



**CARACTERIZAÇÃO DOS DERRAMES PAHOEHOE, `Ã`A E DOS TIPOS
TRANSICIONAIS E GEOQUÍMICA DO VULCANISMO DE 1580, ILHA DE SÃO
JORGE - ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES**

Porto Alegre, 2015

MARCOS DE MAGALHÃES MAY ROSSETTI

**CARACTERIZAÇÃO DOS DERRAMES *PAHOEHOE*, *Å* E DOS TIPOS
TRANSICIONAIS E GEOQUÍMICA DO VULCANISMO DE 1580, ILHA DE SÃO
JORGE - ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores: Prof^o Dr. Evandro Fernandes de Lima

Prof^o Dr. Claiton Marlon Scherer

Porto Alegre, 2015

CIP - Catalogação na Publicação

de Magalhães May Rossetti, Marcos
Caracterização dos derrames pahoehoe, `Ã`a e dos
tipos transicionais e geoquímica do vulcanismo de
1580, Ilha de São Jorge - Arquipélago dos Açores /
Marcos de Magalhães May Rossetti. -- 2015.
63 f.

Orientador: Evandro Fernandes de Lima.
Coorientador: Claiton Marlon Scherer.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre, BR-
RS, 2015.

1. Arquipélago dos Açores. 2. basaltos. 3.
litofácies. 4. Ilha de São Jorge. I. Fernandes de
Lima, Evandro, orient. II. Marlon Scherer, Claiton,
coorient. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso "**CARACTERIZAÇÃO DOS DERRAMES PAHOEHOE, `Ã`A E DOS TIPOS TRANSICIONAIS E GEOQUÍMICA DO VULCANISMO DE 1580, ILHA DE SÃO JORGE ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES**" elaborado por "**MARCOS DE MAGALHÃES MAY ROSSETTI**", como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Profº Ruy Paulo Philipp

Profº Edinei Koester

Profº Leonardo Renner

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Aos meus maiores exemplos: meus pais, Anelise e André, e meus irmãos, Lucas, Matheus e Moisés pelos ensinamentos, amizade e apoio incondicional. Sem eles não teria chegado até aqui.

Aos meus orientadores e amigos Evandro, Claiton, Lucas e Sommer pela parceria desenvolvida nestes anos. Também por terem me guiado no decorrer deste trabalho me dando todo suporte necessário.

Aos meus amigos e irmãos Bagé, Alexandre, Pedro, Paulinho, Bidone, Diego, Fernando e Márcio pela grande amizade criada ao longo destes anos.

Aos meus colegas de bolsa, Jonas, Monique e Natália, por me aguentarem nos dias de estresse.

À Agência Nacional do Petróleo (ANP), Convênio PRH-ANP/MME/MCT N ° 12, pela bolsa de iniciação científica.

Ao projeto CAPES FCT-113, Projeto de cooperação bilateral Brasil (CAPES) e Portugal (FCT) pelo o apoio financeiro.

"É nas experiências, nas lembranças, na grande e triunfante alegria de viver na mais ampla plenitude que o verdadeiro sentido é encontrado."

Christopher McCandless

RESUMO

Tipos de morfologias de derrames básicos e padrões petrográficos e geoquímicos foram descritos e interpretados para as erupções de 1580 na Ilha de São Jorge, Açores. As investigações anteriores priorizaram os aspectos geocronológicos e estruturais, sendo os dados físicos e geoquímicos do vulcanismo descritos apenas em escala regional. A partir do levantamento geológico, de seções colunares, da descrição detalhada de litofácies vulcânicas e de fotomosaicos, foram identificados derrames do tipo *pahoehoe*, *slabby pahoehoe*, *rubbly pahoehoe* e *Ã`a* em duas erupções de 1580, Ribeira do Nabo e Ponta Queimada. Na erupção de Ribeira do Nabo sugere-se a colocação dos derrames em uma topografia sub-horizontal com oscilações nas taxas de efusão, o que permite a formação de diferentes tipos morfológicos em uma mesma área. Lobos *pahoehoe* apresentam superfície original estando relacionada a períodos de baixas taxas de efusividade. *Slabby* e *rubbly pahoehoe* possuem superfícies rompidas que indicam o aumento e/ou oscilações nas taxas de efusão. Derrames *Ã`a* também são encontrados junto aos demais tipos, sugerindo uma maior efusividade com a canalização de lavas em relevos acidentados. Na erupção de Ponta Queimada, foram identificados derrames *Ã`a*, *rubbly pahoehoe* e lobos *pahoehoe* secundários. Sugere-se um maior volume de magma em relação à Ribeira do Nabo que permite a inflação interna dos derrames, e consequentemente a ruptura de suas superfícies. Os lobos *pahoehoe* secundários foram provavelmente gerados pelo rompimento do núcleo dos derrames mais espessos. Petrograficamente as rochas foram classificadas como olivina basaltos. A mineralogia é constituída por olivina, augita, plagioclásio e minerais opacos. As lavas *pahoehoe* e *slabby pahoehoe* possuem texturas porfirítica, glomeroporfítica e intergranular em matriz fina e uma porosidade de 21-23 %. Os tipos *rubbly pahoehoe* e *Ã`a* são porfiríticos com microfenocritais de plagioclásio (<1 mm) em uma matriz muito fina a fina. A porosidade para estes derrames varia de 12-21 % em Ribeira do Nabo e 5 % em Ponta Queimada. Os derrames em Ponta Queimada apresentaram xenocristais de olivina e microxenólitos peridotíticos. Os dados geoquímicos da erupção de 1580 indicam uma afinidade magmática alcalina com os termos menos diferenciados localizados na região de Ponta Queimada. Isto pode ser explicado pela presença de xenocristais de olivina e microxenólitos de peridotitos. Os padrões evolutivos de Ribeira do Nabo sugerem a cristalização fracionada de olivina + augita + plagioclásio + titanomagnetita + apatita. O padrão de ETR normalizado pelo condrito e o diagrama multielementar normalizados pelo *OIB* e pelo *MORB* sugerem que os basaltos estudados foram gerados a partir de um baixo grau de fusão de uma fonte profunda e enriquecida do tipo *OIB*. O estudo dos aspectos físicos dos derrames de 1580 juntamente com a petrografia e geoquímica permitiram compreender a história geológica deste evento.

Palavras-Chave: Arquipélago dos Açores, basaltos, litofácies, Ilha de São Jorge

ABSTRACT

Lava morphotypes, petrographic patterns and geochemistry were described and interpreted for the 1580 eruptions, São Jorge Island, Azores. Previous investigations prioritized geochronology and structural studies, being the lava flows and the geochemistry described on a regional scale. Geological data, such as columnar sections, detailed analysis of lithofacies and photomosaic allowed the identification of pahoehoe, slabby pahoehoe, rubbly pahoehoe and 'Ã' lava morphotypes in two of the 1580 eruptions: Ribeira do Nabo and Ponta Queimada. For the Ribeira do Nabo eruption is suggested the emplacement of lava flow in a sub-horizontal topography with varied effusion rate, allowing the formation of different morphotypes in a same area. Pahoehoe morphotypes presents original crust and are related to low effusion rate periods. Slabby and rubbly pahoehoe display broken flow crusts, which indicate the increase and/or a variation of effusion rates. 'Ã' flows were also find mixed with other morphotypes, this occurred due to high effusion rates in a rugged slope, channeling the flows. 'Ã', rubbly pahoehoe and secondary pahoehoe are described in Ponta Queimada. Individual flows are thicker than Ribeira do Nabo, this suggest a high volume of magma allowing inflation of lava core and a subsequent surface break. The secondary pahoehoe flows were probably generated by the breaking up of the core of the thicker flows. Petrographically all flows are classified as olivine basalts. The primary mineral composition is formed by plagioclase, augite, olivine and opaque minerals. The pahoehoe and slabby pahoehoe flows are characterized by porphyritic, glomeroporphyritic and intergranular textures in a fine groundmass and porosities of 21-23 %. The rubbly pahoehoe and 'Ã' flows have intergranular and porphyritic textures with microphenocrysts of plagioclase (< 1 mm) in a microcrystalline groundmass. The porosity for these flows is 12-21 % in Ribeira do Nabo and 5 % in Ponta Queimada. The flows of Ponta Queimada show olivine xenocrysts and microxenoliths of peridotites. Chemistry of the basalts indicate an alkaline nature for the 1580 volcanism. The less-evolved compositions are found in Ponta Queimada. These facts can be explained by the presence of xenocrysts and microxenoliths. The geochemistry patterns of Ribeira do Nabo suggest a fractional crystallization of olivine + augite + plagioclase + titanomagnetite + apatite. The REE patterns normalized by chondrite values and spider diagram normalized by OIB and MORB values suggest that the basalts were generated by low volumes of melt an enriched OIB source. The study of the physical aspects of 1580 lava flows with petrography and geochemistry allowed understand the geologic history of this event.

