

# Estudo de manchamento alaranjado em granito branco

*Study of orange staining in white granite*

Eduardo Brandau Quitete<sup>a\*</sup>, Natasha da Silveira Pinto<sup>b</sup>,  
Mírian Cruxên Barros de Oliveira<sup>c</sup>

a Laboratório de Materiais de Construção Civil, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

b Fundação de Apoio ao IPT, São Paulo-SP, Brasil.

c Diretoria de Inovação, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

\*E-mail: quitete@ipt.br

Palavras-chave:  
rochas de revestimento; granito;  
manchamento

*Keywords:*  
*rocks for cladding; granite;*  
*staining.*

## Resumo

O aparecimento de manchas alaranjadas é bem conhecido no setor de rochas de revestimento. Em geral os manchamentos são considerados resultado da remobilização de íons  $Fe^{2+}$  e deposição como  $Fe_2(OH)_3$ . Embora a explicação seja fácil e bem conhecida, é difícil a percepção da mancha sob microscópio óptico e mais ainda por microscopia eletrônica de varredura. Neste trabalho foi possível detectar concentrações de ferro remobilizado, inferir sua origem e entender o motivo da dificuldade de detecção do elemento ferro da mancha ao microscópio eletrônico. Os resultados indicam que o manchamento é, de fato, causado por ferro remobilizado de filossilicato, contendo este elemento (zinnwaldita), e depositado nos contatos entre os grãos minerais da rocha e em fissuras e clivagens dos minerais, principalmente em subsuperfície.

## Abstract

The occurrence of orangey stains is well known in the stone cladding industry. They are usually considered result of Fe<sup>2+</sup> ions remobilization and deposition as Fe<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>. Although the explanation is easy, it is difficult to perceive the stain spot by optical microscope examination and even harder by electron microscopy. In this work it was possible to detect remobilized iron concentrations, infer its origins and understand why it is difficult to detect iron in the stain area by electron microscopy. The results point to that the staining is indeed due to iron remobilized from iron bearing phyllosilicate and deposited in grain contacts, cracks and mineral cleavages, especially in subsurface.

## 1 Introdução

Na maioria das rochas ígneas ou metamórficas que incorporam o elemento ferro durante sua formação no interior da terra, este é bivalente (Fe<sup>2+</sup>). Em condições atmosféricas de temperatura, pressão e umidade, o ferro presente nos minerais tende a aumentar seu estado de oxidação de 2+ para 3+ e oxidar-se como FeOOH, em geral na forma cristalina de goethita ou sem arranjo cristalino definido, ou seja, amorfo (WINKLER, 1975).

O fenômeno das manchas ferruginosas é bem conhecido no setor de rochas ornamentais ou de revestimento, principalmente em mármore. Por outro lado, são escassos os estudos da formação de manchas ferruginosas em granitos (FRASCÁ, 2003). Em um desses poucos trabalhos, Quick Sirivivatnanon (2008) estudaram um sienito australiano de granulação fina contendo siderita (FeCO<sub>3</sub>), que apresentou manchamento visualmente semelhante ao descrito no presente estudo. Os autores concluíram que seria originado pela alteração da siderita para óxidos/hidróxidos de ferro, e, que as manchas permanecem estáveis por décadas. A siderita é um mineral pouco comum em granitos e rochas semelhantes, e não foi encontrado registro de sua ocorrência em granitos de revestimento no Brasil.

Frasca (2013) afirma que o amarelecimento ou manchamento ferruginoso é a ocorrência de alteração de cor mais comum em rochas brancas, sejam granitos ou mármore. Um dos possíveis mecanismos seria a deposição de óxidos ou hidróxidos de ferro em microdescontinuidades presentes nos minerais formadores da rocha.

Calegari et al (2019) concluem que dois granitos brancos, diferentes do estudado aqui, apresentaram manchamento marrom-alaranjado, ainda no processo de desdobramento em chapas, devido à remobilização do ferro da variante almandina (Fe<sup>2+</sup><sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[S<sub>1</sub>O<sub>4</sub>]<sub>3</sub>) da granada, e deposição em fissuras como óxido de ferro, embora os resultados não permitam descartar hidróxidos de ferro como a forma final do ferro manchante.

De acordo com Gomes (2006), as rochas granitóides da Suíte Magmática de Santa Quitéria estão localizadas na porção setentrional da Província Borborema e correspondem a corpos graníticos de caráter sin, tardi a pós-tectônicos na forma de batólitos e "stocks" alongados a subarredondados, e às vezes anelares intrusivos e/ou gradando para metatexitos e diatexitos. No arco magmático de

Santa Quitéria, a grande maioria das determinações de idade está no intervalo 640-610 milhões de anos (NEVES et al., 2014).

Os corpos graníticos São Paulo e Morrinhos se diferenciam dos outros por serem hololeucocráticos, e de cor branca com megacristais de feldspatos e quartzo, granulação média a grossa e isotrópica (GOMES, 2006). Petrograficamente, segundo o mesmo autor, a associação quartzo + albita + K-feldspato + muscovita (zinnwaldita) + fluorita ou topázio caracteriza a maioria desses granitos tardios, classificados como albita, granitos com topázio, fluorita e zinnwaldita.

Zinnwaldita é uma série mineral de micas escuras contendo lítio (RIEDER et al., 1998). Sua composição contém teores variáveis de  $Fe^{2+}$  e Li, definindo os membros da série conforme essa variação. Pode ainda conter flúor e manganês.

Este trabalho objetivou determinar a causa do manchamento de cor alaranjada e dimensões milimétricas na superfície de ladrilhos de granito branco.

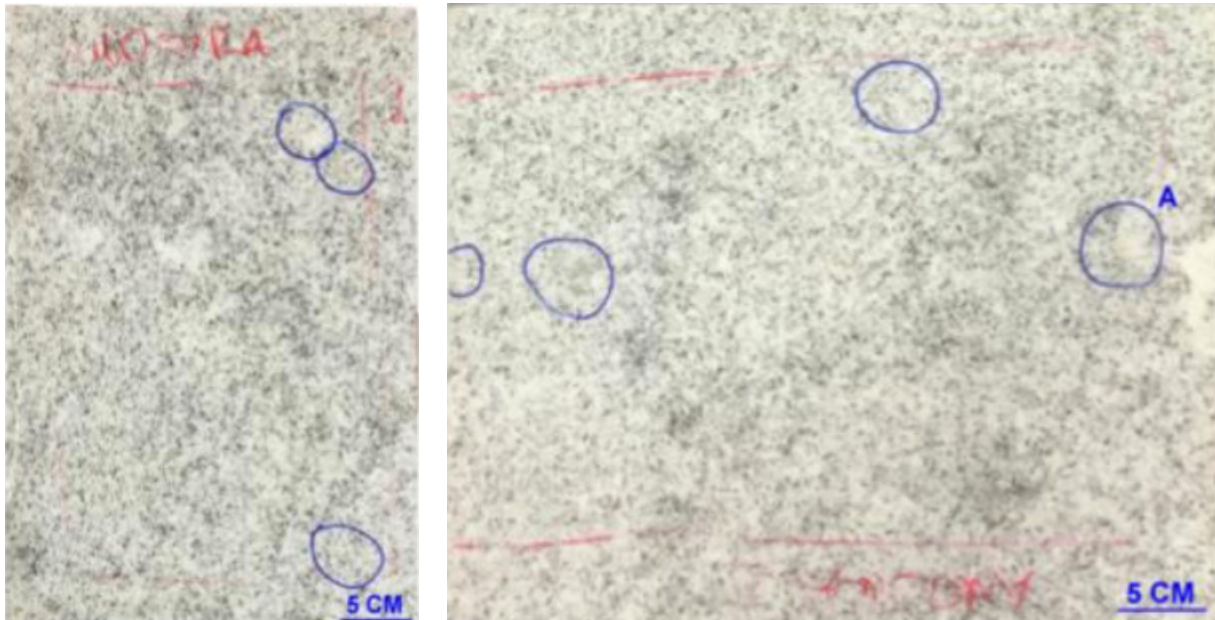
## 2 Materiais

Rocha designada comercialmente como "Granito Branco Alpha" (referência do laboratório LMCC 497/15). A amostra, fornecida em 17.07.2015, sob a forma de dois ladrilhos polidos de aproximadamente 40 cm x 27 cm x 2 cm e 45 cm x 36 cm x 2 cm, procedente de Serrote São Paulo, Município de Santa Quitéria, Ceará. Apresenta granulação fina, cor cinza claro e pequenas manchas alaranjadas de poucos milímetros de diâmetro dispersas irregularmente na superfície, conforme Figuras 1 e 2. Segundo o geólogo Eleno de Paula Rodrigues (informação verba<sup>1</sup>), que trouxe as amostra para estudo, as manchas são percebidas nos blocos, ainda na jazida e não se conseguiu removê-las das chapas com os produtos usuais do mercado. Informou ainda, que não foi percebida evolução das manchas no processo de beneficiamento entre a jazida e as chapas polidas e que, face à impossibilidade de remoção das manchas, o produtor descarta as chapas que apresentam as manchas.

