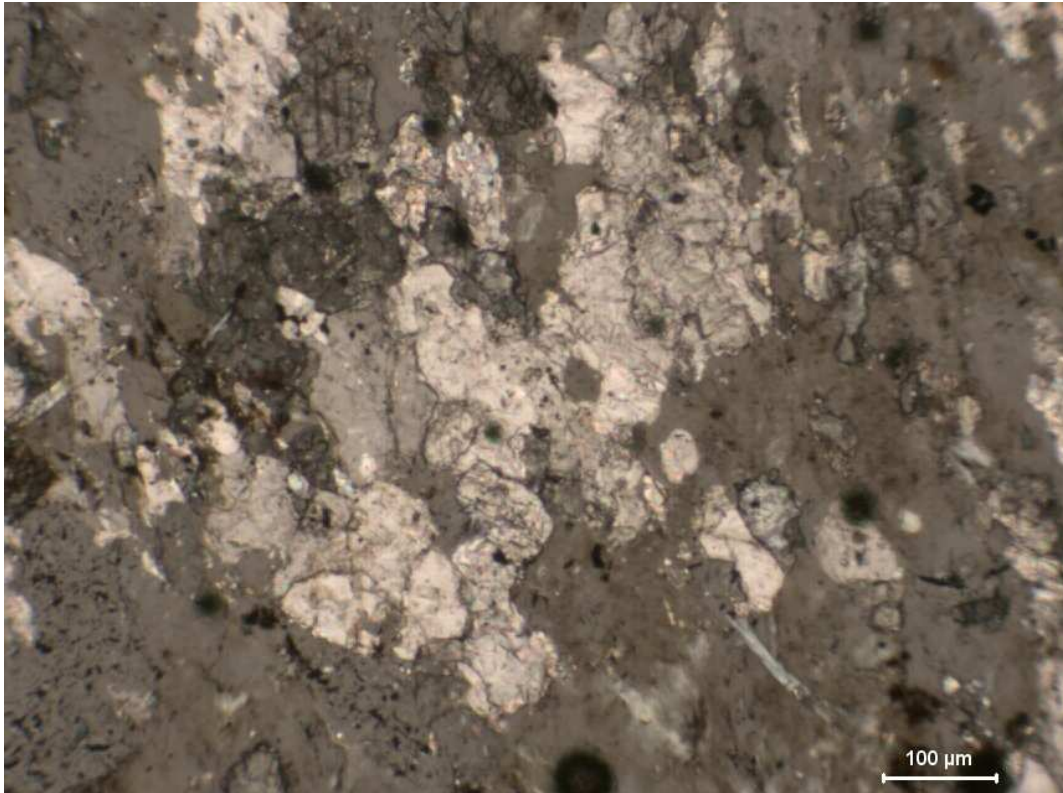


Figura 5.64 - Amostra CIII-34c: presença de carbonatos e anfibólio, como produtos de alteração do piroxenito original. N X.

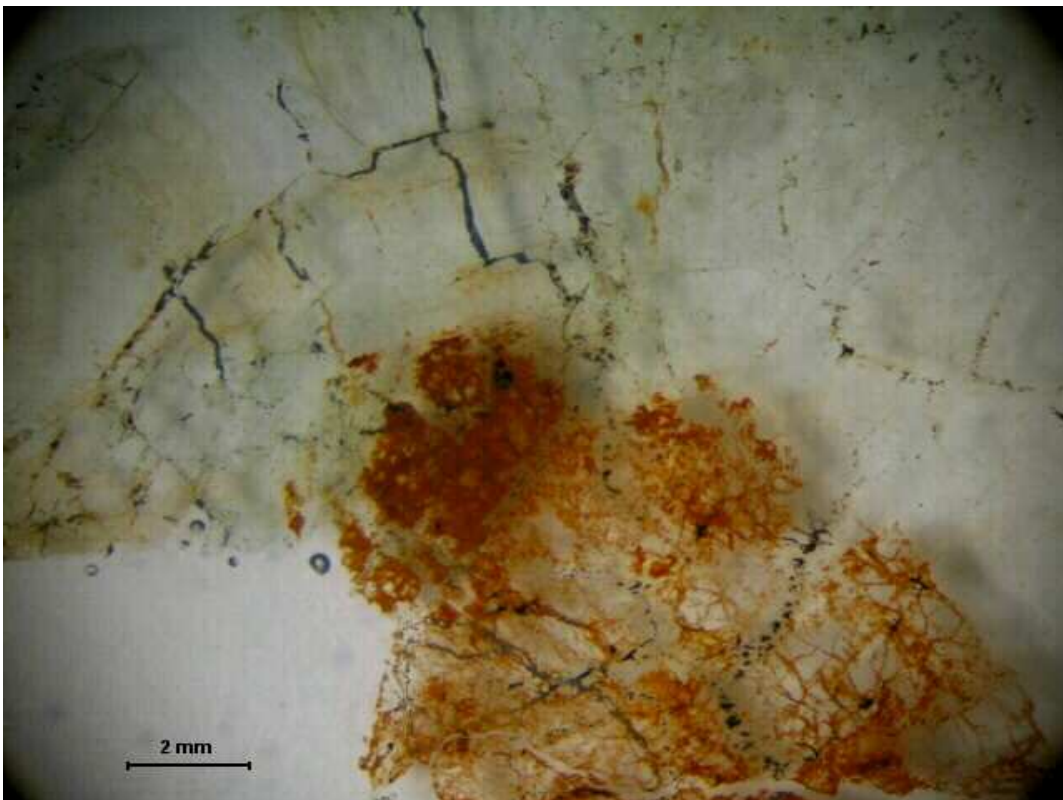


Figura 5.65 - Amostra CIII-34a: foto tirada em lupa binocular, mostrando a estrutura da auréola de alteração para serpentina do piroxênio. O mineral preto preenchendo fraturas foi identificado por DRX e MEV como sendo ilmenita.

## 5.4. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As imagens foram obtidas utilizando conjuntamente os detectores de elétrons secundários (SE) e os de elétrons retroespalhados (QBSE), e as microanálises, foram realizadas utilizando-se o espectrômetro por energia dispersiva de raios-X (EDS).

As observações por microscopia eletrônica de varredura contribuíram para confirmação dos baixos teores de potássio nas palhetas de vermiculita e o caráter homogêneo das palhetas, através de obtenção de vários espectros em diferentes amostras (Figuras 5.66 a 5.73).

Auxiliaram na identificação de várias fases minerais (Figuras 5.70, 5.72 e 5.73), além da verificação de texturas de alteração. As análises por MEV identificaram o carbonato (Figuras 5.75 a 5.77), presente muitas vezes em dimensões submicroscópicas.

Abaixo serão apresentadas as imagens obtidas nas amostras de rocha em quebras de fraturas, analisadas com diferentes aumentos e os respectivos espectros das microanálises. Deve-se ressaltar que estas amostras foram metalizadas com ouro, motivo pelo qual este elemento sempre aparece de forma importante nos espectros.