Keywords - Azores archipelago, basalts; lithofacies, São Jorge Island, lava morphotype

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – a) e b) Localização do Arquipélago dos Açores formado por 9 ilhas oceânicas. Elas estão posicionadas ao longo de uma faixa de direção N50°W localizadas ao nordeste do Oceano Atlântico; c) Ilha de São Jorge com uma morfologia alongada de direção WNW-ESE com uma porção subaérea de 55 km de comprimento e 8 km de largura (Imagem base cartográfica IgeoE, 2000)..... 17
- Figura 2 – Localização das duas áreas de estudo: Ponta Queimada e Ribeira do Nabo. Em destaque as três erupções de 1580 (Imagem base cartográfica IgeoE, 2000)..... 18
- Figura 3 - Modelo *Leaky transform* que atribui a um regime geodinâmico do tipo transtrativo (modificado de Madeira & Ribeiro, 1990)..... 20
- Figura 4 - Mapa batimétrico em 3D mostrando a morfologia alongada da Ilha de São Jorge, considerada uma cadeia vulcânica linear (*LVR*), profundidade em metros. (Extraído de Sibrant *et al.*, 2014) 21
- Figura 5 - Três sistemas vulcânicos definidos por Forjaz & Fernandes, (1975): Serra do Topo, Rosais e Manadas. (Modificado de Mendes *et al.*, 2013). As idades foram obtidas por Hildenbrand *et al.*, (2008), pelo método de K/Ar. 22
- Figura 6 - Derrames básicos do vulcão Kilauea, Havaí: a) avanço de lobos *pahoehoe* (Foto: Tom Pfeiffer); b) derrames do tipo *ʻĀʻā*, com o avanço da lava as superfícies tendem a romper, gerando fragmentos (Foto: Paul Kimberly 1994). 23
- Figura 7 - a) Divisão geológica da Ilha de São Jorge em três sistemas principais: Serra do Topo, Rosais e Manadas (Forjaz & Fernandes, 1975); b) Imagem de satélite da Ilha (Imagem base cartográfica IgeoE, 2000) e c) Localização das duas áreas de estudo: Ribeira do Nabo e Ponta Queimada. 26
- Figura 8 Programa Hardledge - ENDEEPER utilizado para a descrição das lâminas petrográficas. ... 29
- Figura 9 - Programa *PetroGraph* (Petrelli, 2007) que será utilizado na interpretação geoquímica-acima descrito..... 31
- Figura 10 – Localização das duas erupções de 1580 estudadas: Ribeira do Nabo e Ponta Queimada. Em destaque os possíveis campos de fluxo de lava proveniente de cones basálticos. 32
- Figura 11 - a) Lobo *pahoehoe* com superfície em corda; b) lobo *pahoehoe* com superfície rugosa entre os derrames basálticos; c) lobos *pahoehoe* parasitários gerados pelo rompimento do núcleo de derrame do tipo *ʻĀʻā*; d) detalhe nos lobos parasitários; e) lobo *pahoehoe* ocupando o espaço entre dois outros derrames. 34
- Figura 12 – a) Derrame do tipo *ʻĀʻā* com núcleo vesiculoso e topo e base brechados; b) detalhe da base do derrame mostrando reentrâncias do núcleo na zona brechada; c) fragmentos escoriáceos irregulares que compõem as zonas de brecha da base e topo; d) megavesículas marcando o limite entre o topo e a porção interna do núcleo; e) face frontal de derrame do tipo *ʻĀʻā*. 35
- Figura 13 - a) Fragmentos de placas curvadas de *slabby pahoehoe* em zonas de brechas; b) fragmentos de placas quebrados e misturados caoticamente com fragmentos de escória; c) *slabby pahoehoe* com núcleo vesiculoso e superfície de topo em placa. 37
- Figura 14 – a) Derrame do tipo *rubbly pahoehoe* com base preservada e núcleo maciço; b) reentrância do núcleo na zona de brecha superior; c) megavesículas marcando o limite entre as porções superiores

- e internas do núcleo; d) fragmentos de placas nas zonas de brecha de topo; e) fragmento de superfície em corda retirado de zona de brecha de topo. 38
- Figura 15 – Parte do afloramento na região de Ribeira do Nabo. Em uma mesma exposição ocorrem os diferentes tipos morfológicos, *pahoehoe* (*phh*), *slabby pahoehoe* (*slb*), *rubbly pahoehoe* (*rb*) e *Ã`a*. 39
- Figura 16 – Afloramento da região de Ponta Queimada. Empilhamento de derrames do *tipo rubbly pahoehoe* e *Ã`a*. Zonas de brecha destacadas em vermelho. O afloramento possui 15 m de altura. ... 40
- Figura 17 – Modelo evolutivo dos diferentes tipos morfológicos *pahoehoe* para *rubbly pahoehoe*. a) Colocação de lobos *pahoehoe* com formação de crosta externa; b) rompimento da superfície pelo aumento da taxa de efusão e continuidade do movimento da lava formando superfícies em placa; c) inflação interna do derrame fragmentando placas em tamanhos menores; d) rompimento acentuado da superfície externa envolvendo rotação, abrasão e fragmentação destas superfícies. Isto cria uma acumulação de fragmentos angulosos que recobrem o topo do derrame *rubbly pahoehoe* (Modificado de Guilbaud *et al.*, 2005 e Murcia *et al.*, 2014). 40
- Figura 18 - a) Xenocristal de olivina (5,2 mm) com faixas de deformação, gerando um padrão de extinção ondulante; b) microxenólito peridotítico formado por agregados de olivina; c) xenocristal de olivina anédrico; e d) xenocristal de olivina com bordas quebradas e golfos de reabsorção). Aquisição das fotomicrografias com nicóis perpendiculares. 42
- Figura 19 - Derrame *pahoehoe*: a-b) Matriz fanerítica fina com fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina c) cristais de plagioclásio com augita intergranular na matriz; d) preenchimento parcial de vesícula por zeólita. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos: a–d, e perpendiculares: b–c. 43
- Figura 20 - Lobos parasitários: a) matriz fina a muito fina com textura *diktytaxítica* e porfírica com fenocristais de plagioclásio, olivina e clinopiroxênio; b) Fenocristal de plagioclásio com textura de reabsorção. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos: a; e perpendiculares: b. 44
- Figura 21 - *Slabby pahoehoe*: a) feições de superfície em placa com fenocristais de plagioclásio e piroxênio em matriz fanerítica muito fina oxidada com vesículas arredondadas; b) fenocristal de clinopiroxênio com porosidade intracristalina e microfraturado; c) estrutura interna dos derrames com matriz holocristalina fina; e d) estrutura interna dos derrames com textura intergranular e subofítica. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos: a, b–c; e perpendiculares: d. 45
- Figura 22 - Derrames *rubbly/Ã`a*: a) feições de topo de núcleo com textura porfírica com matriz muito fina oxidada, vesículas estiradas; b) feições de topo de núcleo com vesículas arredondadas; c) Núcleo com vesículas alongadas e textura porfírica com fenocristais de olivina e plagioclásio em matriz muito fina; d) núcleo com textura porfírica, grande população de microfenocristais de plagioclásio; e) feições de base de núcleo com vesículas estiradas e f) base de núcleo com matriz muito fina oxidada, com vesiculação arredondada. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos a, b, c, e –f; e perpendiculares d. 46
- Figura 23 - Derrames *rubbly/Ã`a* - Ponta Queimada: (a) Matriz fanerítica fina com escassos fenocristais de plagioclásio; b) textura *diktytaxítica*; c) matriz com grande população de micrólitos de plagioclásio; d) xenocristal mantélico de olivina com extinção ondulante, nicóis perpendiculares. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos: a –b, e perpendiculares: c–d. 47
- Figura 24 - Tipos de poros e suas ocorrências nas erupções de 1580 a) porosidade microvesicular em núcleo de *rubbly pahoehoe*; b) vesículas estiradas em topo de *rubbly pahoehoe*; c) vesículas arredondadas em topo de *rubbly pahoehoe*; d) porosidade intracristalina primária, formada durante a cristalização do fenocristal de plagioclásio em *slabby pahoehoe*; e) porosidade móldica formada pela

dissolução de plagioclásio em <i>pahoehoe</i> , e f) microfraturamento formado por fatores tectônicos em <i>rubbly pahoehoe</i> . Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos.	50
Figura 25 – Diagrama de classificação geoquímica álcalis vs sílica (Le Bas, 1986).	51
Figura 26 - Diagrama MgO (%) vs. elementos maiores (%) para as rochas da erupção de 1580.	54
Figura 27 - Diagrama MgO (%) vs. Ni (ppm), Co (ppm) e Cr ₂ O ₃ (%) para as rochas da erupção de 1580.	55
Figura 28 - Diagrama MgO (wt%) vs. elementos maiores das amostras da região Ribeira do Nabo (Sj6).	56
Figura - 29 a) padrão de ETR normalizado por valores de condrito (Sun & McDonough 1989) b) Diagrama multielementar (<i>spider</i>) para os elementos incompatíveis das amostras de 1580. Normalizado para valores OIB (Sun & McDonough 1989).	57
Figura 30 – Diagrama de Pearce (2008) onde todas as amostras ocupam o intervalo MORB-OIB, próximo ao <i>trend</i> OIB.	57
Figura 31 - a) Padrões geoquímicos para ilhas oceânicas normalizados para TiO ₂ e b) Padrões geoquímicos de ilhas oceânicas sem normalização. (Pearce, 2008) Estes padrões sugerem que o magmatismo foi gerado a partir de um grau de fusão pequeno em uma fonte enriquecida.	58