---

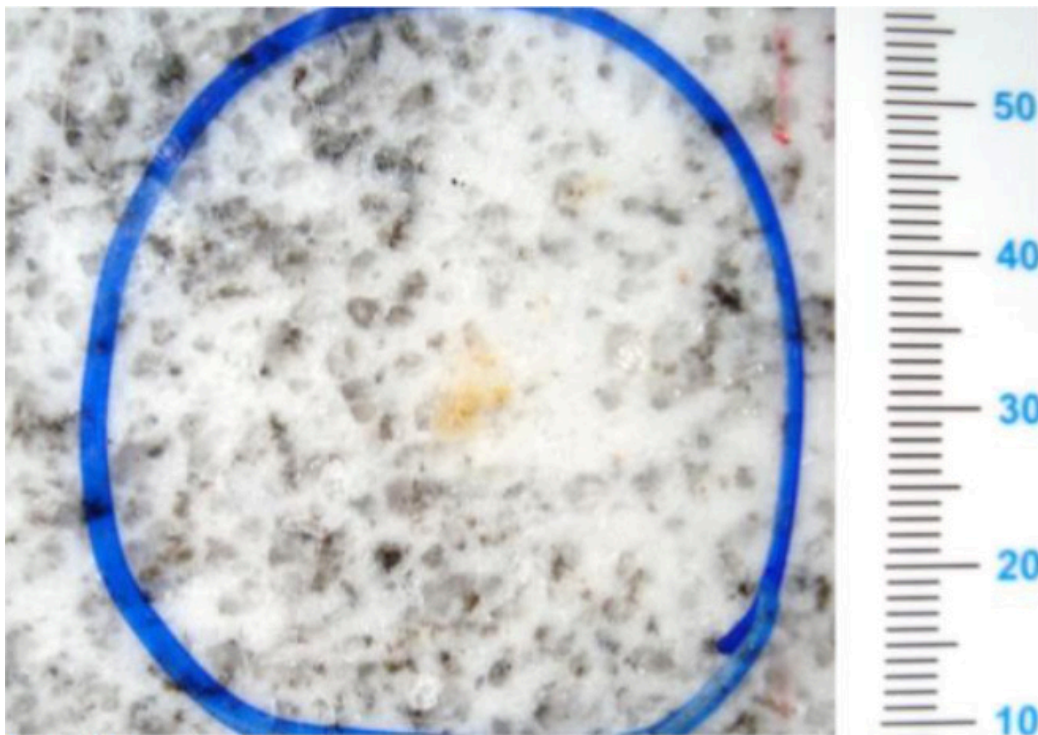
<sup>1</sup> Informação fornecida via contato telefônico, em junho de 2020.

Figura 1 – Dois ladrilhos polidos do “Granito Branco Alpha” (LMCC 497/15). Os círculos em azul indicam os locais das manchas.



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 2 – Foto da mancha alaranjada à direita (identificada por “A”) na Figura 1. Escala em milímetros.



Fonte: elaborado pelos autores

## 3 Métodos utilizados

Foram realizados: observação em estereomicroscópio, análise petrográfica sob microscópio ótico de luz transmitida e microscopia eletrônica de varredura com microanálise, conforme descrito a seguir.

### 3.1 Observação em estereomicroscópio

Algumas manchas, sempre da superfície polida, incluindo aquela na área submetida à microscopia eletrônica, foram observadas com luz refletida em estereomicroscópios (lupa binocular) marca Wild, modelo M5 e marca Leica, modelo M165 C, este último com câmera digital marca Leica, modelo DFC425 acoplada. A observação em estereomicroscópio permite estudar materiais transparentes em três dimensões, ou seja, fornece visualização da superfície e subsuperfície. A técnica de observação com o estereomicroscópio utiliza aumento menor que a análise petrográfica e, por isso, abrange maior área na amostra.

### 3.2 Análise petrográfica

A análise petrográfica foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 15845-1:2010 - "Rochas para revestimento - Parte 1: Análise petrográfica" (ABNT, 2010), da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. O método consiste no estudo de seções delgadas conforme resumido a seguir.

Foram cortados, com disco diamantado, dois pequenos blocos com cerca de 30 mm de comprimento, 20 mm de largura e com espessura original. Cada bloco foi lixado, colado em lâmina de vidro, cortado e desbastado com carbetto de silício até que a seção colada à lâmina atingisse a espessura de 0,03 mm, sendo então coberto com lamínula de vidro. Um bloco teve a superfície polida colada à lâmina, enquanto que o outro teve uma superfície perpendicular à superfície polida colada na lâmina de vidro. As seções delgadas, de áreas ortogonais entre si, foram estudadas em microscópio de luz transmitida com dupla polarização e platina giratória (microscópio petrográfico) e a classificação petrográfica seguiu os critérios propostos por Le Maitre (1989).

Utilizou-se microscópio marca Leica modelo DM4500 P e câmera digital marca Sony, modelo Cyber-shot DSC-W125.

### 3.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise por dispersão de energia (EDS)

Uma das áreas apresentando manchamento foi analisada por microscopia eletrônica de varredura na superfície polida de um bloco com cerca de 10 mm x 10 mm, obtido por corte em serra de disco diamantado. O fragmento foi preparado por recobrimento com ouro em sua superfície polida para garantir a boa condutividade de elétrons.

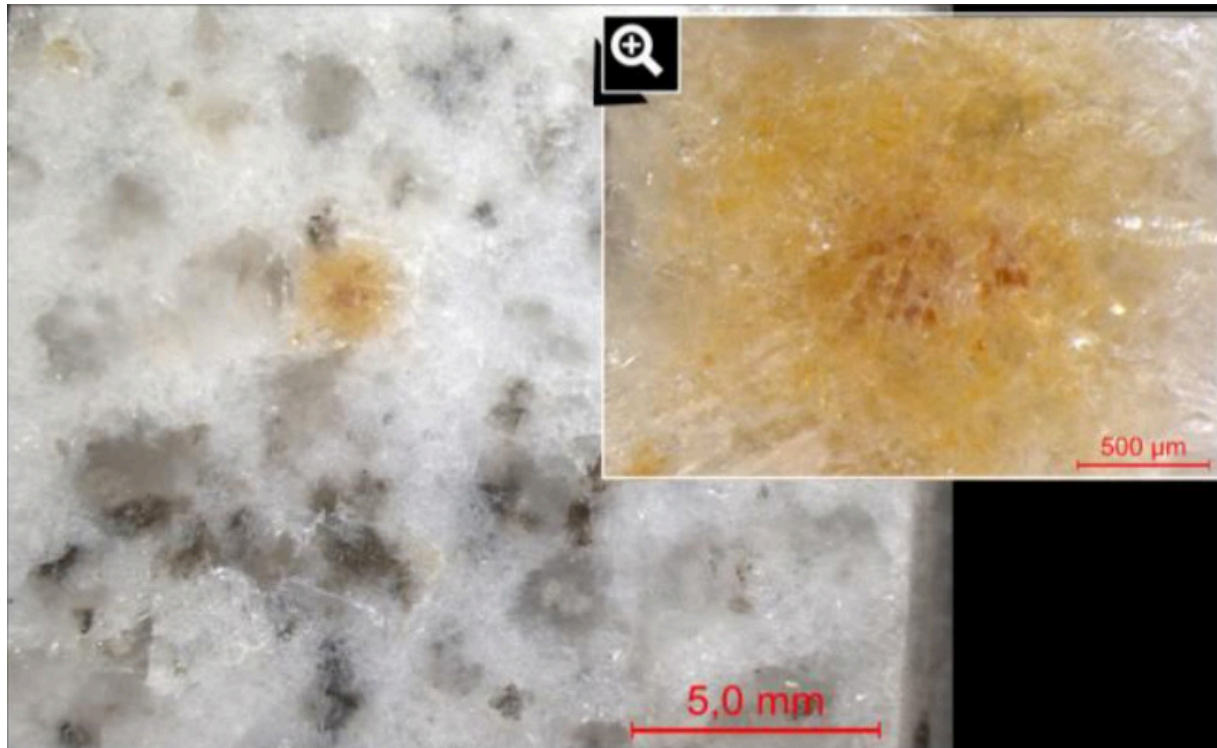
As análises foram executadas utilizando microscópio eletrônico de varredura de emissão de campo (FEG), marca FEI, modelo Quanta 3D. As imagens foram obtidas utilizando detectores de elétrons retroespalhados e de elétrons secundários em condições de tensão de aceleração de 15 kV. Utilizou-se espectroscópio de energia dispersiva (EDS) da marca Oxford Instruments. A análise por EDS não detecta os elementos leves H, He, Be, B e Li. Quando a análise por EDS é realizada em um "ponto", deve-se considerar que o "ponto" na verdade é um volume arredondado de alguns micrometros cúbicos, e, portanto, o resultado é influenciado pelas regiões ao redor e pelo ponto escolhido, principalmente nos maiores aumentos. Nas imagens de elétrons retroespalhados o contraste é devido principalmente às diferenças de número atômico (Z) dos elementos presentes, ou seja, quanto maior o número atômico, maior o número de elétrons e mais clara a área. As imagens de elétrons secundários também são sensíveis a diferenças de condutibilidade eletrônica dos materiais e são melhores para a percepção das diferenças de relevo.

## 4 Resultados

### 4.1 Observação em estereomicroscópio

As observações em estereomicroscópio indicam que o manchamento ocorre por concentração de material alaranjado nos contatos entre grãos e fissuras, principalmente sob a superfície polida, a menos de 1 mm de profundidade. Como os grãos de quartzo são transparentes e os de feldspato, transparentes a translúcidos, a mancha aparenta estar na superfície. Conforme indicado pela análise petrográfica, os feldspatos (albita e microclínio) e quartzo constituem aproximadamente 90 % do "Granito Branco Alpha". As Figuras 3 a 6 ilustram as manchas e a área selecionada para análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Figura 3 – Montagem de fotografias da superfície polida do “Granito Branco Alpha” com a região da mancha alaranjada selecionada para análise por microscopia eletrônica e detalhe da mancha.