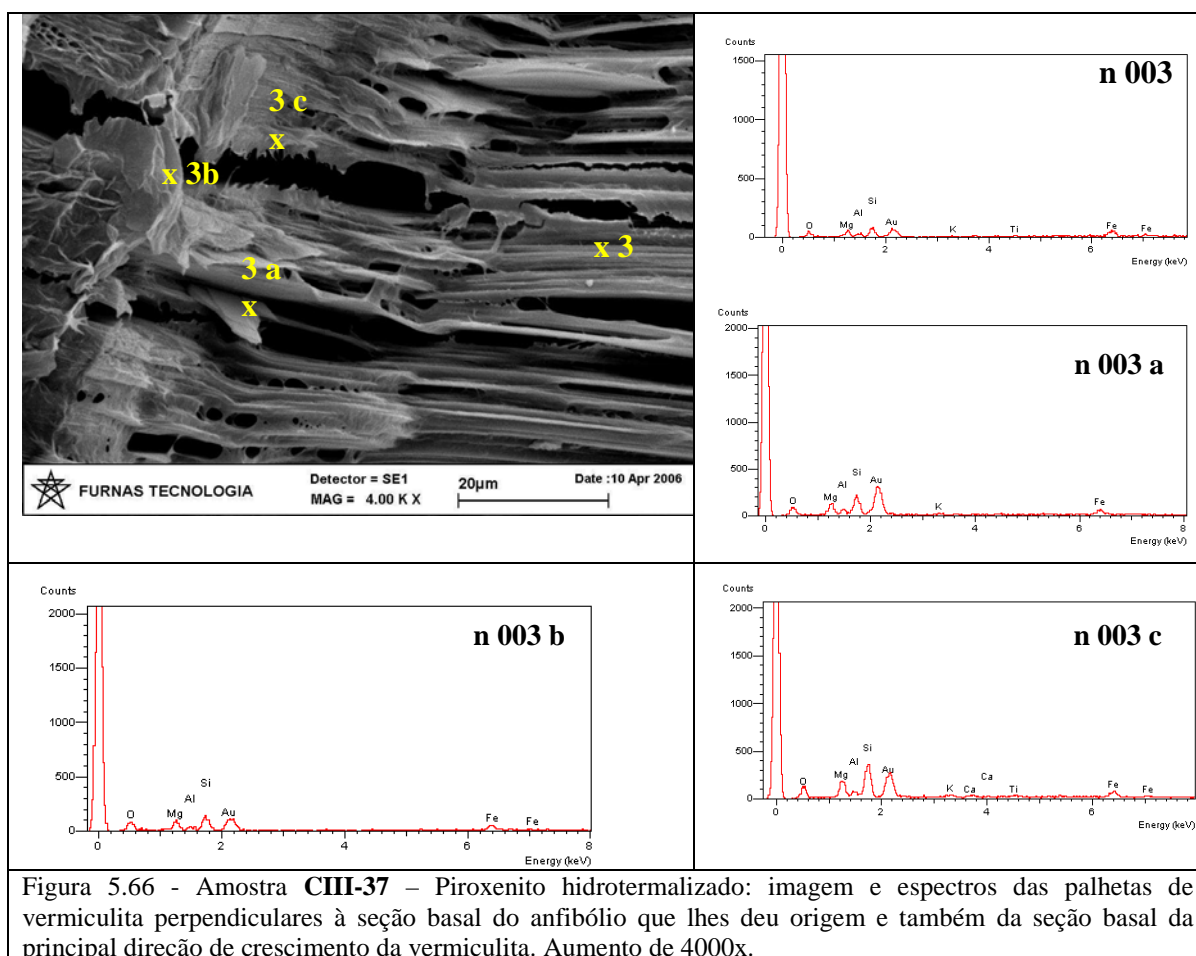


Figura 5.66 - Amostra **CIII-37** – Piroxenito hidrotermalizado: imagem e espectros das palhetas de vermiculita perpendiculares à seção basal do anfibólio que lhes deu origem e também da seção basal da principal direção de crescimento da vermiculita. Aumento de 4000x.



Para confirmar a composição das vermiculitas, fez-se análises diretamente sobre as seções basais da vermiculita da amostra CIII - 37 (Figura 5.67).

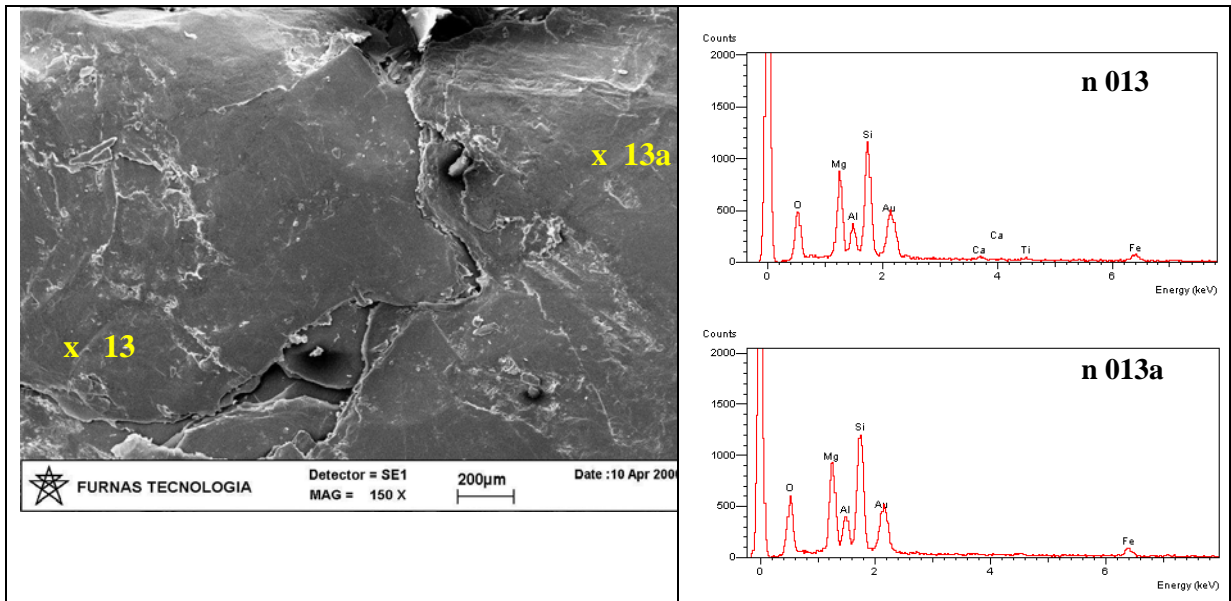


Figura 5.67 - Amostra **CIII – 37**: Piroxenito hidrotermalizado: seção basal da vermiculita. Aumento 100x.

O mesmo procedimento foi realizado com as amostras do Peridotito hidrotermalizado, mostrado nas Figuras 5.68 a 5.71.

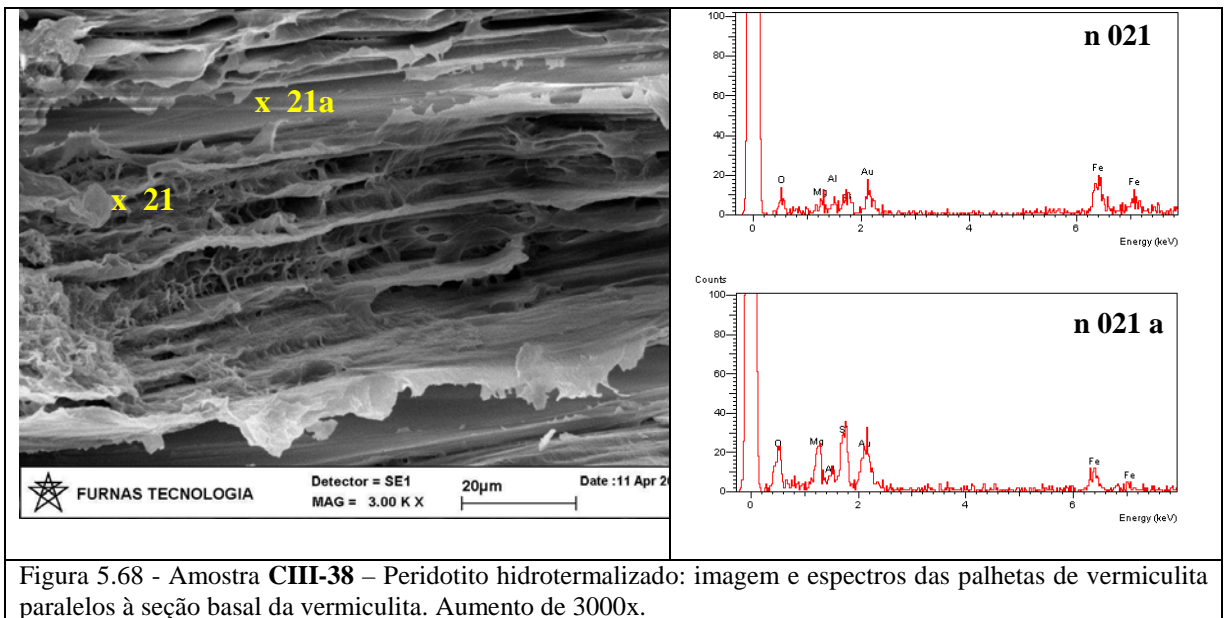


Figura 5.68 - Amostra **CIII-38** – Peridotito hidrotermalizado: imagem e espectros das palhetas de vermiculita paralelos à seção basal da vermiculita. Aumento de 3000x.