LISTA DE E QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Quadro resumido que engloba os diferentes tipos morfológicos de lavas básicas (modificado de Duraiswami <i>et al</i> , 2013).....	24
Quadro 2 - Cronograma de atividades desenvolvidas neste Trabalho de Conclusão de Curso.....	25
Tabela 1- Composição química dos elementos maiores (%), menores e traços (ppm) para as rochas do vulcanismo de 1580.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa.....	14
1.2 Problemas	14
1.3 Premissas.....	15
1.4 Hipóteses	15
1.5 Objetivos	16
1.6 Localização da área estudo.....	16
2. CONTEXTO GEOLÓGICO.....	19
2.1 Arquipélago dos Açores	19
2.2 Ilha de São Jorge	20
2.3 Tipos de derrames básicos.....	22
3. MÉTODOS E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO	25
3.1 Revisão bibliográfica.....	25
3.2 Levantamento de dados geológicos.....	26
3.3 Preparação de amostras	27
3.4 Seções colunares	28
3.5 Fotomosaicos.....	28
3.6 Petrografia	29
3.7 Caracterização geoquímica.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1 Tipos morfológicos de basaltos.....	32
4.1.1 <i>Derrames pahoehoe</i>	33
4.1.2 <i>Derrames `Ã`a</i>	33
4.1.3 <i>Derrames transicionais</i>	36
4.1.3.1 <i>Slabby pahoehoe</i>	36
4.1.3.2 <i>Rubbly pahoehoe</i>	36
4.1.4 <i>Distribuição dos tipos morfológicos</i>	39
4.2 Caracterização petrográfica.....	41
4.2.1 <i>Porosidade dos derrames de 1580</i>	48
4.3 Caracterização geoquímica.....	51
5. CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICES.....	64

1. INTRODUÇÃO

Os derrames básicos subaéreos são interpretados a partir de suas feições de superfície e estruturação interna (Macdonald, 1953; Kilburn, 1990). Estas características são geradas por diferentes fatores, tais como: variações na composição, temperatura, cristalinidade, conteúdo de voláteis, taxa de efusão (taxa de lava escoada sobre a superfície), duração e velocidade do fluxo e topografia. Estes interferem diretamente na viscosidade e taxa de deformação da lava (Macdonald, 1953; Peterson & Tilling, 1980), gerando diferentes feições de superfície. Três tipos de derrames (*end members*) foram originalmente definidos por Macdonald (1953): *pahoehoe*, *ʻĀ`ā* e lava em bloco. Estudos posteriores (Swanson, 1973; Peterson & Tilling, 1980; Aubele *et al.*, 1988) mostraram transições do tipo *pahoehoe* para *ʻĀ`ā* gerando diferentes tipos morfológicos (*hummocky pahoehoe*, *sheet pahoehoe*, *slabby pahoehoe*, *spiny pahoehoe* e *rubbly pahoehoe*).

A Ilha de São Jorge, que faz parte do grupo Central do Arquipélago dos Açores, apresenta uma excelente exposição de rochas vulcânicas, viabilizando o estudo de lavas básicas. Ela é dividida entre três sistemas vulcânicos: Serra do Topo, Rosais e Manadas (Forjaz & Fernandes, 1975). O Sistema Manadas, mais recente, engloba três eventos vulcânicos históricos: vulcanismo de 1580, 1808 e 1964 (Madeira, 1998). Dados geológicos da ilha estão atribuídos a aspectos geoquímicos e estruturais sendo os aspectos físicos do vulcanismo abordados superficialmente.

O vulcanismo de 1580 na ilha de São Jorge apresenta a maior exposição de rochas básicas em relação aos outros dois eventos históricos, o que torna fácil o reconhecimento e caracterização dos diferentes tipos de derrames básicos em escala de afloramento. O estudo das feições morfológicas de derrames básicos é importante, pois através de um estudo direto é possível criar análogos para sistemas vulcânicos *offshore* em bacias petrolíferas.

A integração entre os aspectos físicos dos derrames e os dados químicos permitem a caracterização do vulcanismo de 1580 e, com isso, a compreensão da dinâmica deste evento ocorrido na Ilha de São Jorge.

1.1 Justificativa

Os aspectos físicos do vulcanismo são determinantes na geração de diferentes tipos de depósitos e auxiliam a compreender as taxas de efusão dos sistemas e os processos de acomodação das lavas no relevo. A descrição das litofácies (atributos litológicos, texturais e estruturais) e o agrupamento destas em associações de fácies permitem estabelecer a origem, os processos deposicionais e os ambientes de deposição dos sistemas vulcânicos.

No estudo da Ilha de São Jorge investigaram-se os diferentes tipos de derrames básicos colocados em condições de ambiente subaéreo. Tipos específicos de derrames neste ambiente representam membros finais definidos como *pahoehoe* e *ʻĀ`ā* observando-se um conjunto de tipos transicionais entre estes extremos. Esta variedade de tipos de derrames básicos é descrita especialmente em ilhas vulcânicas como Havaí e Islândia onde a intensa atividade vulcânica é documentada. Na região do Arquipélago dos Açores investigações envolvendo este tema são ainda escassas, o que torna a pesquisa na área relevante para a compreensão da complexidade do vulcanismo nesta ilha. Para concretização desta proposta optou-se pela definição de uma área com exposições adequadas para a identificação dos tipos de derrames, faciologia dos depósitos e sucessão dos basaltos. O vulcanismo ocorrido na Ilha de São Jorge em 1580 deixou um registro que contempla estes requisitos.

1.2 Problemas

Dados geológicos disponíveis para a Ilha de São Jorge tratam especialmente da interação do magmatismo e a tectônica, que contribuem na compreensão da dinâmica mantélica e cinemática de placas. Apesar da excelente exposição de rochas básicas, os estudos feitos na ilha priorizam, em geral, a geocronologia e a geologia estrutural (Hildenbrand *et al.*, 2008).

Os tipos de derrames, a sucessão destes e as características geoquímicas dos basaltos não foram estudadas de forma integrada até o momento na investigação geológica da Ilha de São Jorge.

1.3 Premissas

As diferentes feições de superfície identificadas em basaltos são diagnósticas das condições vigentes do fluxo ativo de lava abaixo da crosta (Kilburn, 1990) durante a colocação dos derrames. Estas são indicativas da capacidade dos fluxos em preservar, ou não, as suas porções externas, sendo utilizada na classificação de derrames básicos subaéreos.

O uso dos tipos morfológicos de lavas pela identificação das litofácies e associações destas permitem estabelecer os processos e os ambientes de *emplacement* de erupções basálticas.

Na estratigrafia dos sistemas vulcânicos a periodicidade das manifestações, as diferentes taxas de erupções e de subsidência dos edifícios vulcânicos determinam os padrões de “empilhamento” das sequências efusivas e vulcanoclásticas. A arquitetura interna reflete as variações nas fácies vulcânicas e a externa reflete as relações entre os depósitos (derrames/vulcanoclásticas).

1.4 Hipóteses

Na erupção de 1580, ocorrida na Ilha de São Jorge, Açores, uma associação de derrames do tipo *pahoehoe*, *ʻĀ`ā* e litotipos transicionais são identificados na porção ocidental da ilha em uma mesma área de exposição. No presente trabalho três hipóteses são consideradas para entender a associação destes derrames: (1) a colocação das lavas do tipo *ʻĀ`ā* onde os núcleos geraram um complexo sistema parasitário de pequenos lobos do tipo *pahoehoe*. Esta hipótese vincula diretamente derrames *ʻĀ`ā* aos *pahoehoe*. (2) a colocação inicial de derrames do tipo *pahoehoe* que são posteriormente canalizados pela influência da topografia gerando derrames do tipo *ʻĀ`ā*. (3) e/ou a colocação de derrames do tipo *ʻĀ`ā* que transicionam para derrames do tipo *pahoehoe*, em função do decréscimo no gradiente topográfico.