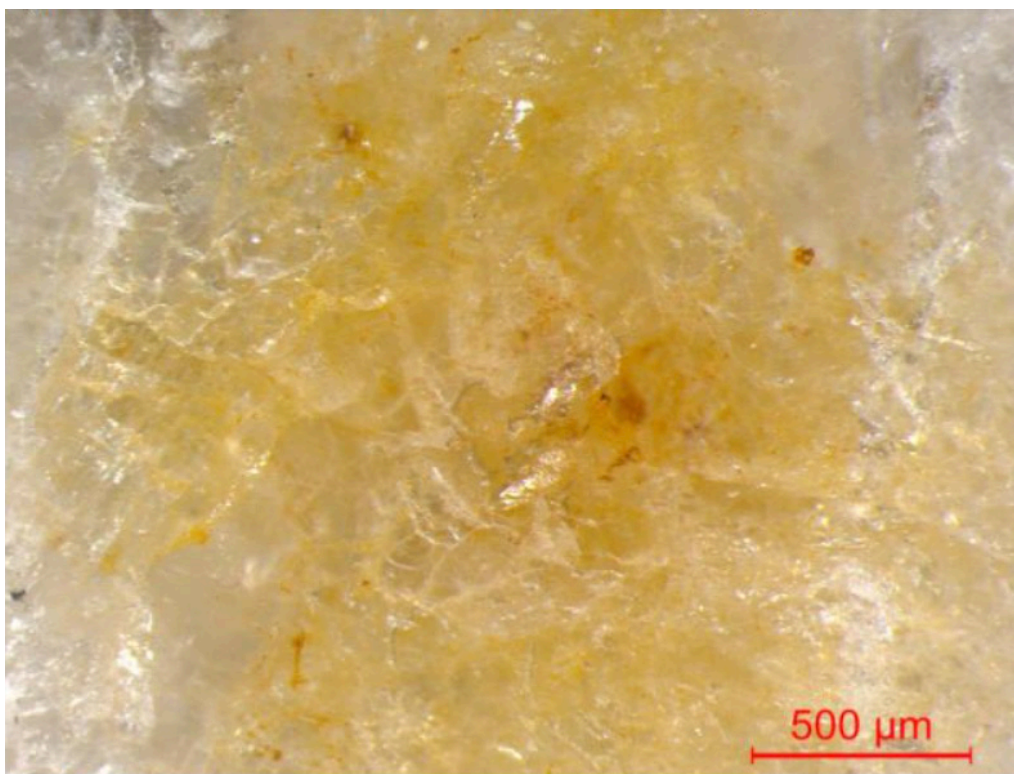
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 4 – Superfície polida do “Granito Branco Alpha”, selecionada para análise por MEV. Na foto a delimitação retangular riscada com ponta de widia (carbeto de tungstênio) é parcialmente visível.



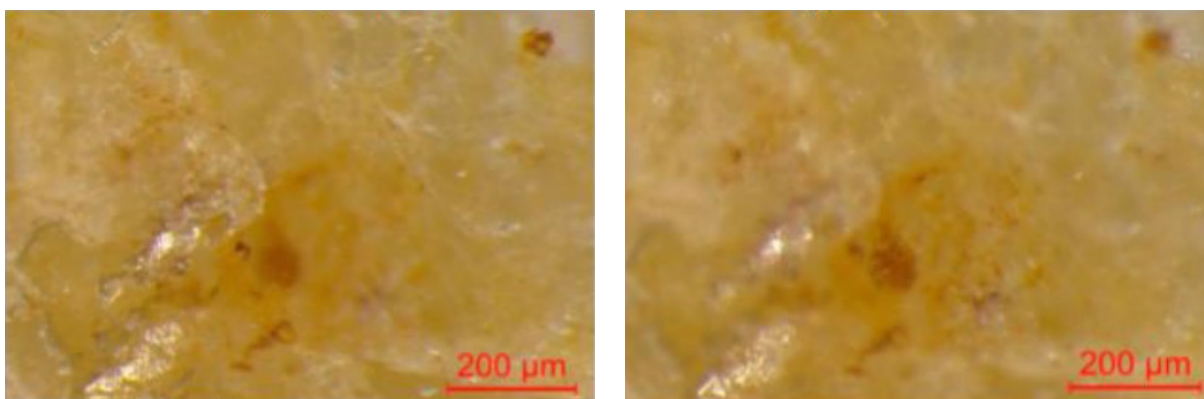
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 5 – Detalhe de uma área com mancha do “Granito Branco Alpha” da Figura 1.



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 6 – Detalhe da Figura 5, com foco na superfície (foto da esquerda) e subsuperfície (foto da direita), indicando que a parte mais intensa da mancha está em subsuperfície.



Fonte: elaborado pelos autores

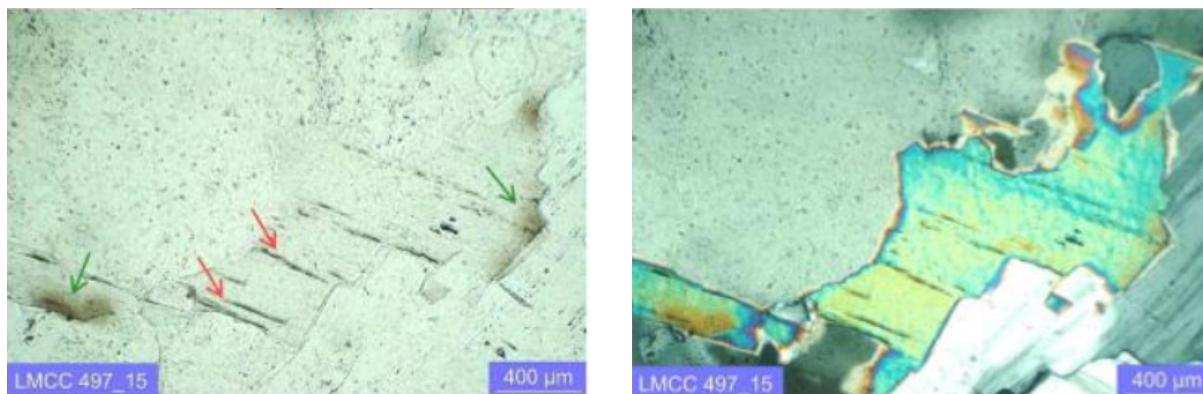
## 4.2 Análise petrográfica (microscopia de luz polarizada transmitida)

Os resultados da análise petrográfica do "Granito Branco Alpha" resumidamente são os seguintes:

Rocha de estrutura maciça, textura predominantemente traquitoide, porfírica a poiquilitica. O principal mineral é a albita, com tamanho entre 0,1 mm a 1,5 mm e representando 35 % a 40 % da rocha, seguida pelo quartzo (20 % a 25 %) em grãos de 0,005 mm a 5 mm, microcroclínio em grãos de 0,5 mm a 2 mm (40 %) e mica da série da zinnwaldita (5 %) com tamanhos entre 0,7 mm a 1,4 mm. Os minerais acessórios, perfazendo cerca de 5 %, são topázio, fluorita, opaco, apatita e provável zircão.

A rocha apresenta fraca alteração, de origem intempérica e hidrotermal, evidenciada por zinnwaldita alterada em mica branca, com concentração de hidróxidos de ferro nas bordas e em traços de clivagem (Figuras 7 e 8). Hidróxidos de ferro também são comuns em bordas de topázio ou como pontuações em quartzo e feldspatos próximos a zinnwaldita. Mineral prismático alongado (possível zircão) apresenta bordas metamícticas<sup>2</sup>.

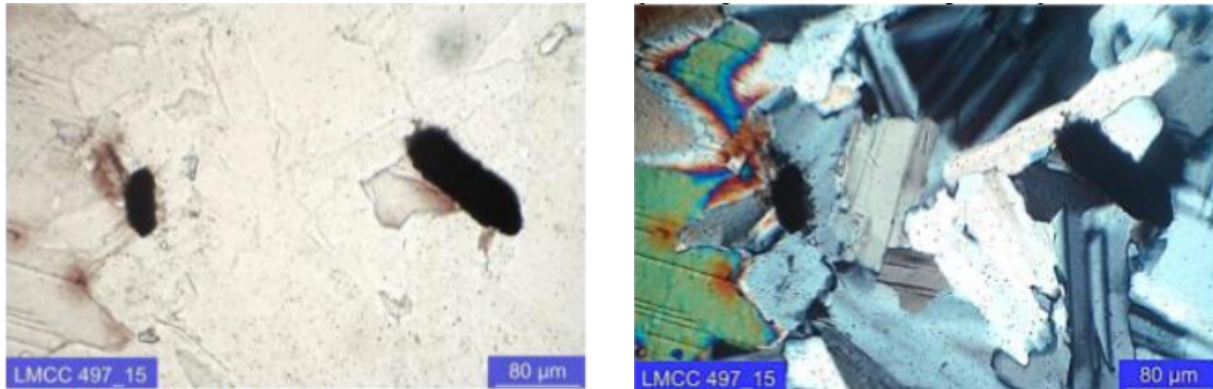
Figura 7 - Fotomicrografias da zinnwaldita apresentando concentração de hidróxidos de ferro nas bordas (setas verdes) e nos traços de clivagem (setas vermelhas). À esquerda, com polarização simples e à direita, com polarização cruzada.



Fonte: elaborado pelos autores

<sup>2</sup> Metamictização é o processo pelo qual elementos radioativos contidos em alguns minerais provocam rompimentos no retículo cristalino do mineral hospedeiro, como resultado de dano por radiação, enquanto sua morfologia externa é preservada (BATES; JACKSON, 1980).

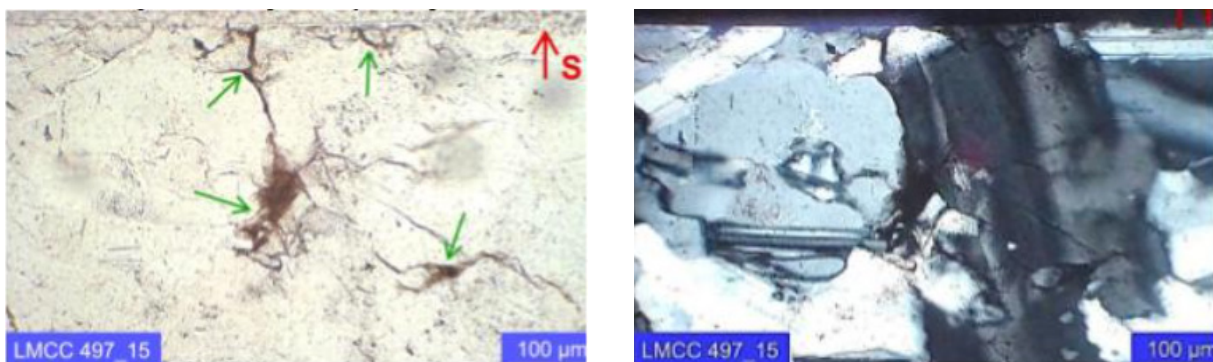
Figura 8 - Fotomicrografia de minerais opacos associados à zinnwaldita. Notar concentração de hidróxidos de ferro no contato. À esquerda, com polarização simples e à direita, com polarização cruzada.