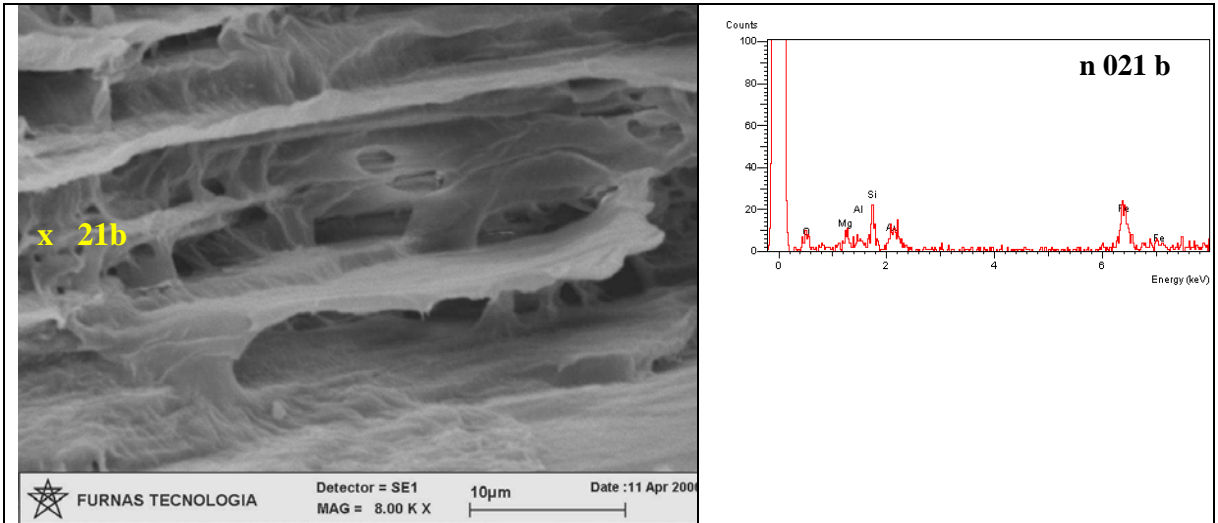


Figura 5.69 - Amostra **CIII-38** – Peridotito hidrotermalizado: detalhe da imagem anterior e espectro das palhetas de vermiculita. Aumento de 8000x.

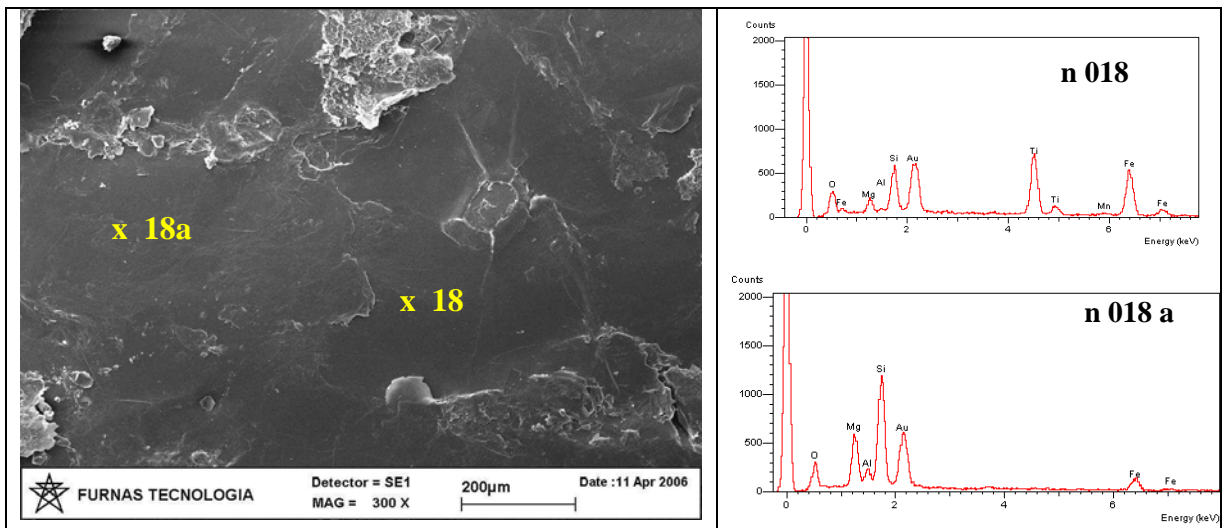


Figura 5.70 - Amostra **CIII-38** – Peridotito hidrotermalizado: posição paralela à seção basal da vermiculita. Aumento 300x e microanálise n018 mostrando ilmenita, provavelmente como exsolução na vermiculita.

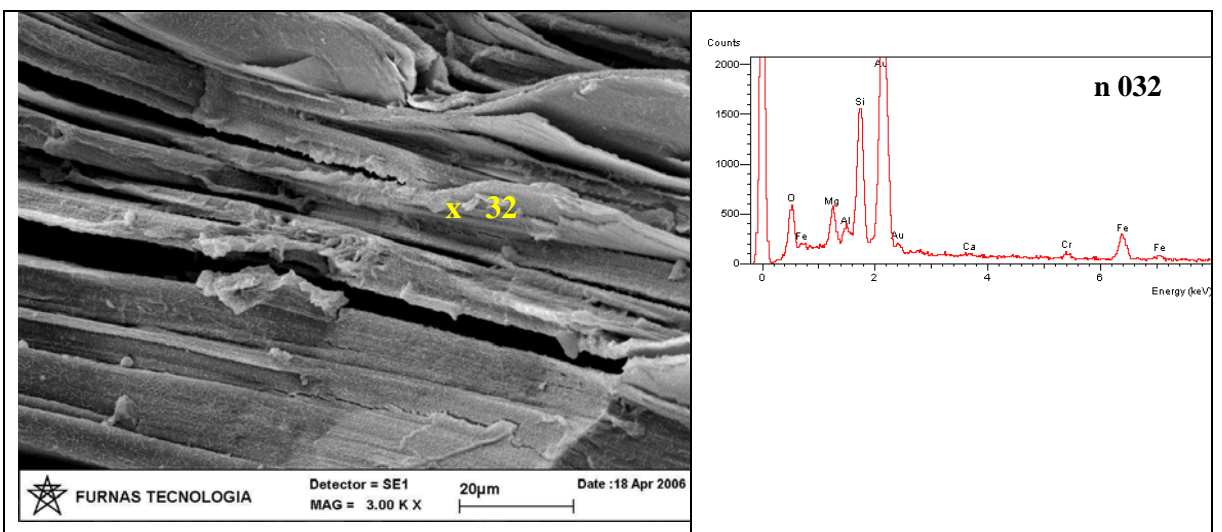


Figura 5.71 - Amostra **CIII-39** – Peridotito hidrotermalizado: imagem e espectros das palhetas de vermiculita paralelos à seção basal. Aumento de 3000x.