No contexto petrológico e geoquímico, os basaltos da erupção de 1580 serão investigados quanto à natureza dos magmas, especialmente a evolução de *trends* toleíticos para alcalino sódico, comum na história evolutiva de ilhas oceânicas em ambientes intraplaca.

1.5 Objetivos

A presente proposta envolve a investigação física e petrológica das erupções que ocorreram no ano de 1580 na Ilha de São Jorge no Arquipélago dos Açores. As áreas selecionadas expõem uma expressiva heterogeneidade morfológica de rochas vulcânicas básicas, favorecendo o estudo de associações vulcânicas em escala de afloramento. O trabalho prioriza a identificação e caracterização dos tipos de derrames, suas litofácies e associações destas para estabelecer os processos e os ambientes de *emplacement* de erupções basálticas de 1580. Objetiva-se também o estudo petrográfico e caracterização geoquímica destas erupções.

1.6 Localização da área estudo

A Ilha de São Jorge faz parte do Arquipélago dos Açores, juntamente com mais oito ilhas. Elas estão posicionadas ao longo de uma faixa de direção N50°W localizadas ao nordeste do Oceano Atlântico (Fig. 1a e 1b) entre os 36° e os 43° de latitude Norte e os 25° e os 31° de longitude Oeste e são divididas em três grupos: o Grupo ocidental (Ilha das Flores e Corvo), localizado em uma zona estável da placa Norte-Americana, o Grupo central (Ilhas de São Jorge, Pico, Faial, Graciosa e Terceira) e o Grupo oriental (Ilhas de São Miguel e Santa Maria), ambos posicionados na Microplaca dos Açores (Lourenço *et al.*, 1998).

São Jorge possui uma morfologia alongada de direção WNW-ESE com uma porção subaérea de 55 km de comprimento e 8 km de largura (Fig. 1c). Estudos batimétricos sugerem que a Ilha de São Jorge possui cerca de 3000 m de elevação total (sendo 2000 m abaixo do nível do mar), correspondendo a uma parte emersa de uma cadeia vulcânica alongada (Lourenço *et al.*, 1998).

O trabalho foi realizado em duas áreas de estudo com exposição do vulcanismo de 1580: Erupção de Ribeira do Nabo, localizada na Freguesia de Urzelina, e Erupção de Ponta Queimada localizado na Freguesia de Santo Amaro (Fig. 2).

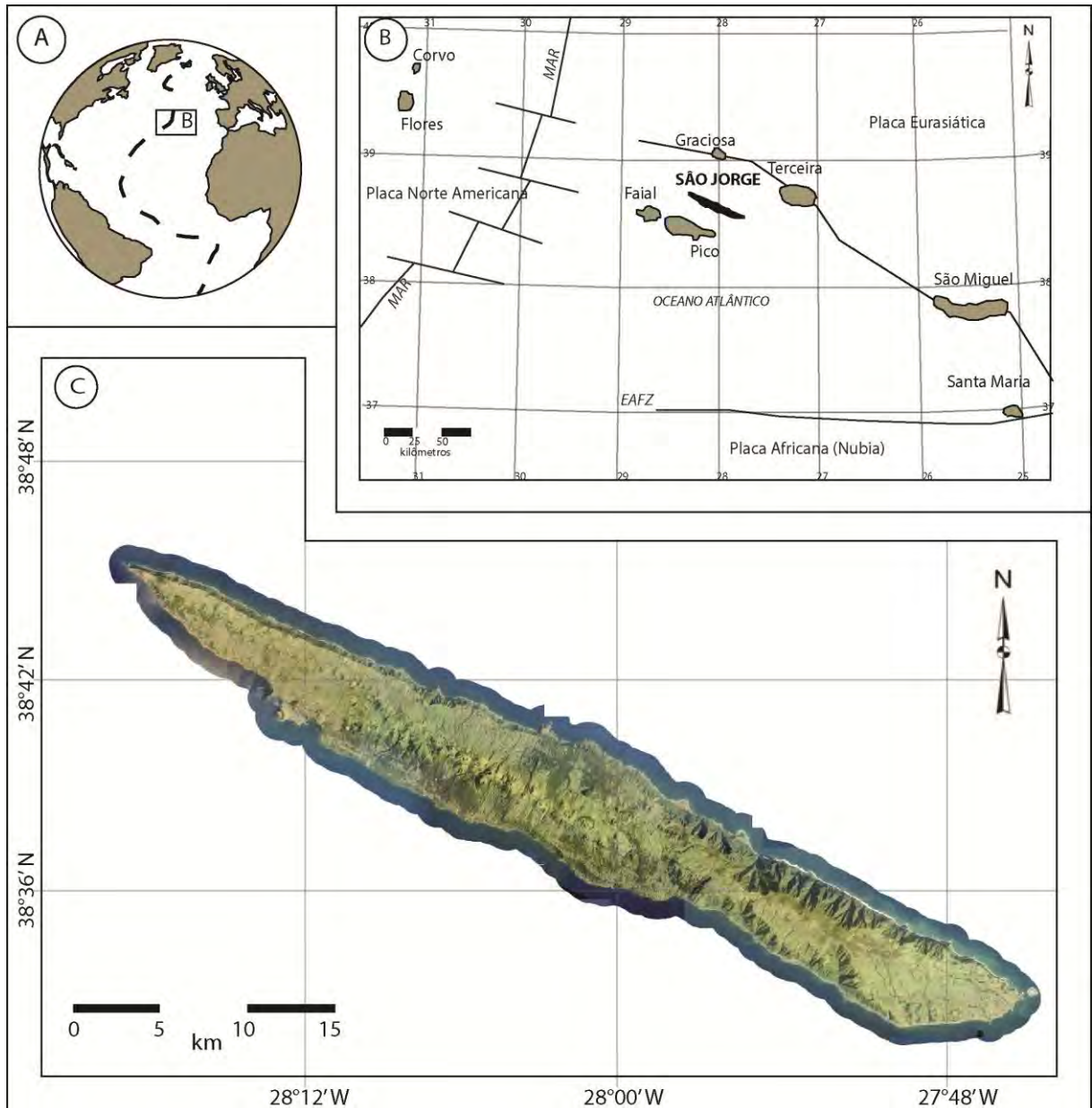


Figura 1 – a) e b) Localização do Arquipélago dos Açores formado por 9 ilhas oceânicas. Elas estão posicionadas ao longo de uma faixa de direção N50°W localizadas ao nordeste do Oceano Atlântico; c) Ilha de São Jorge com uma morfologia alongada de direção WNW-ESE com uma porção subaérea de 55 km de comprimento e 8 km de largura (Imagem base cartográfica IgeoE, 2000).