Fonte: elaborado pelos autores

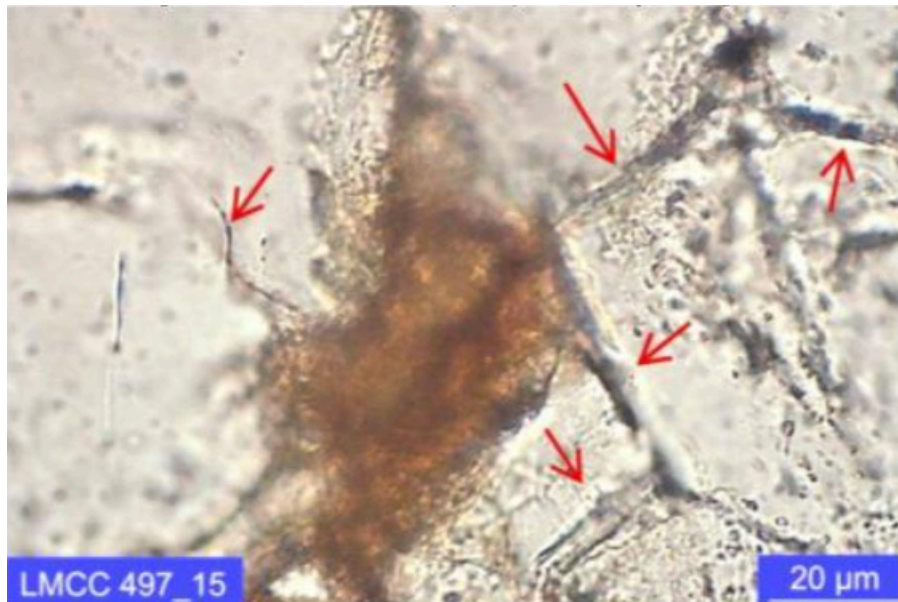
O estado microfissural é moderado, com microfissuras intragranulares, sem preenchimento ou preenchido por hidróxidos de ferro e intergranulares, preenchidas por hidróxidos de ferro (Figuras 9 e 10). Microfissuras transgranulares são pouco comuns, geralmente preenchidas por hidróxidos de ferro.

Figura 9 - Fotomicrografia de lâmina transversal à superfície polida do "Granito Branco Alpha" em área de manchamento alaranjado. Concentração de hidróxidos de ferro, migrando para as microfissuras associadas (setas verdes). A superfície polida da amostra é indicada por S (seta vermelha). À esquerda, com polarização simples e à direita, com polarização cruzada.



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 10 – Detalhe da Figura 9, com destaque para microfissuras preenchidas por hidróxidos de ferro (setas). Polarização simples, com condensador.



Fonte: elaborado pelos autores

Em corte paralelo à superfície observa-se textura porfírica a poiquilítica mais evidente, enquanto a lâmina do perfil (ortogonal à superfície) destaca a textura traquitóide da matriz, com orientação subparalela. Zinnwaldita, levemente pleocróica, apresenta concentração de hidróxidos de ferro nas bordas. Apatita, acicular, acha-se dispersa, e, por vezes, inclusa em albita. Fluorita ocorre em interstícios. Zircão, geralmente metamictico, apresenta-se disperso ou incluso em mica (provável zinnwaldita), provocando halos pleocróicos. Topázio, quando em associação com zinnwaldita, contém bordas escuras, com impregnação de hidróxidos de ferro.

Com base nos minerais, textura e origem ígnea, a rocha é petrograficamente classificada como microclínio-albita granito.

Ocorre outro tipo de mancha, menor e mais escura, referente a pontos amarronzados de dimensão submilimétrica, por vezes visíveis macroscopicamente, que podem ter sido provocadas pela possível alteração por metamictização de mineral identificado como possível zircão (Figura 11).

Figura 11 – Fotomicrografia do “Granito Branco Alpha”. Possível zircão associado a manchas de cor marrom. Polarização simples e condensador.

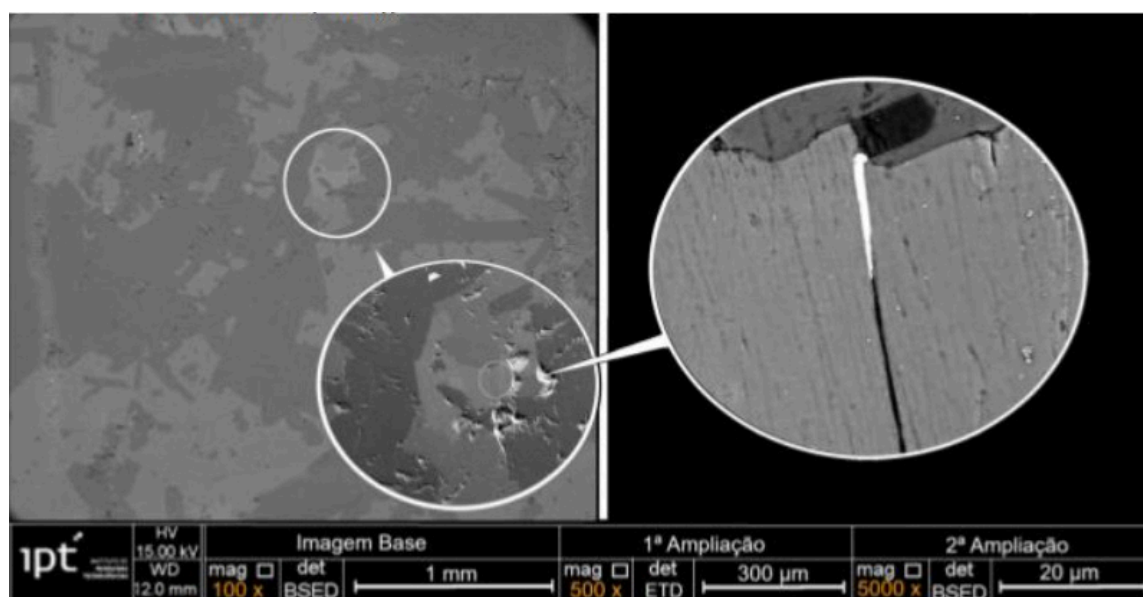


Fonte: elaborado pelos autores

### 4.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise por espectroscopia de dispersão de energia (EDS)

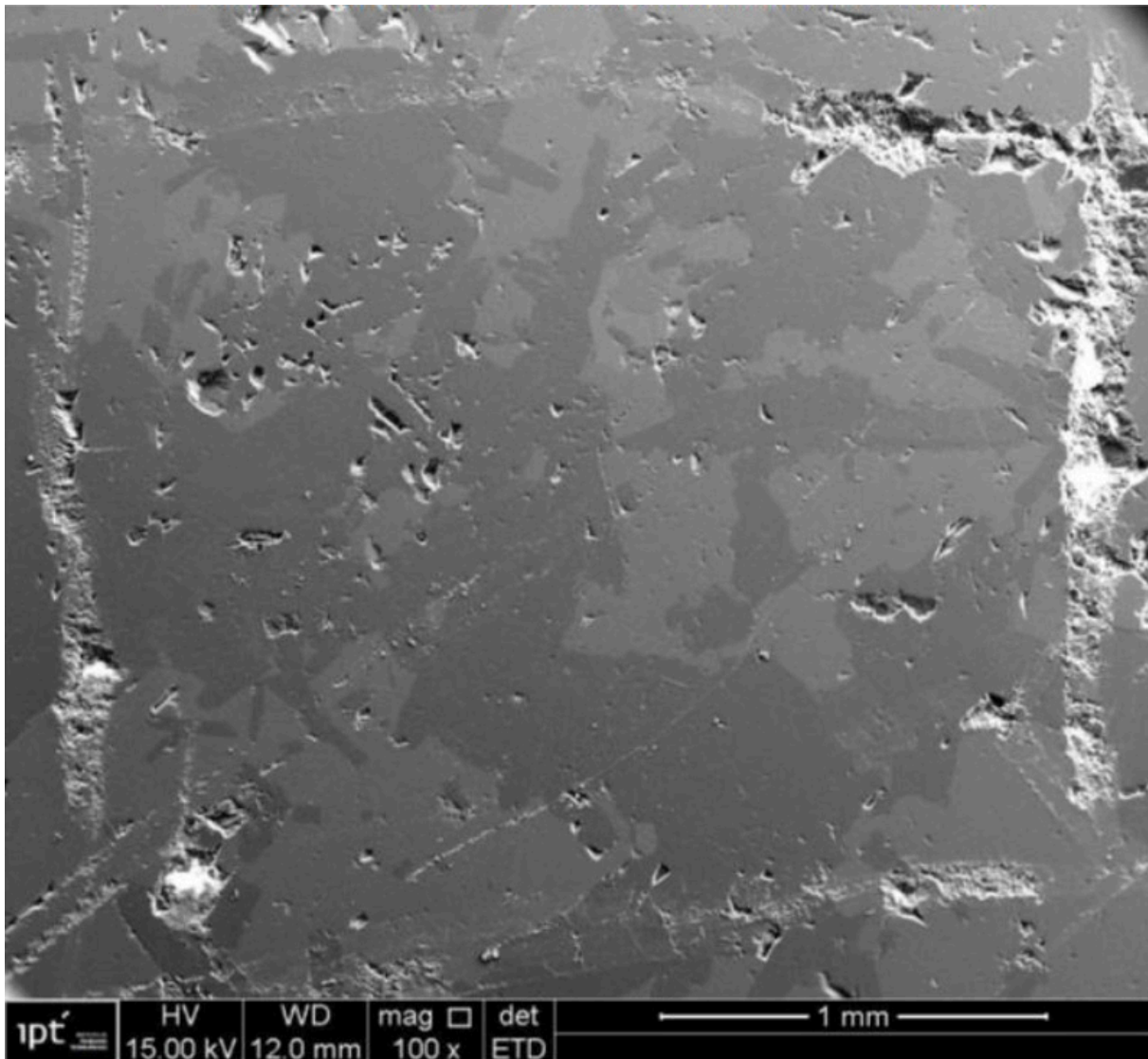
Os resultados das imagens de MEV e das análises de dispersão de energia (EDS) do “Granito Branco Alpha” estão apresentados nas Figuras 12 a 22 e na Tabela 1 (análises químicas).