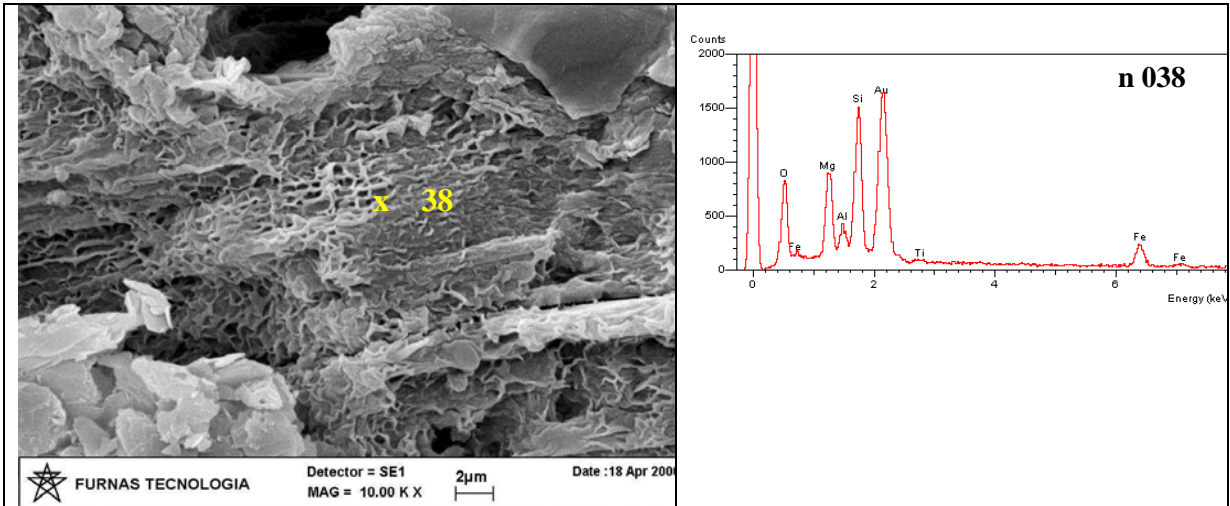


Figura 5.72 - Amostra **CIII-39** – Peridotito hidrotermalizado: detalhe da imagem anterior, com aspecto corrugado da superfície das palhetas da imagem anterior e espectro das mesmas. Aumento de 10.000x.

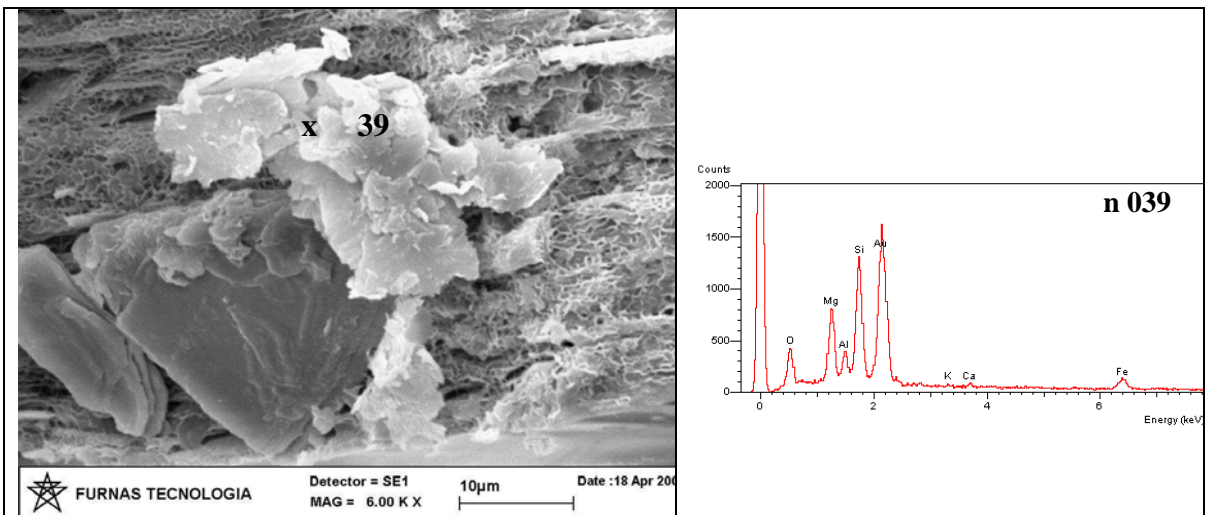


Figura 5.73 - Amostra **CIII-39** – Peridotito hidrotermalizado: detalhe da do canto SW da imagem anterior. Aumento de 6.000x.