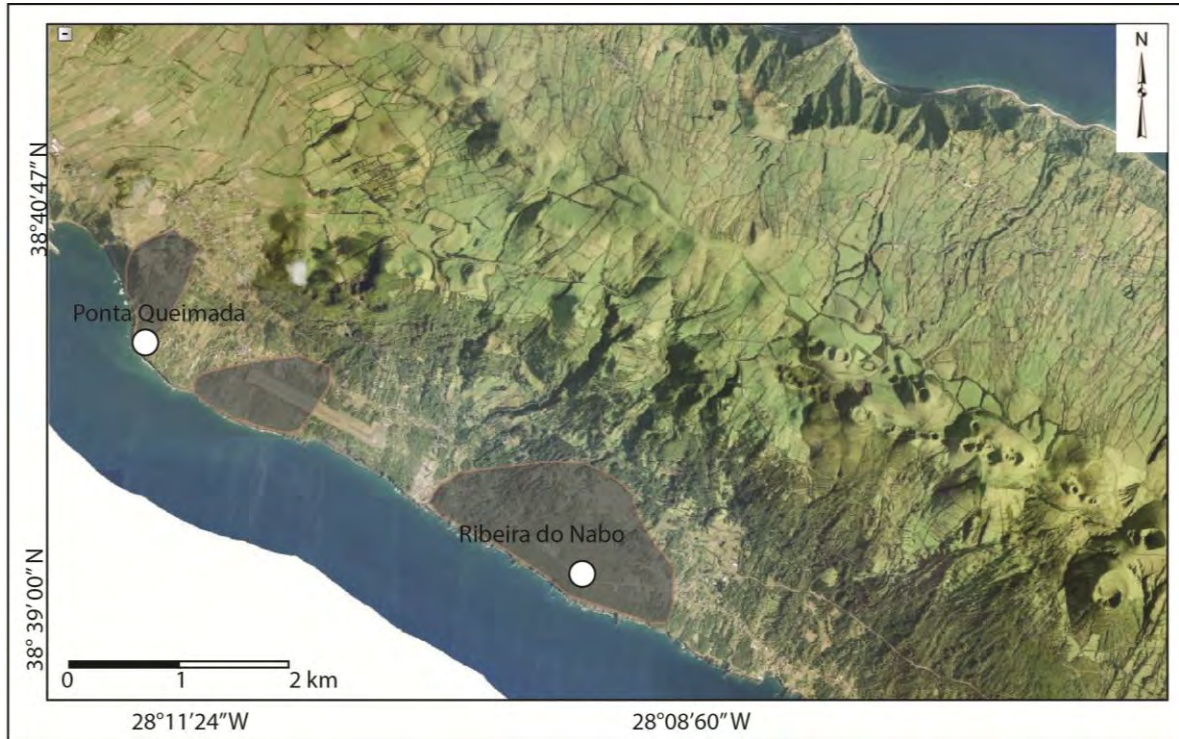


Figura 2 – Localização das duas áreas de estudo: Ponta Queimada e Ribeira do Nabo. Em destaque as três erupções de 1580 (Imagem base cartográfica IgeoE, 2000).

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

Para a contextualização geológica da área foi realizado o levantamento bibliográfico sobre a geologia do Arquipélago dos Açores, a geologia da Ilha de São Jorge, a caracterização e descrição de derrames básicos, os diferentes tipos morfológicos básicos e sistemas vulcânicos com situações geotectônicas análogas a Ilha de São Jorge (Havaí - Intraplaca e Islândia - Cordilheira Mesoatlântica).

2.1 Arquipélago dos Açores

O arquipélago dos Açores é um platô oceânico resultado da atividade vulcânica associada à junção tríplice entre as placas tectônicas Eurasiática, Norte-americana e Africana (Núbia), controlada por dois sistemas de falhas com direção 120° e 150° (Lourenço *et al.*, 1998). É cortado a oeste pela cadeia Mesoatlântica (CMA) e limitado ao sul pela Zona de fratura dos Açores Leste. O limite superior é formado por um complexo de lineamentos WNW-ESE que vão da CMA até o limite ocidental da Falha de Glória (Argus *et al.*, 1989). Sobre este platô foram geradas nove ilhas posicionadas ao longo de uma faixa de direção $N50^\circ W$, que foram divididas em três grupos: Grupo ocidental (Ilha das Flores e Corvo), localizadas em uma zona estável da placa Norte-Americana; Grupo central (Ilhas de São Jorge, Pico, Faial, Graciosa e Terceira) e Grupo Oriental (Ilhas de São Miguel e Santa Maria), ambos incluídos na Microplaca dos Açores. (Lourenço *et al.*, 1998).

A formação da junção tríplice dos Açores foi discutida por diversos autores (McKenzie, 1972; Laughton & Whitmarsh, 1974; Searle, 1980; Ribeiro, 1982; Udias *et al.*, 1986; Buform *et al.*, 1988; Forjaz, 1988; Madeira & Ribeiro, 1990). O modelo *Leaky transform* (Fig. 3) é uma hipótese assumida em diferentes trabalhos (McKenzie, 1972; Laughton & Whitmarsh, 1974, Searle, 1980; Ribeiro, 1982; Madeira & Ribeiro, 1990). Neste modelo assume-se que o segmento transtrativo oriental foi gerado a partir de uma falha transcorrente oblíqua com direção WNW- ESE, que liga o rifteamento da cadeia Mesoatlântica à Falha da Glória.

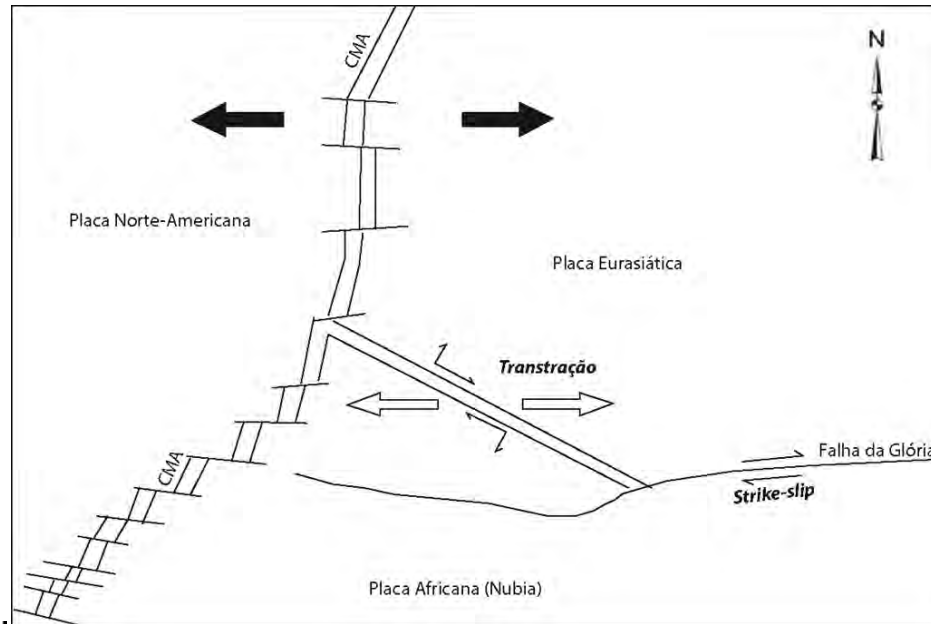


Figura 3 - Modelo *Leaky transform* que atribui a um regime geodinâmico do tipo transtrativo (modificado de Madeira & Ribeiro, 1990).

A origem do vulcanismo nos Açores tem sido atribuída à interação de pluma mantélica através de zonas de fraqueza na litosfera oceânica (Schilling, 1975; White *et al.*, 1976; Searle, 1980; Luís *et al.*, 1994; Lourenço *et al.*, 1998; Cannat *et al.*, 1999; Vogt & Jung, 2004). O platô dos Açores é geralmente interpretado como uma LIP (*Large Igneous Province*) devido a grande produção de magma nas zonas de fraqueza (Cannat *et al.*, 1999; Gente *et al.*, 2003).

2.2 Ilha de São Jorge

A Ilha de São Jorge encontra-se na microplaca açoriana e possui uma morfologia alongada de direção WNW-ESE. Estudos batimétricos (Lourenço *et al.*, 1998) indicam que a Ilha de São Jorge assim como outras ilhas (Faial -Pico) correspondem a cadeias vulcânicas lineares (*LVR- Linear Volcanic Ridges*) (Fig. 4). Estas cadeias marcam o padrão estrutural regional, provavelmente construído por um vulcanismo fissural ao longo do sistema de falha (Lourenço *et al.*, 1998).

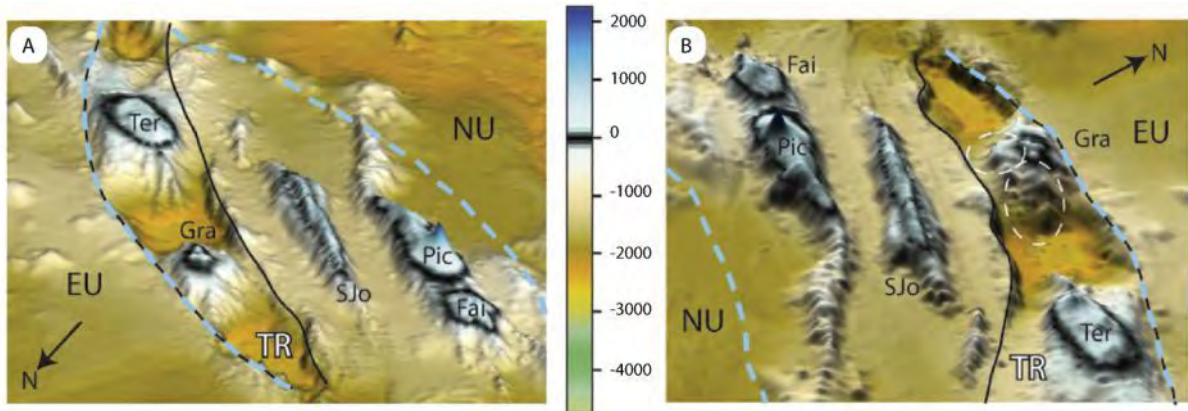


Figura 4 - Mapa batimétrico em 3D mostrando a morfologia alongada da Ilha de São Jorge, considerada uma cadeia vulcânica linear (*LVR*), profundidade em metros. (Extraído de Sibrant *et al.*, 2014)

A importância na investigação das *LVR* é destacada pela possibilidade de compreender a interação entre fenômenos magmáticos e tectônicos, que elucidam aspectos referentes a dinâmica mantélica, natureza da atividade vulcânica e cinemática de placas (Hildenbrand *et al.*, 2008). Alguns mecanismos são propostos para explicar tais morfologias alongadas: (1) A construção de sucessivos edifícios vulcânicos através do movimento de placas sobre *hotspots* (Morgan, 1972; O'Connor *et al.*, 1998); (2) a episódica geração de magmas, relacionados com plumas, ao longo de zonas de fraqueza na litosfera oceânica (Maia *et al.*, 2001; O'Connor *et al.*, 2002) e (3) o desenvolvimento de estruturas vulcânicas lineares e/ou *en-echelon* controlada pela quebra litosférica durante uma deformação transtrativa (Winterer & Sandwell, 1987).