Figura 12 – Montagem com imagens de microscopia eletrônica de varredura do “Granito Branco Alpha” – área com mancha alaranjada demarcada nas Figuras 1 a 4. Conforme será visto mais adiante, o detalhe mostra uma concentração de ferro (mais clara) em uma fissura da zinnwaldita (detector de elétrons retroespalhados para a principal e o detalhe da direita e elétrons secundários para o detalhe menor (centro)).



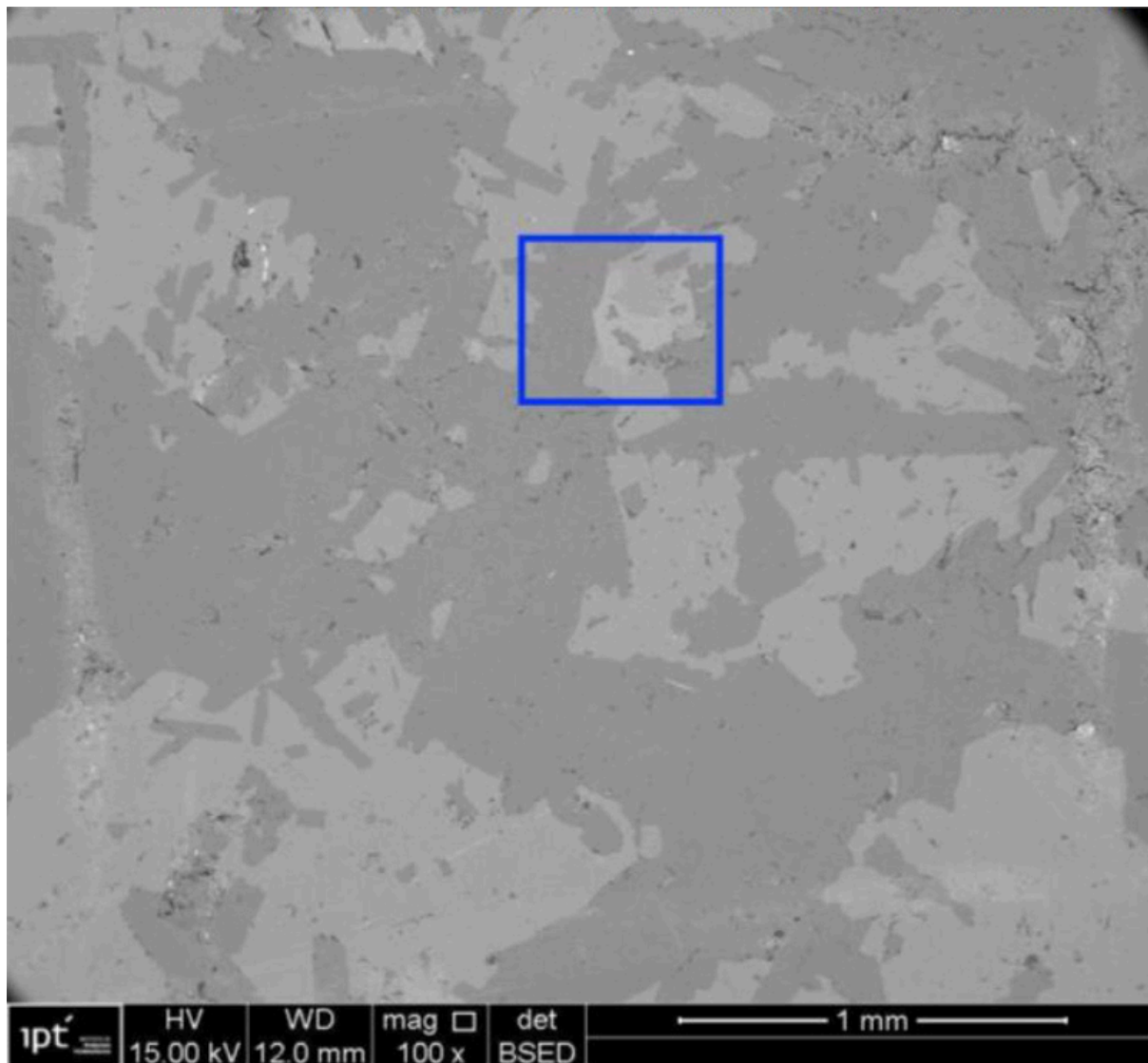
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 13 - “Granito Branco Alpha” - ênfase de relevo da área com mancha alaranjada demarcada nas Figuras 3 e 4. Os sulcos irregulares foram feitos com a ponta de widea para facilitar a identificação da área no microscópio eletrônico de varredura (detector de elétrons secundários).



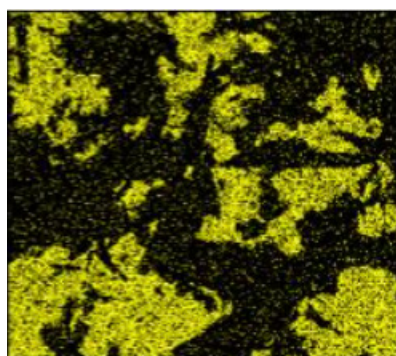
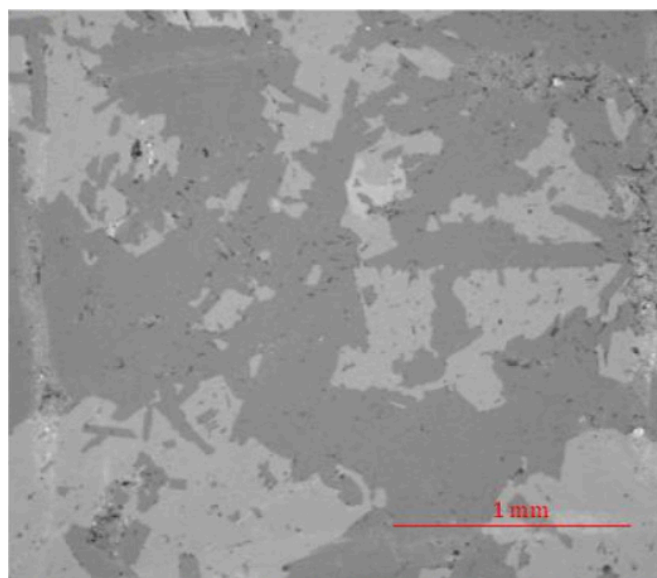
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 14 - Mesma área da figura anterior (detector de elétrons retroespalhados). Toda a área foi submetida à análise química por EDS (Figuras 15 a 19). A área demarcada foi ampliada em fotos posteriores.

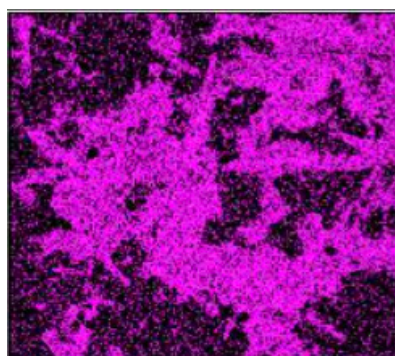


Fonte: elaborado pelos autores

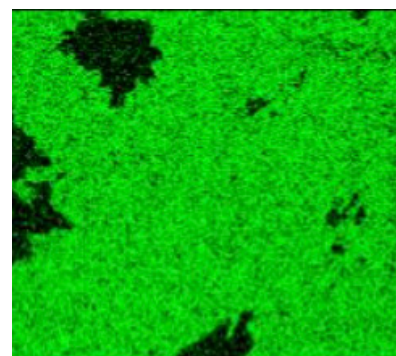
Figura 15 - Mapas de distribuição em área de alguns elementos químicos da obtidos por EDS. As concentrações de potássio indicam o microclínio, os locais ricos em sódio correspondem à albita e o quartzo é identificado pelos locais sem alumínio e com maiores teores de silício. Notar concentração de ferro e flúor, indicando a zinnwaldita, na mesma região que será ampliada em figuras posteriores.



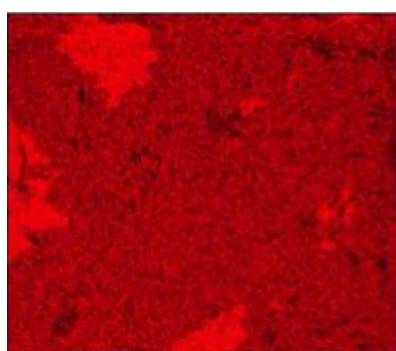
Potássio (K)



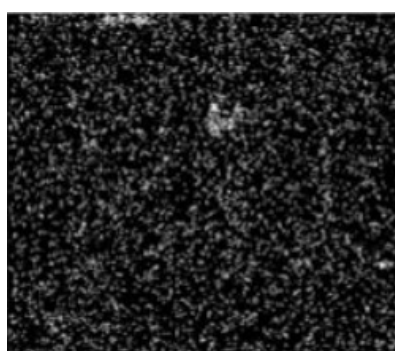
Sódio (Na)



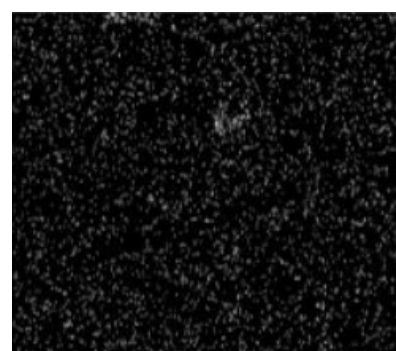
Alumínio (Al)



Silício (Si)