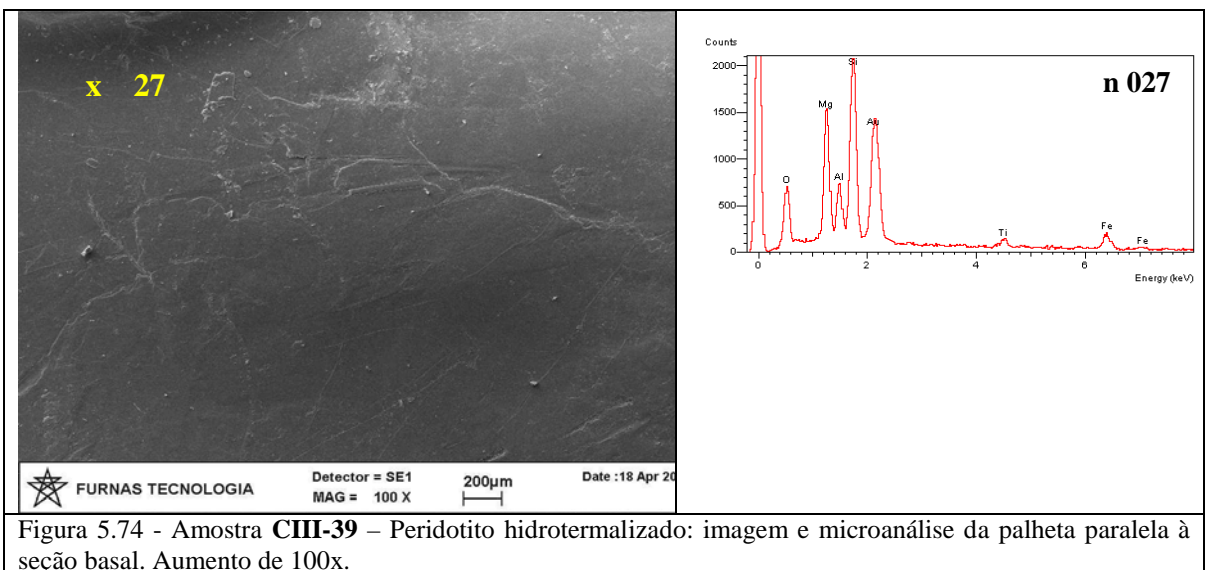
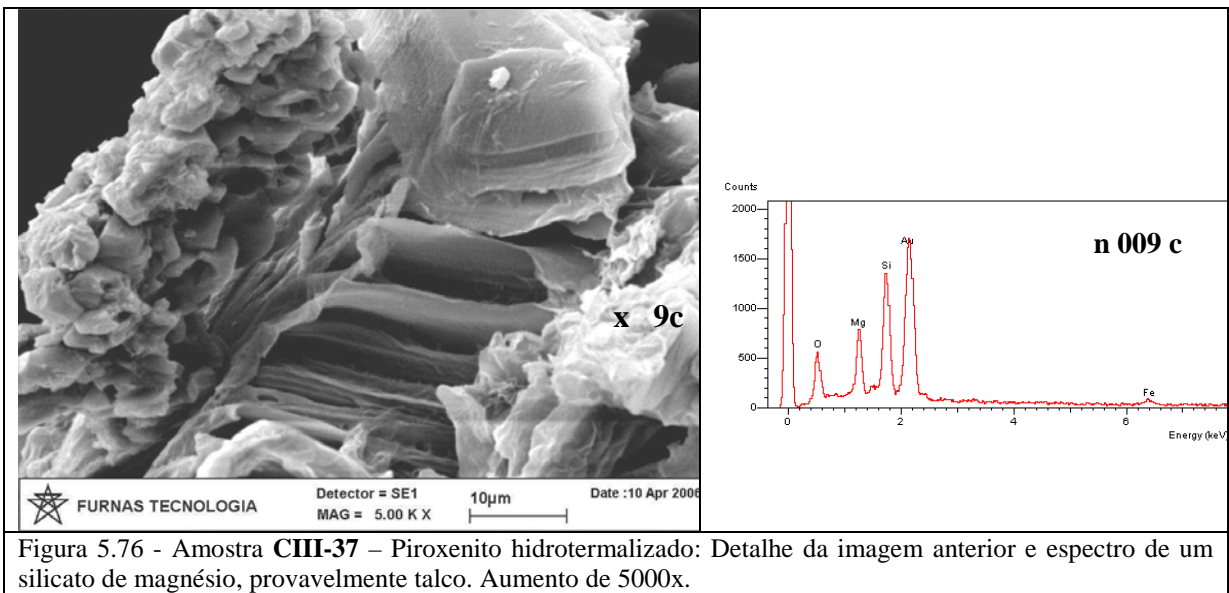
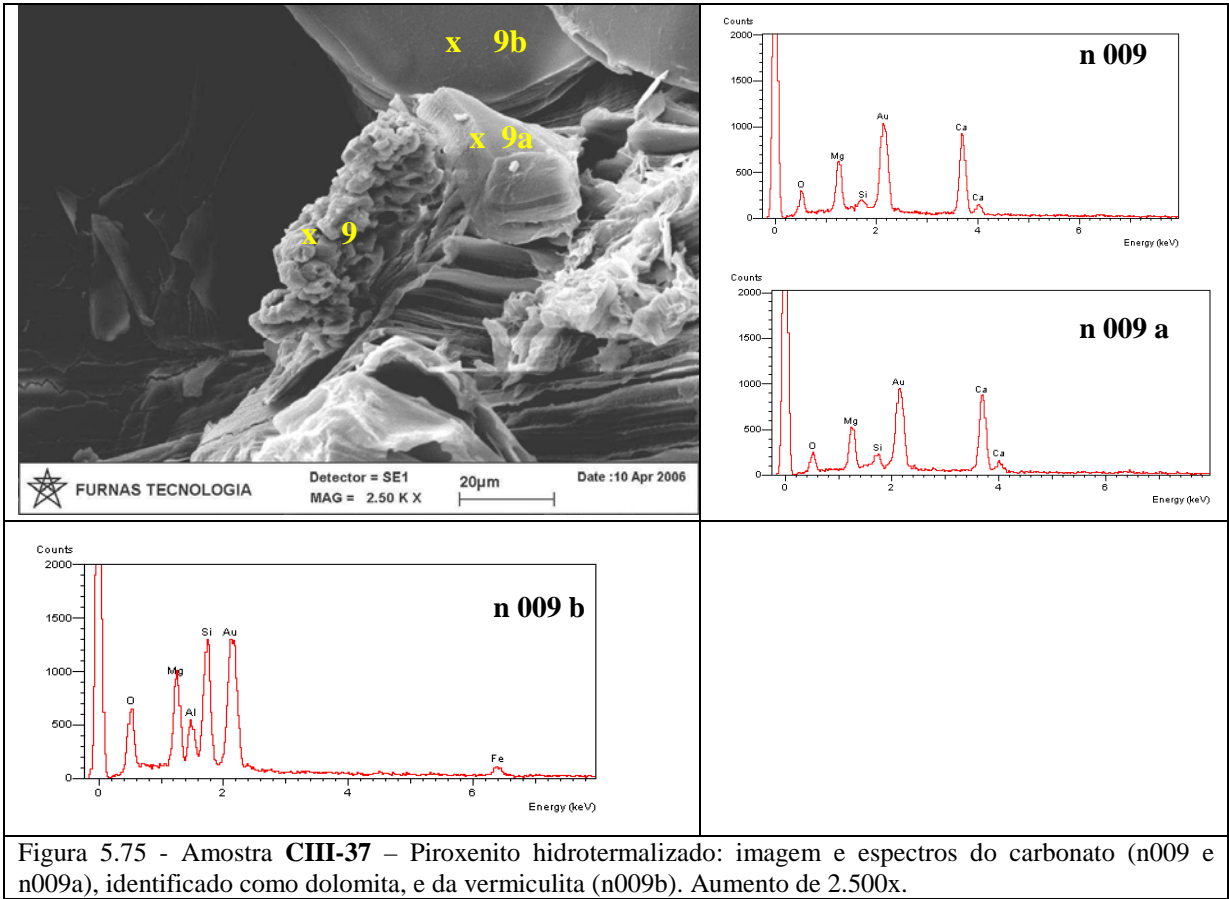


Figura 5.74 - Amostra **CIII-39** – Peridotito hidrotermalizado: imagem e microanálise da palheta paralela à seção basal. Aumento de 100x.



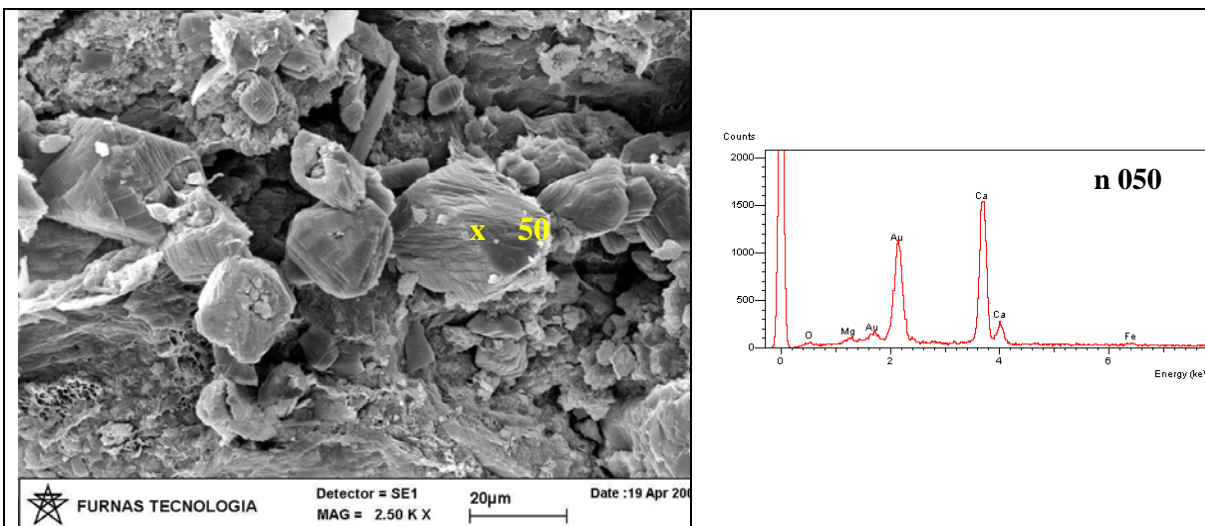


Figura 5.77 - Amostra **CIII-40** – Peridotito hidrotermalizado: imagem e espectros do carbonato (n050), que parece ser calcita com traços de magnésio. Aumento de 2.500x.