Hildenbrand *et al.* (2008) sugerem a partir de dados de K/Ar, que a construção da Ilha de São Jorge ocorreu nos últimos 1,3 milhão de anos (Fig. 5), que geraram três sistemas vulcânicos denominados por Forjaz & Fernandes (1975): Serra do Topo, Rosais e Manadas (Fig.4). O sistema vulcânico mais antigo é o Serra do Topo que corresponde à porção oriental da ilha onde afloram depósitos estrombolianos e efusivas basálticas (hawaiitos) e mugaríticas (Madeira, 1998). O sistema vulcânico Rosais é constituído por basaltos hawaiíticos e tem sua exposição na parte ocidental e nos *cliffs* centrais. Cones estrombolianos distribuídos ao longo do eixo WNW-ESE representam as atividades vulcânicas mais recentes (Madeira, 1998), agrupadas no sistema vulcânico Manadas. Um aspecto importante desta unidade foi o ingresso de algumas lavas provenientes destes cones no ambiente litorâneo formando “deltas de lavas” com uma distribuição paralela ao eixo WNW-ESE, mas alguns também oblíquos a esta direção. O vulcanismo recente é caracterizado por três eventos vulcânicos históricos: erupção

de 1580 e 1808 (vulcanismo efusivo e piroclástico), e a erupção submarina de 1964 (Madeira, 1998).

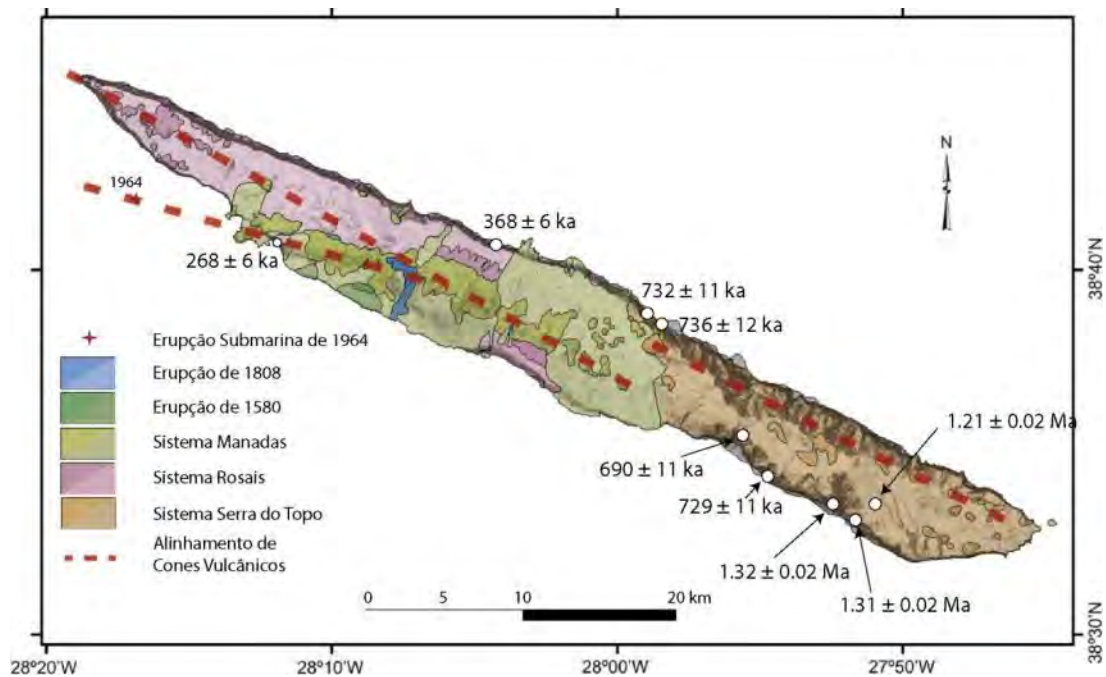


Figura 5 - Três sistemas vulcânicos definidos por Forjaz & Fernandes, (1975): Serra do Topo, Rosais e Manadas. (Modificado de Mendes *et al.*, 2013). As idades foram obtidas por Hildenbrand *et al.*, (2008), pelo método de K/Ar.

2.3 Tipos de derrames básicos

Macdonald (1953) identificou em basaltos três tipos de derrames com base nas feições de superfície e na estruturação interna, denominando-os *pahoehoe*, *ʻā* e lava em bloco, este último comum em sistemas intermediários a ácidos. Derrames *pahoehoe* são básicos e identificados por suas superfícies lisas, onduladas ou em corda e por uma estruturação interna dividida em crosta superior, núcleo e crosta inferior (Macdonald, 1953; Aubele *et al.*, 1988, Self *et al.*, 1996). A dinâmica dos derrames *pahoehoe* (Fig. 6a) envolve inicialmente um avanço na forma de lobos com pequena espessura, onde a crosta superior é rapidamente formada, podendo ser posteriormente inflado se a superfície de base possuir baixa inclinação (Hon *et al.*, 1994).

Os derrames *ʻā* (Fig. 6b) são geralmente basálticos a andesibasálticos caracterizados por topo e base escoriáceos, com vesículas esparsas e estiradas e por reentrâncias das zonas escoriáceas na porção central maciça em função do avanço do derrame (Macdonald, 1953; Kilburn, 1990). Derrames deste tipo são formados quando a lava é transportada em canais abertos, em geral associada a altas taxas de erupção (Macdonald, 1953; Pinkerton & Sparks,

1976), ou associadas a grandes taxas de deformação durante o fluxo (*shear rates*), causadas por relevos abruptos (Hon *et al.*, 2003). Sob estas condições a crosta externa do derrame tende a romper e fragmentar continuamente, sendo estes fragmentos transportados para as porções basais em um movimento análogo ao de uma esteira de trator (*caterpillar effect*).

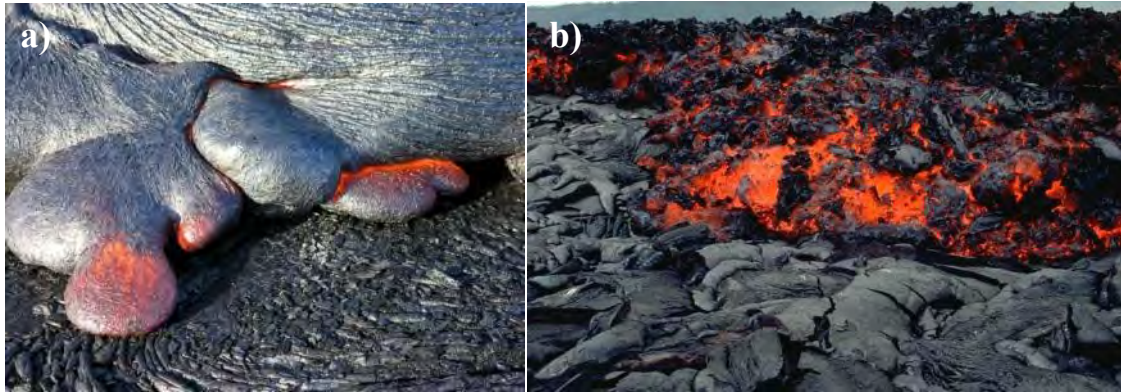
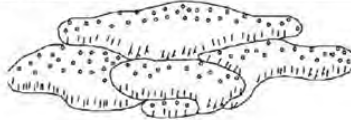
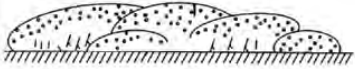

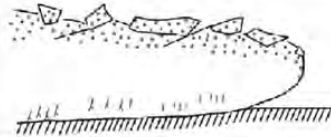

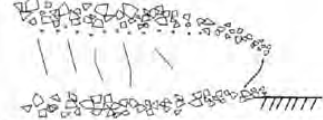


Figura 6 - Derrames básicos do vulcão Kilauea, Havai: a) avanço de lobos *pahoehoe* (Foto: Tom Pfeiffer); b) derrames do tipo 'a, com o avanço da lava as superfícies tendem a romper, gerando fragmentos (Foto: Paul Kimberly 1994).