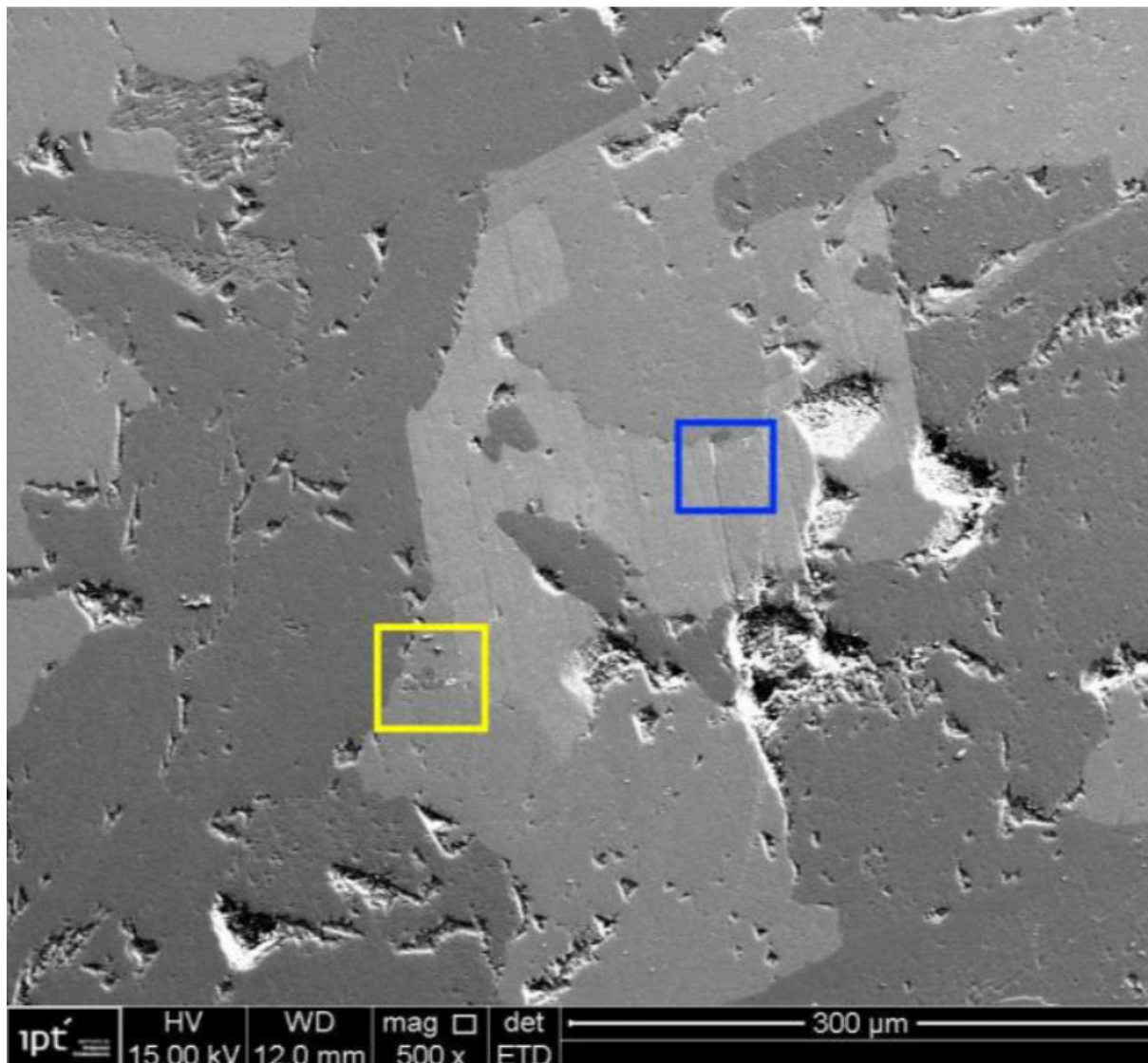
Flúor (F)



Ferro (Fe)

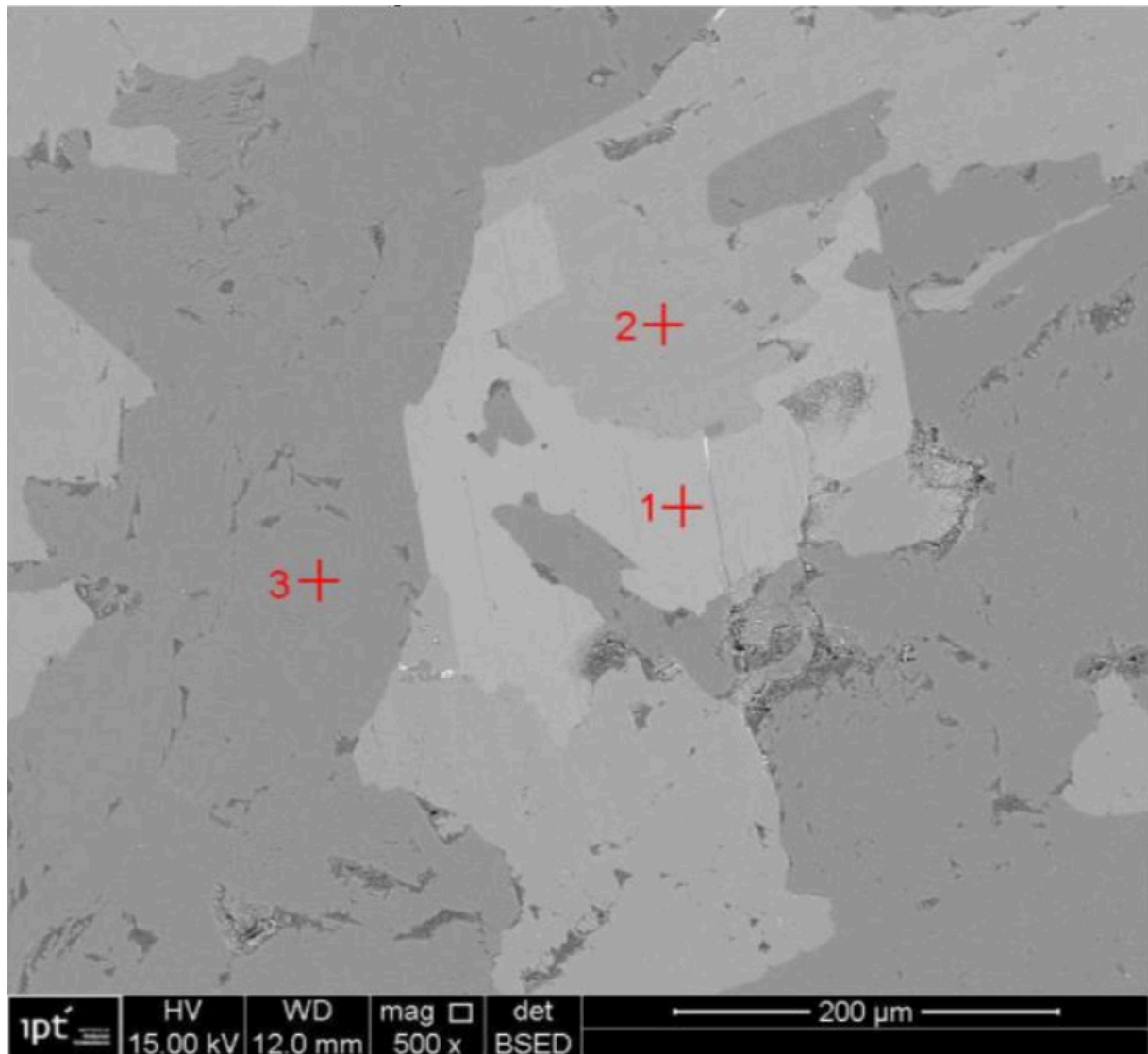
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 16 - Detalhe da região do quadrado na Figura 14 com ênfase no relevo (detector de elétrons secundários).



Fonte: elaborado pelos autores

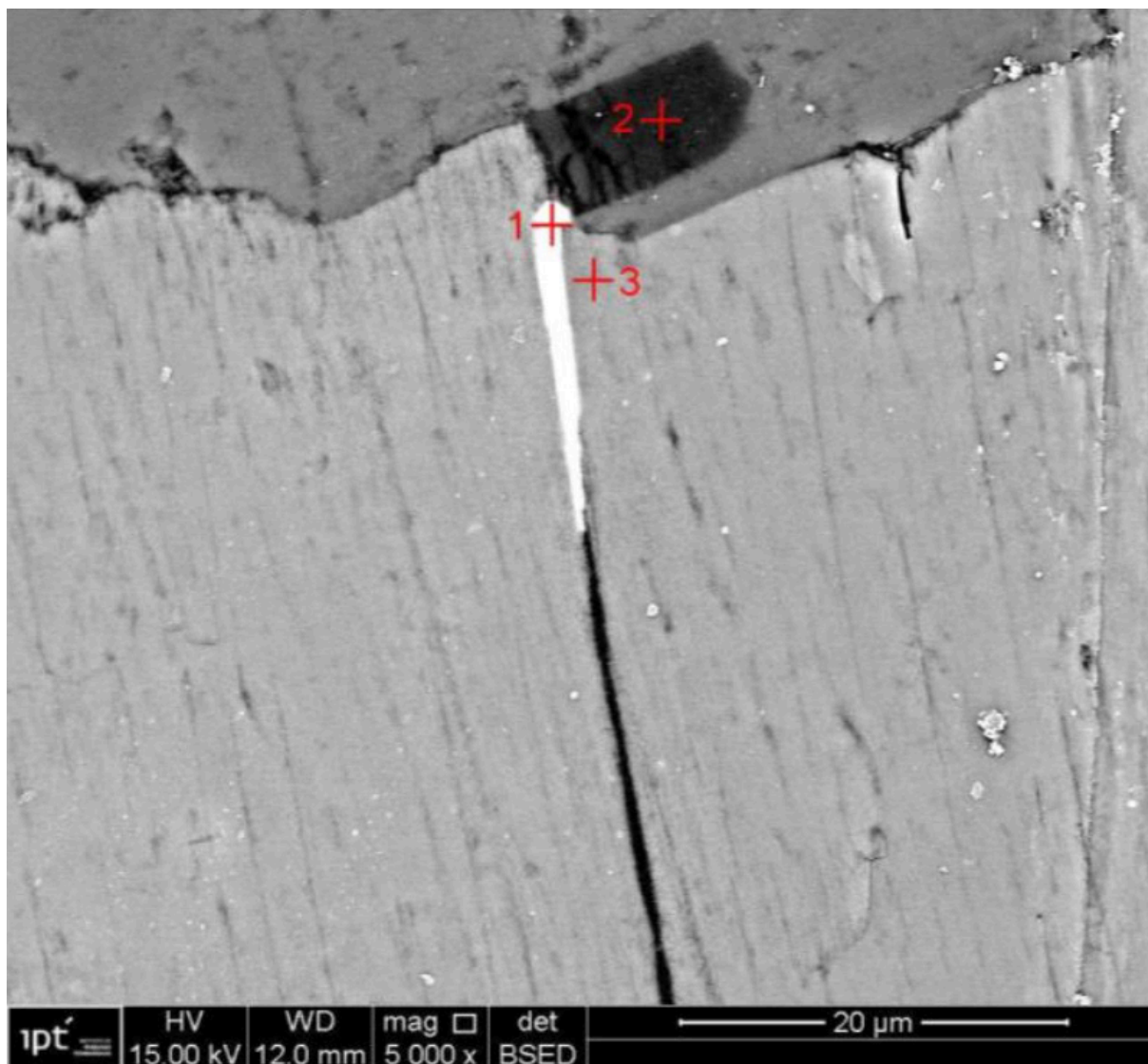
Figura 17 - Mesma área da figura anterior (detector de elétrons retroespalhados). Os pontos 1, 2 e 3 indicam os locais das análises químicas, apresentadas na Tabela 1, compatíveis com zinnwaldita, microclínio e albita, respectivamente