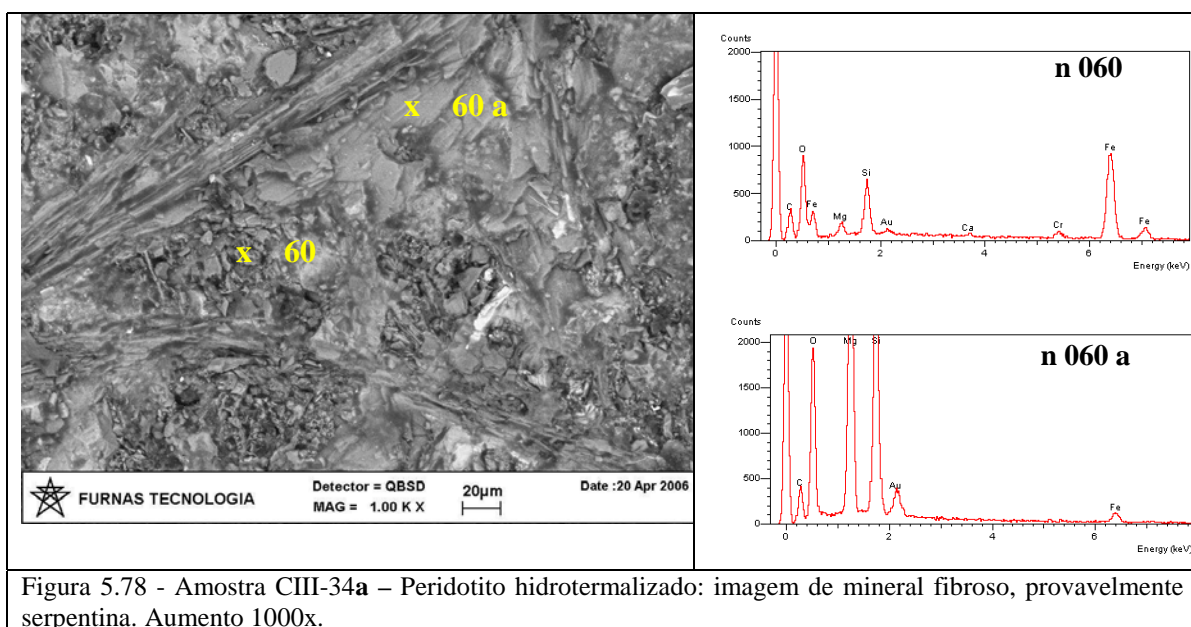


Figura 5.78 - Amostra **CIII-34a** – Peridotito hidrotermalizado: imagem de mineral fibroso, provavelmente serpentina. Aumento 1000x.

As imagens e espectros realizados com EDS sobre lâminas delgadas são apresentados a seguir, com algumas análises de vermiculitas do Cerrado III (Figura 5.79 a 5.82), para comparação com as vermiculitas de Catalão (Figuras 5.83 e 5.84) e de Paulistana (Figura 5.85).

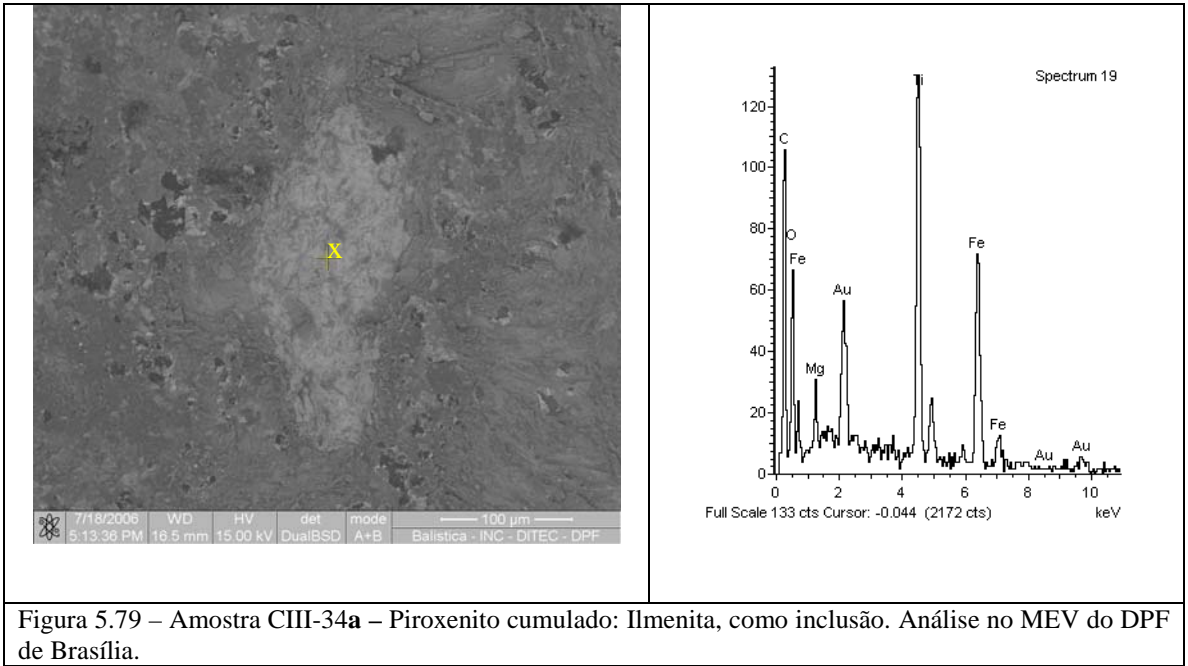


Figura 5.79 – Amostra CIII-34a – Piroxenito cumulado: Ilmenita, como inclusão. Análise no MEV do DPF de Brasília.