Estes dois tipos morfológicos definidos em derrames básicos do Havai (Dutton, 1884), foram referidos por McDonald (1953) como fluxos parcialmente ou completamente solidificados. Derrames do tipo *pahoehoe* podem transicionar para 'a ou gerar tipos com feições de superfície características (Peterson & Tilling, 1980). Estes tipos transicionais apresentam uma variação nas feições de superfície, sendo ela descritas como *rough*, *spiny*, *slabby*, *rippy* e *grooved* (Peterson & Tilling, 1980; Rowland & Walker, 1990; Kilburn, 1990; Hon *et al.*, 2003; Looch *et al.*, 2010). Estas características são usadas por diversos autores para definir diferentes morfologias de derrames (Quadro 1).

A origem destes diferentes tipos morfológicos de basaltos está vinculada as variações na composição, temperatura, cristalinidade, conteúdo de voláteis, taxa de efusão, duração e velocidade do fluxo e na topografia. Este conjunto de fatores afeta diretamente a viscosidade e taxa de deformação de fluxo (McDonald, 1953; Peterson & Tilling, 1980). Esta transição da morfologia *pahoehoe* para 'a geralmente ocorre na parte distal do fluxo devido ao aumento gradativo da viscosidade associado ao resfriamento da superfície, além do aumento da taxa de efusão. De acordo com Hon *et al.* (2003) a dinâmica de uma erupção, como variações na taxa de efusividade, na perda de gás, na taxa de resfriamento, pode promover a transição de uma lava o tipo 'a para *pahoehoe*.

Quadro 1 - Quadro resumido que engloba os diferentes tipos morfológicos de lavas básicas (modificado de Duraiswami *et al.*, 2013).

Tipo de derrame	Características	Descrição	Referências	Sketch
<i>Pahoehoe</i>	Superfícies lisas, onduladas ou em corda e por uma estruturação interna dividida em crosta superior, núcleo e crosta inferior.	A dinâmica dos derrames <i>pahoehoe</i> envolve baixa taxa de efusão. Inicialmente observa-se um avanço na forma de lobos com pequena espessura, onde a crosta superior é rapidamente formada, podendo ser posteriormente inflado se a superfície de base possuir baixa inclinação.	Macdonald (1953), Walker (1993), Self et al. (1998), Jay et al. (2009) and Vye-Brown et al. (2013a,b)	
<i>Hummocky pahoehoe</i>	Varietade de derrame <i>pahoehoe</i> que compreende <i>offlava toes</i> , pequenos lobos e <i>tumuli</i> . A superfície deste tipo é ondulada, <i>hump-like</i> e <i>hummocky</i> .	Este tipo de derrame composto se forma com baixas taxas de efusão e em uma topografia ondulada.	Swanson (1973), Bondre et al. (2004), Duraiswami (2009)	
<i>Sheet pahoehoe</i>	Varietade de derrame <i>pahoehoe</i> , que consiste em lobos tabulares e lençóis espessos. O empilhamento destes tipos formam uma geometria tabular.	Lobos inflados e coalescentes com o topo composto por lençóis e a estrutura interna semelhante a <i>pahoehoe</i> .	Aubele et al. (1988), Self et al. (1998) & Duraiswami (2009)	
<i>Slabby pahoehoe</i>	Serie de placas com espessura centimétrica levemente espaçadas ao longo da superfície pela quebra no movimento da lava ou por um fluxo interno.	É considerado o tipo gradacional entre <i>pahoehoe</i> - 'a' e apresenta características predominantemente de <i>pahoehoe</i> , mas com uma crosta rompida.	Peterson & Tilling (1980) & Guilbaud et al. (2005)	
<i>Rubbly pahoehoe</i>	Lavas com base preservada e topo brechado, e são geralmente mais espessos e extensos que lobos individuais de <i>pahoehoe</i> .	Tipo de lava transicional entre <i>pahoehoe</i> - 'a' e. Possui uma taxa de efusão maior que tipo <i>pahoehoe</i> .	Managave (2000), Keszthelyi & Thordarson (2000), Guilbaud et al. (2005) and Duraiswami et al. (2008)	
<i>A'a</i>	São caracterizados por topo e base escoriáceos, vesículas esparsas e estiradas e por reentrâncias das zonas escoriáceas na porção central maciça em função do avanço do fluxo.	Geralmente lavas do tipo 'a' são as mais viscosas e avançam mais lentamente que lavas do tipo <i>pahoehoe</i> . Tendem a se formar em topografias canalizadas.	Macdonald (1953) & Walker (1993)	

3. MÉTODOS E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

Os métodos utilizados para a aquisição dos dados foram divididos em: revisão bibliográfica; levantamento de dados geológicos; compilação dos dados, preparação das amostras, tratamento das seções colunares e construção dos fotomosaicos; descrição petrográfica e quantificação modal; análise geoquímica de rocha total e elaboração da monografia. O Quadro 2 apresenta o cronograma das atividades realizadas.

Quadro - 2 - Cronograma de atividades desenvolvidas neste Trabalho de Conclusão de Curso.

Atividade / mês	ago/14	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15
Revisão Bibliográfica																
Trabalho de Campo (Aquisição de dados)																
Envio de amostras para lâminas petrográficas e análises químicas																
Tratamento dos dados de campo (seções, fotomosaicos, gamaespectrometria)																
Descrição Petrográfica e interpretação dados geoquímicos																
Integração dos dados																
Elaboração da monografia																
Revisão e apresentação do ICC																

3.1 Revisão bibliográfica

Visou a aquisição de dados bibliográficos referentes à geologia geral do Arquipélago dos Açores, a geologia da Ilha de São Jorge, caracterização e descrição de derrames básicos e seus diferentes tipos morfológicos e sistemas vulcânicos com situações geotectônicas análogas (Havaí - Intraplaca e Islândia - Cordilheira Mesoatlântica). A busca bibliográfica foi uma etapa desenvolvida durante todo o Trabalho de Conclusão.

3.2 Levantamento de dados geológicos

O levantamento de dados geológicos foi realizado em uma etapa de campo de uma semana (Setembro / 2014). Nesta realizou-se o reconhecimento geral da área (Ilha de São Jorge) e a escolha de duas áreas de trabalho com exposição do vulcanismo de 1580: Ribeira do Nabo e Ponta Queimada (Fig. 7).