Fonte: elaborado pelos autores

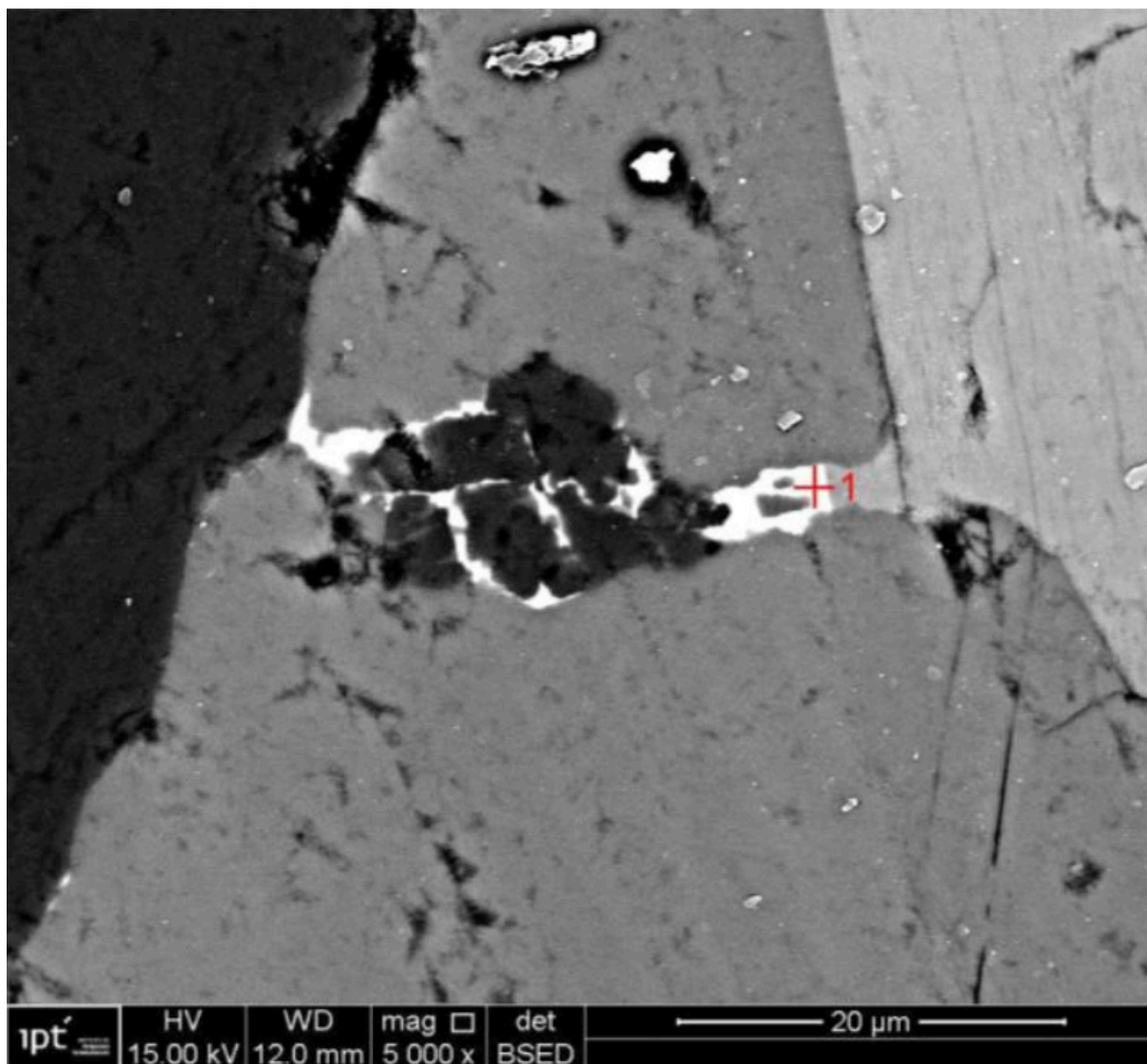
A análise por microscopia eletrônica de varredura não permitiu a visualização das manchas nem a sua caracterização química. O principal motivo desta dificuldade deve ser o predomínio da mancha abaixo da superfície. Por outro lado, confirmou a presença de ferro em microdescontinuidades da zinnwaldita e dos feldspatos (albita e microclínio), conforme Figuras 18 e 19.

Figura 18 - Detalhe do quadrado azul (direita) da Figura 16 por elétrons retroespalhados, indicando os pontos 1, 2 e 3 onde foi realizada análise química (Tabela 1). A análise do ponto 1 indicou o predomínio de ferro. O resultado do ponto 3 confirma que o mineral que ocupa a maior parte da imagem é a zinnwaldita (mica). O ponto 2 indica uma albita e parte superior da foto é microclínio, conforme análises anteriores



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 19 - Imagem de elétrons retroespalhados no detalhe do quadrado amarelo (esquerda) da Figura 16, com análise química do ponto 1 (Tabela 1). A análise indica tratar-se de óxidos ou hidróxidos de ferro.



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 1 – Resultados das análises químicas por EDS em percentagem de átomos nos pontos seleccionados das figuras.

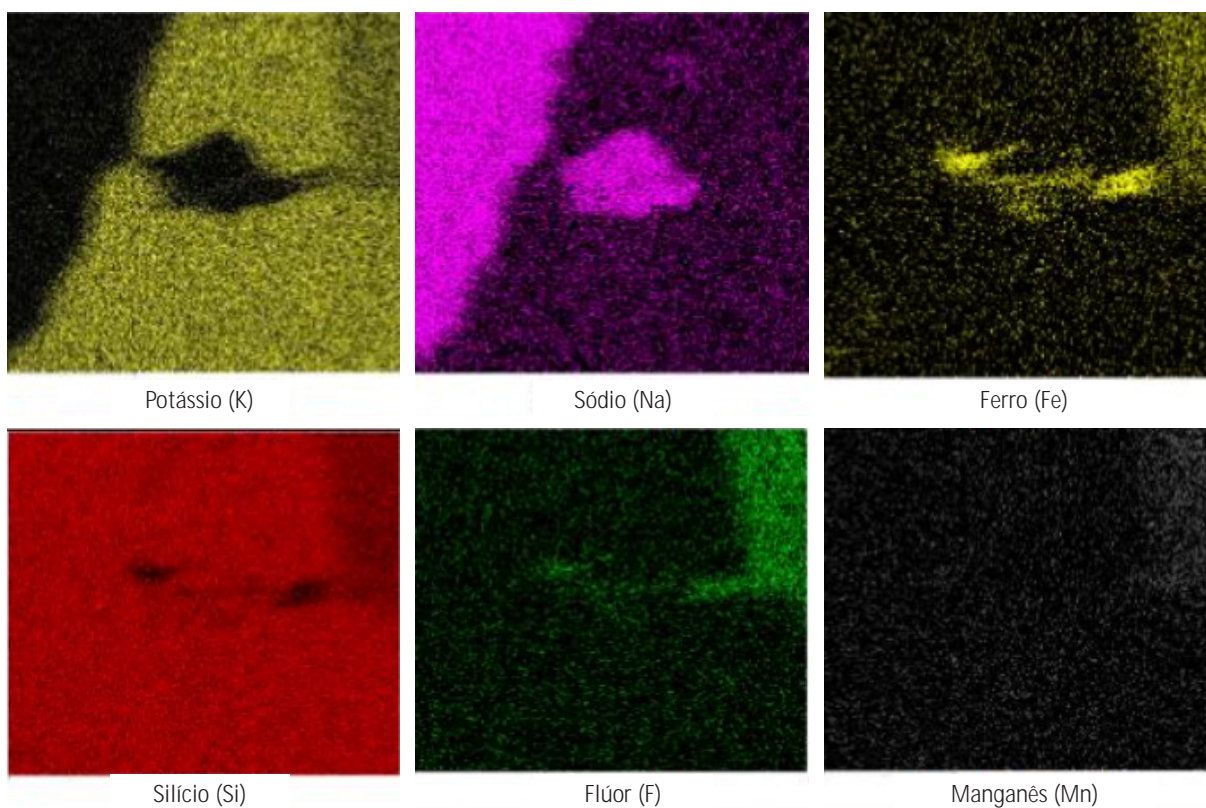
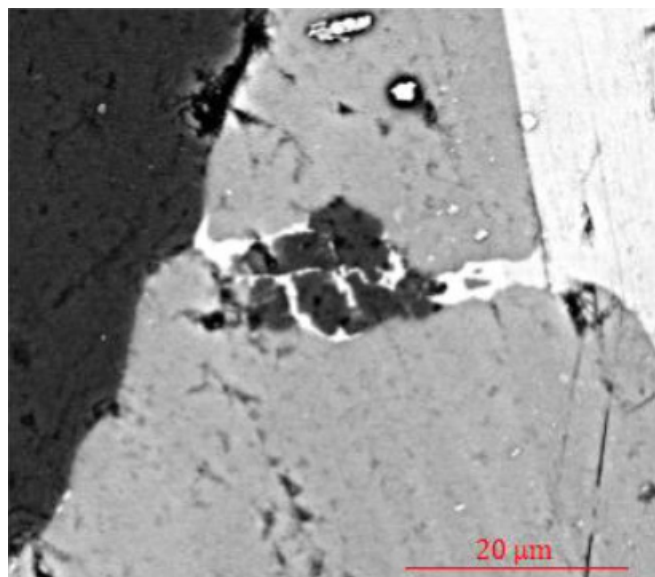
Elemento	Local da medida (Figura e ponto)						
	Fig. 17 p1	Fig. 17 p2	Fig. 17 p3	Fig. 18 p1	Fig. 18 p2	Fig. 18 p3	Fig. 19 p1
C	-	-	6,0	5,6	5,6	4,7	9,7
O	48,5	58,1	55,9	56,2	55,7	47,7	57,2
F	11,8	-	-	0,9	-	10,8	-
Na	-	0,2	5,6	0,6	5,6	-	-
Al	9,4	7,9	7,5	6,4	7,6	8,4	5,9
Si	21,5	26,6	25,0	6,8	25,4	20,2	5,0
K	4,8	7,3	-	0,8	-	4,7	0,8
Mn	1,2	-	-	-	-	0,9	-
Fe	2,9	-	-	22,6	-	2,5	21,3
Soma	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fase interpretada	zinnwaldita	microclinio (feldspato)	albita (feldspato)	óxido ou hidróxido de Fe	albita	zinnwaldita	óxido ou hidróxido de Fe