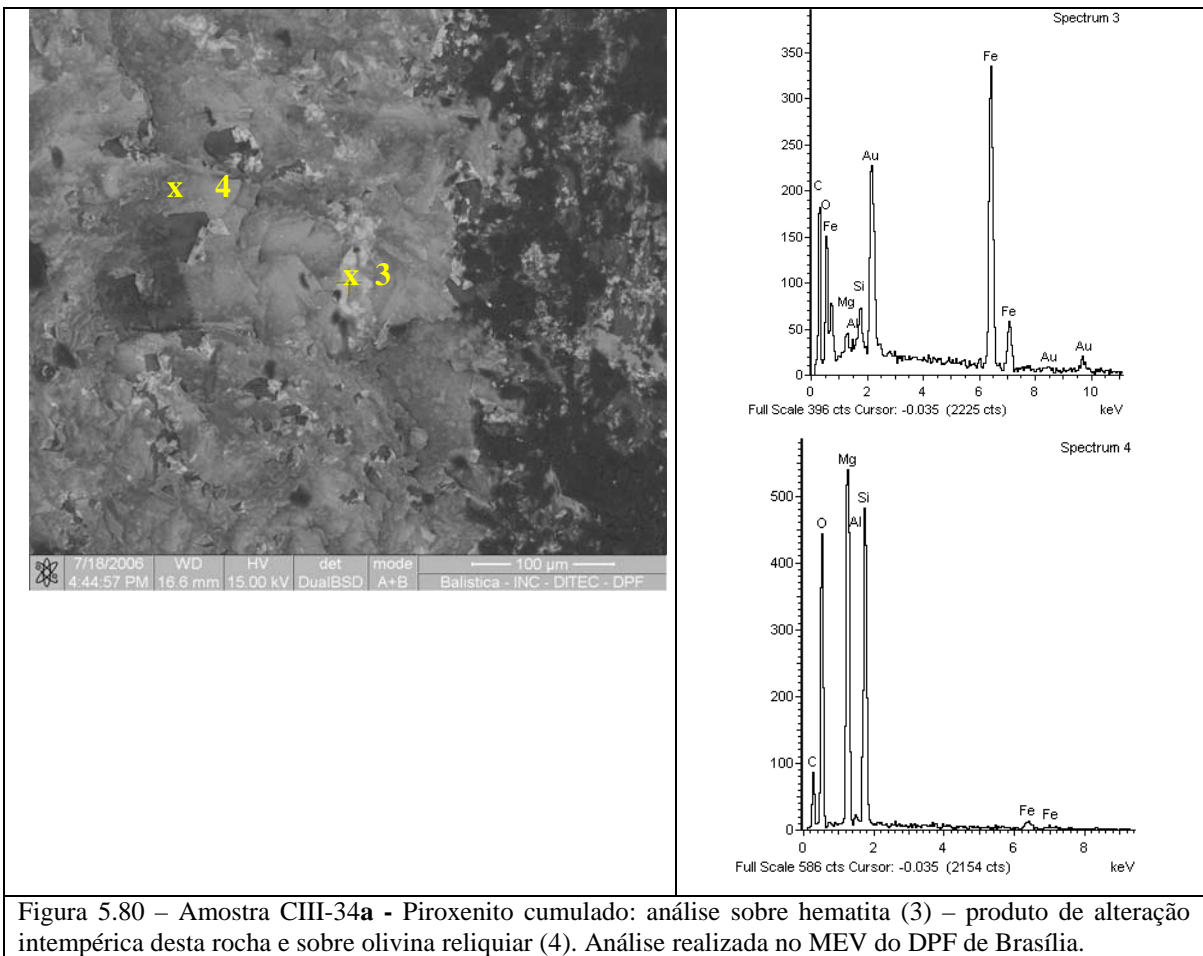


Figura 5.80 – Amostra CIII-34a - Piroxenito cumulado: análise sobre hematita (3) – produto de alteração intempérica desta rocha e sobre olivina reliquiária (4). Análise realizada no MEV do DPF de Brasília.

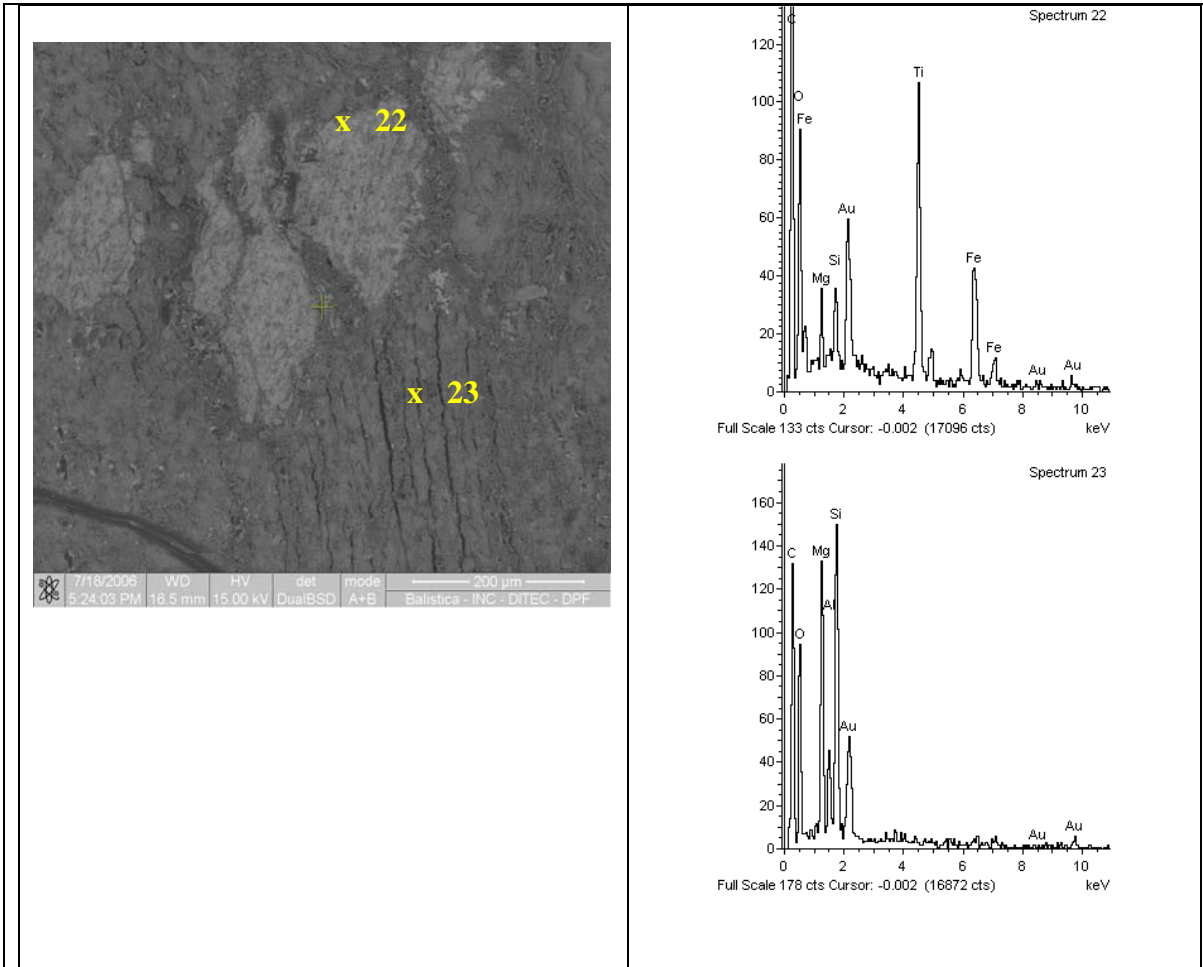


Figura 5.81 – Amostra CIII-34a - Piroxenito cumulado: análise sobre ilmenita (22) e sobre olivina reliquiar (23). Análise realizada no MEV do DPF de Brasília.

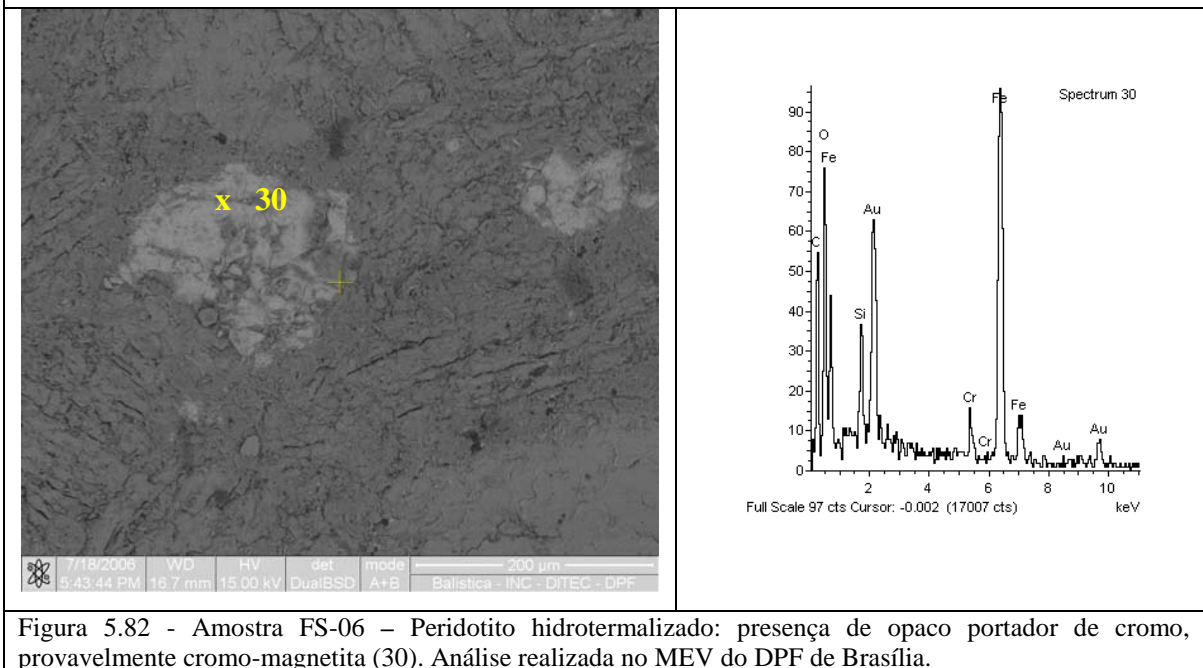


Figura 5.82 - Amostra FS-06 – Peridotito hidrotermalizado: presença de opaco portador de cromo, provavelmente cromo-magnetita (30). Análise realizada no MEV do DPF de Brasília.