Fonte: elaborado pelos autores

- = Elemento considerado inexistente no ponto analisado.

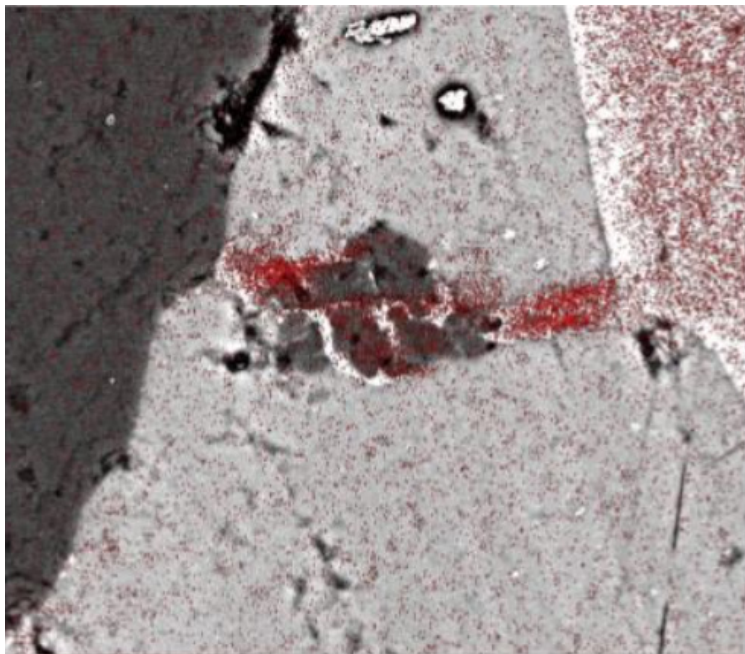
A EDS não detecta Li e as percentagens são normalizadas para 100% dos elementos detectados.

Figura 20 - Mapa de pontos de área da Figura 19, onde se destaca a concentração de ferro em fissuras, tanto do microclínio (rico em potássio) quanto da albita (rica em sódio).



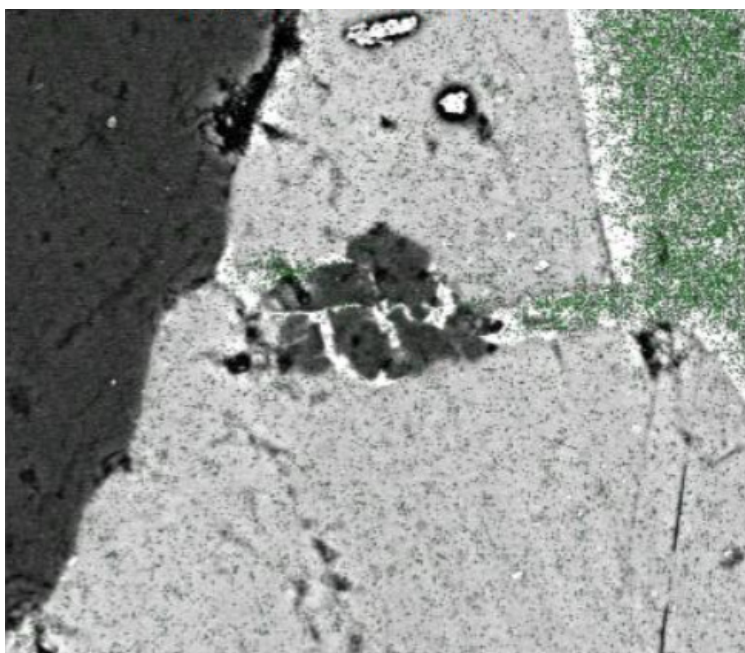
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 21 - Mapa de pontos do elemento ferro (vermelho) sobreposto à imagem de elétrons retroespalhados. O ferro proveniente da zinnwaldita, em cima à direita, concentra-se no centro da imagem.



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 22-Detalhe do mapa de pontos do elemento flúor (verde) sobreposto à imagem de elétrons retroespalhados. A concentração mais elevada na parte superior direita da imagem corresponde à zinnwaldita (mica).



Fonte: elaborado pelos autores

O elemento carbono detectado nas análises químicas não deve fazer parte da composição original da rocha. Provavelmente é originado de hidrofugante ou resina aplicada na rocha pelo produtor para melhorar suas propriedades.

A microanálise revelou também a presença de elementos terras-raras em pequenas proporções, o que é normal para este tipo de rocha.

## 5 Conclusões

O manchamento por pontos alaranjados no "Granito Branco Alpha" é causado pela remobilização do elemento ferro da zinnwaldita, e pela sua precipitação como hidróxidos de ferro nos contatos entre os grãos, principalmente abaixo da superfície polida, o que é denominado de subsuperfície. Ocorrem outros tipos de manchas, menores e mais escuras (cor marrom), que podem ter sido provocadas por alteração do mineral zircão.

Os processos conhecidos de remobilização e precipitação de ferro estão em quase sua totalidade associados à água. No caso do "Granito Branco Alpha", considerando-se que as manchas são percebidas na fase de extração, o manchamento deve ter ocorrido por alteração intempérica ou hidrotermal, ou seja, ainda no maciço. Uma provável origem hidrotermal explicaria a estabilidade das manchas frente aos processos de corte e polimento, sempre com água abundante.

Por estar em subsuperfície dos ladrilhos, o repolimento não deve ser suficiente para remover as manchas, a menos que se consiga desbastar cerca de 1 mm da superfície e mesmo assim, pode-se expor manchas mais profundas. Provavelmente, os métodos tradicionais de remoção de manchas de ferro não são eficazes devido à presença dos hidróxidos de ferro em subsuperfície.

Recomenda-se estudo comparando amostras na frente de lavra, em blocos, após corte e após polimento para confirmar a origem das manchas ainda no maciço e sua suposta estabilidade.

## 6 Agradecimentos

Os autores agradecem a Taeko Yonamine Fukuhara pelas imagens de microscopia eletrônica de varredura, a Eleno de Paula Rodrigues por incitar o estudo e revisar o texto, a Priscila Rodrigues Melo Leal pela revisão do texto e informações sobre a microscopia eletrônica de varredura, a Mikaella Balis e Vitor Henrique de Souza pela edição das figuras.

## 7 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2010. NBR 15845-1 Rochas para revestimento – Parte 1: Análise petrográfica. Rio de Janeiro. 2010. 4 p.

BATES, R.L.; JACKSON, J.A. (Eds.) 1980. *Glossary of geology*. 2 ed. Falls Church, American Geological Institute. 751 p.

CALEGARI, S.S.; SOARES, C. C. V.; HARTWIG, M. E.; MEDEIROS JÚNIOR; E. B.; MARQUES, R.A.; PONTELLO, M.. O Efeito do microfissuramento no desenvolvimento de patologias em rochas ornamentais: o exemplo dos granitos branco viena e branco itaúnas. *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1 p. 514-524, 2019.

FRASCÁ, M.H.B.O. Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento. 2003. 282f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003,

FRASCÁ, M.H.B.O. Tipos de rochas ornamentais e características tecnológicas. In: VIDAL, F.W.H.; AZEVEDO, H.; CASTRO, N.F. (Eds). *Tecnologia de rochas ornamentais, lavra e beneficiamento*. Rio de Janeiro: CETM/MCTI. p. 45-98. 2013.

GOMES, I. P. Caracterização petrográfica e petroquímica dos granitos tardi a pós-tectônicos da região de Santa Quitéria-Ceará. 2006. 219f. Dissertação (Mestrado em Geologia). Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

LE MAITRE, R.W. (Ed.). *A classification of igneous rocks and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences - Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. Oxford. Blackwell Scientific Publications. 193p. 1989.

NEVES, B. B. B.; FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M. The Brasiliano collage in South America: a review. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, n. 3, p. 493-518, 2014.

QUICK, G.W.; SIRIVIVATNANON, V. Predicting iron staining of siderite-bearing microsyenites intended for dimension stone use. In: *Construction and Building Materials* v. 22, p. 257-263, 2008.

RIEDER, M.; CAVAZZINI, G.; D'YAKONOV, Y. S.; FRANK-KAMENETSKII, V. A.; GOTTARDI, G.; GUGGENHEIM, S.; KOVAL, P.W.; MÜLLER, G.; NEIVA, A. M. R.;

RADOSLOVICH, E. W.; ROBERT, J.; SASSI, F. P.; TAKEDA, H.; WEISS, Z.; WONES, D. R. Nomenclature of the micas. *Clays and Clay Minerals*, v. 46, n. 5, p. 586-595, 1998.

WINKLER E.M. Natural rust on stone. In: *Stone. Applied Mineralogy*, Vienna, vol 4. 1975.

DOI 10.34033/2526-5830-v4n15-4