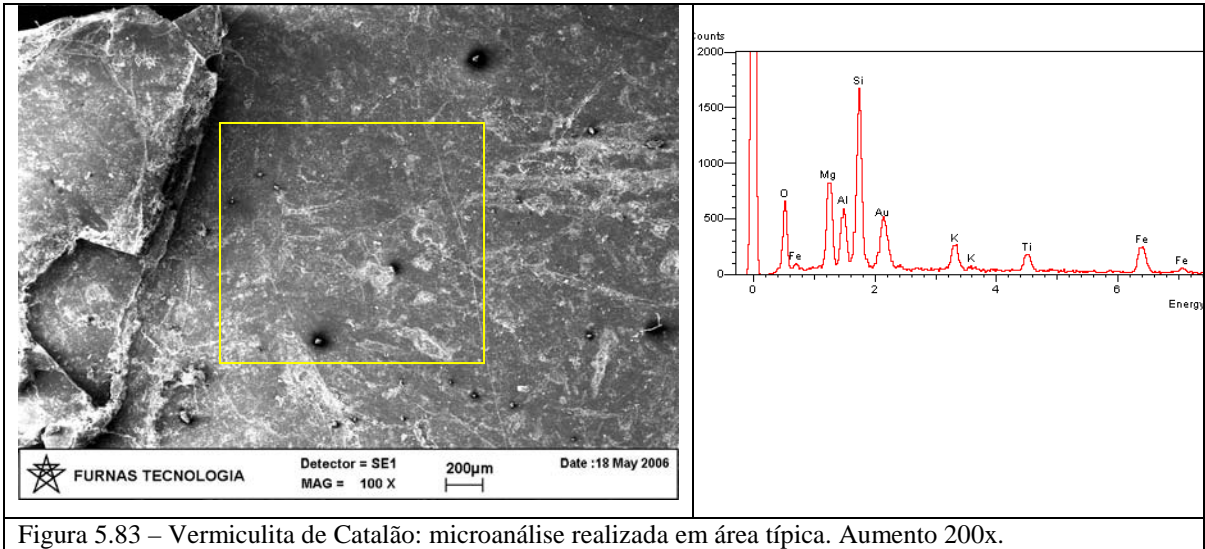


Figura 5.83 – Vermiculita de Catalão: microanálise realizada em área típica. Aumento 200x.

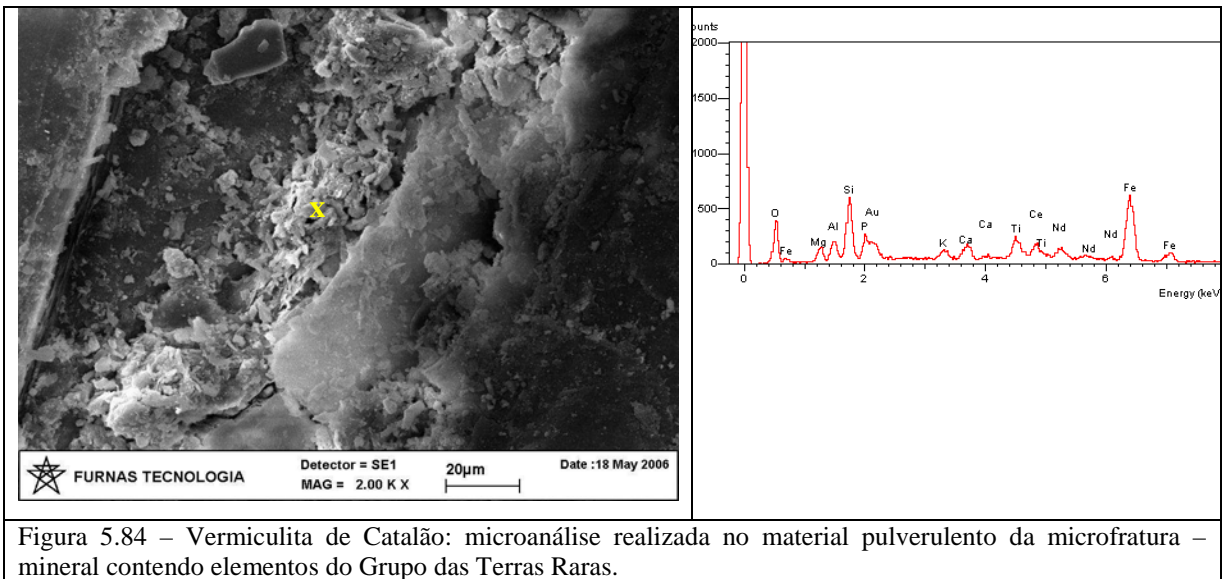


Figura 5.84 – Vermiculita de Catalão: microanálise realizada no material pulverulento da microfratura – mineral contendo elementos do Grupo das Terras Raras.

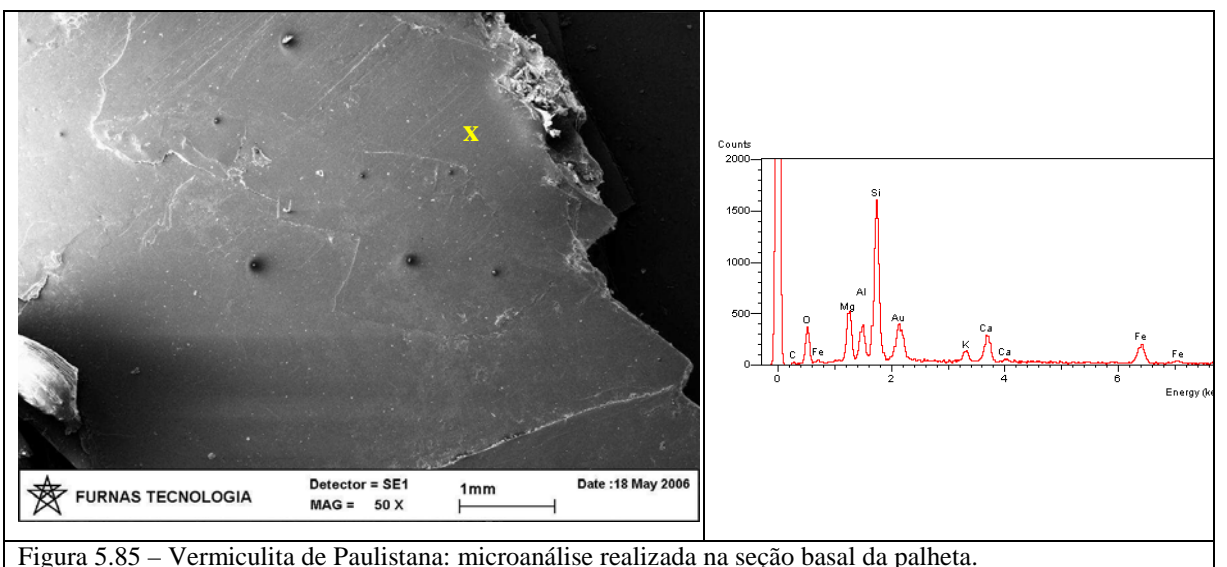


Figura 5.85 – Vermiculita de Paulistana: microanálise realizada na seção basal da palheta.