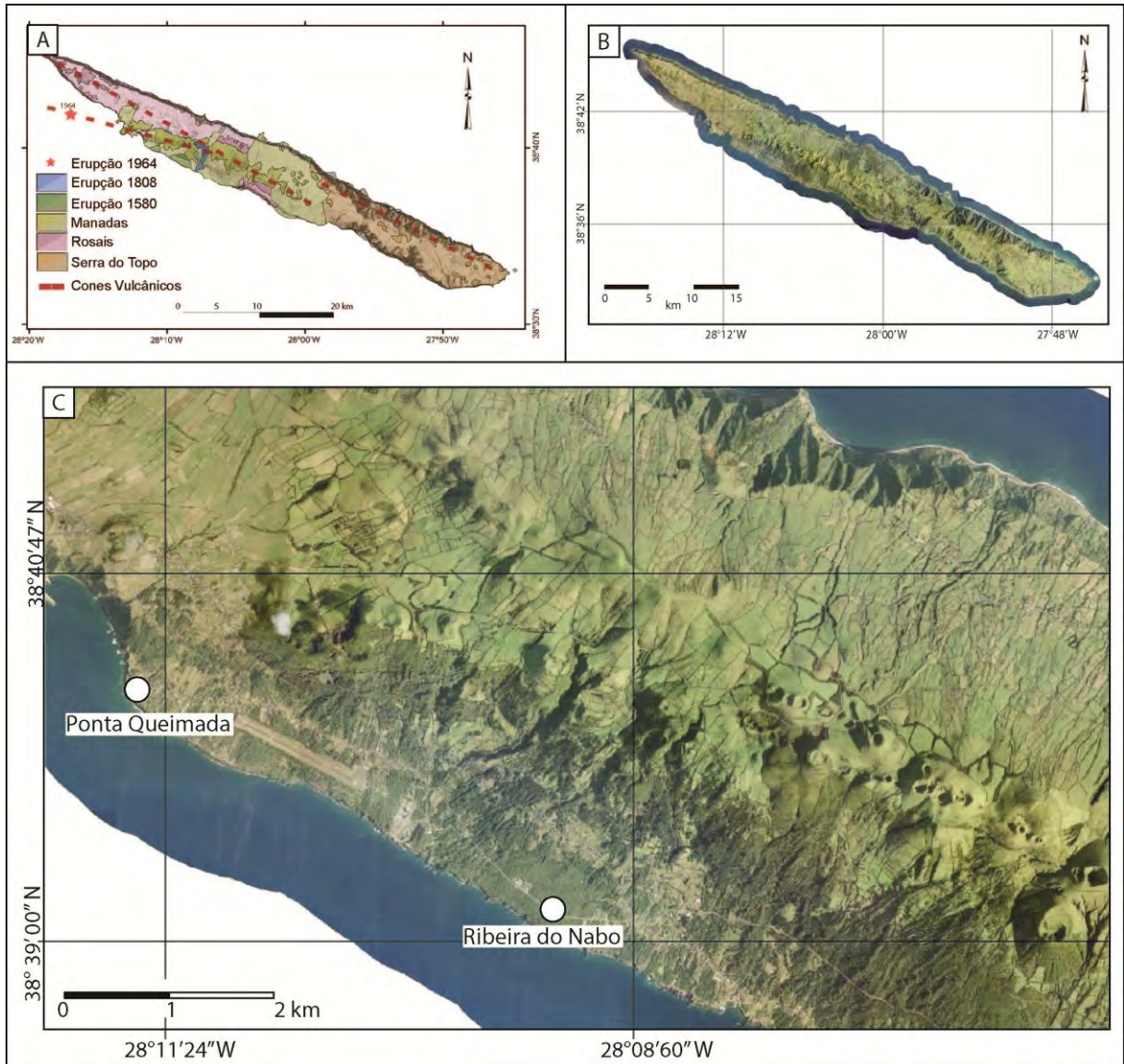


Figura 7 - a) Divisão geológica da Ilha de São Jorge em três sistemas principais: Serra do Topo, Rosais e Manadas (Forjaz & Fernandes, 1975); b) Imagem de satélite da Ilha (Imagem base cartográfica IgeoE, 2000) e c) Localização das duas áreas de estudo: Ribeira do Nabo e Ponta Queimada.

O trabalho de campo envolveu a aquisição de dados (descrições de litofácies, construção de seções colunares, amostragem, registro fotográfico) necessários para o desenvolvimento do trabalho de conclusão. As atividades de campo visaram também à coleta criteriosa de amostras para petrografia e obtenção de dados químicos de rocha total

(elementos maiores, menores, traços e isótopos). Os dados de isótopos não serão apresentados neste presente trabalho.

Na primeira área, Ribeira do Nabo (SJ-6), foi realizado um levantamento de seis seções colunares ao longo de um perfil geológico com cerca de 250 m de extensão. Na região de Ponta Queimada (SJ-7) apenas uma seção foi levantada. Em ambas (SJ-6 e SJ-7) foram descritas as litofácies, bem como coletadas amostras para petrografia e geoquímica. Também foi realizado o registro fotográfico detalhado de cada litofácies e em escala de afloramento. Na amostragem em cada litofácies foi considerado o grau de alteração dos basaltos de forma a garantir a representatividade para estudos petrográficos e geoquímicos.

3.3 Preparação de amostras

Foram coletadas 21 amostras de diferentes litofácies de basaltos para a confecção de lâminas petrográficas. Estas foram previamente cortadas em chapas com aproximadamente 2 cm de espessura e encaminhadas ao laboratório *Spectrum Petrographic Inc.* (Vancouver – Estudos Unidos) para a confecção de lâminas impregnadas (30 μm) com resina de cor azul. O uso da técnica de impregnação permite reconhecer os padrões de macro e microvesiculação, microfraturamentos, além de porosidade intracristalina, intercristalina e móldica.

Selecionaram-se no grupo coletado 18 amostras para análise geoquímica (elementos maiores, menores, traços e ETR). As análises foram realizadas no *Acme Analytical Laboratories Ltd.*, Vancouver, Canadá, utilizando-se ICP-AES (*Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy*) para os óxidos e grande parte dos elementos traço e ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*) para os ETR's e elementos refratários.

Cerca de 300 g de fragmentos centimétricos de cada amostra foram enviadas ao laboratório, aonde estas foram então lavadas em água destilada, depois secas a uma temperatura inferior a 700 °C e então as amostras foram deixadas arrefecer durante 24 horas. Após esta etapa, as amostras foram moídas e peneiradas em uma malha de 2 mm e então pulverizadas até 75 μm . Para a análise, as amostras foram quarteadas e separadas em uma quantia de 0,25 g de pó cada uma, que foram misturadas com um fluxo de metaborato de lítio e tetraborato de lítio e depois fundidas em um forno de indução. O material ainda fundido foi despejado em uma solução de HNO_3 a 5 % contendo um padrão interno e foi misturado por aproximadamente 30 minutos até atingir-se uma dissolução completa.

Após, as amostras são analisadas por ICP -AES e ICP-MS que é um espectrômetro de massa capaz de detectar concentrações muito baixas (o erro analítico é de menos de 0,01 %

para óxidos - exceção do FeO 0,04 % - e de menos de 1 ppm para elementos traço e terras raras). Esta técnica é baseada na utilização da indução de plasma acoplado como um método de produção de íons (ionização) com um espectrômetro de massa como um método de detecção e separação de íons. Com isso o espectrômetro de massa, ICP-MS, é capaz de analisar os componentes das amostras ionizadas por meio da detecção e separação dos componentes através de suas razões massa carga (m/z).

Uma porcentagem da solução foi analisada para os elementos maiores, em estado de óxidos, e a outra parte da amostra em solução foi adicionada a padrões internos de In e Rh e diluída 6000 vezes antes da análise no ICP-MS para os elementos traços e ETR. A perda ao fogo foi determinada medindo-se a perda de peso após se calcinar a amostra a uma temperatura de 1050° C por duas horas. Neste laboratório o limite de detecção para os elementos maiores foi em torno de 0,01 % em peso, e para o Sc foi 1 ppm.

3.4 Seções colunares

A construção de uma seção colunar é uma forma de representar a sucessão vertical de fácies de uma área ou afloramento. No presente trabalho, as seções colunares visaram representar a distribuição dos diferentes derrames, a sucessão e a associação de litofácies. Foram levantadas seis seções colunares no perfil Ribeira do Nabo (SJ-06), e uma em Ponta Queimada (SJ-07) em escala 1:25, com a descrição detalhada de cada uma das litofácies vulcânicas, visando a descrição das feições de superfície e estrutura interna. Para cada litofácies foram descritas cor, mineralogia primária, texturas, estruturas, contatos, presença de xenocristais e/ou xenólitos. Fotografias representativas das fácies e de detalhe são fundamentais para a sua caracterização. Finalmente estas seções foram digitalizadas utilizando o programa *Adobe Illustrator CS6* (apêndice A).

3.5 Fotomosaicos

O fotomosaico é uma técnica de representação de um afloramento ou área que utiliza a sobreposição e união de fotografias que com uma continuidade lateral e vertical. A série de fotografias é obtida paralelamente à direção do afloramento e cada quadro adquirido mantém cerca de 50% do quadro anterior de forma a facilitar a sobreposição das imagens.

Para minimizar as distorções do fotomosaico é necessário manter uma distância padrão entre a posição de aquisição e o afloramento. Apesar deste cuidado, algumas

distorções são inevitáveis na construção de fotomosaicos. Descontinuidades no afloramento, devido à presença de vegetação e variações no contorno das exposições geram também distorções na sobreposição das fotografias.

O uso dessa técnica permitiu representar uma variação lateral dos derrames e associações destes ao longo das duas áreas estudadas (Ribeira do Nabo/SJ-6 e Ponta Queimada/SJ-7). e localizar espacialmente os diferentes tipos de derrames e a frequência destes em escala de afloramento. A construção dos fotomosaicos foi feita manualmente pela sobreposição das imagens utilizando o programa *Adobe Photoshop CS6* (apêndice B).

3.6 Petrografia

A investigação petrográfica envolveu a descrição de lâmina delgada em condições de luz transmitida polarizada (apêndice C) e teve como objetivo a identificação mineralógica de todas as fases minerais e da sequência de cristalização destas. A história evolutiva é marcada pelo conjunto de texturas e estruturas da amostra, presença de xenólitos e/ou xenocristais, comuns em vulcanismo de ilhas oceânicas, além da identificação de processos secundários. Durante esta etapa foram investigados os padrões de vesiculação e microfraturamento, cuja estimativa foi facilitada pela impregnação com resina azul. Nesta etapa utilizou-se um microscópio petrográfico de luz transmitida - *Leitz laborlux 12 pol* e o software *Hardledge - ENDEEPER* (Fig.8).

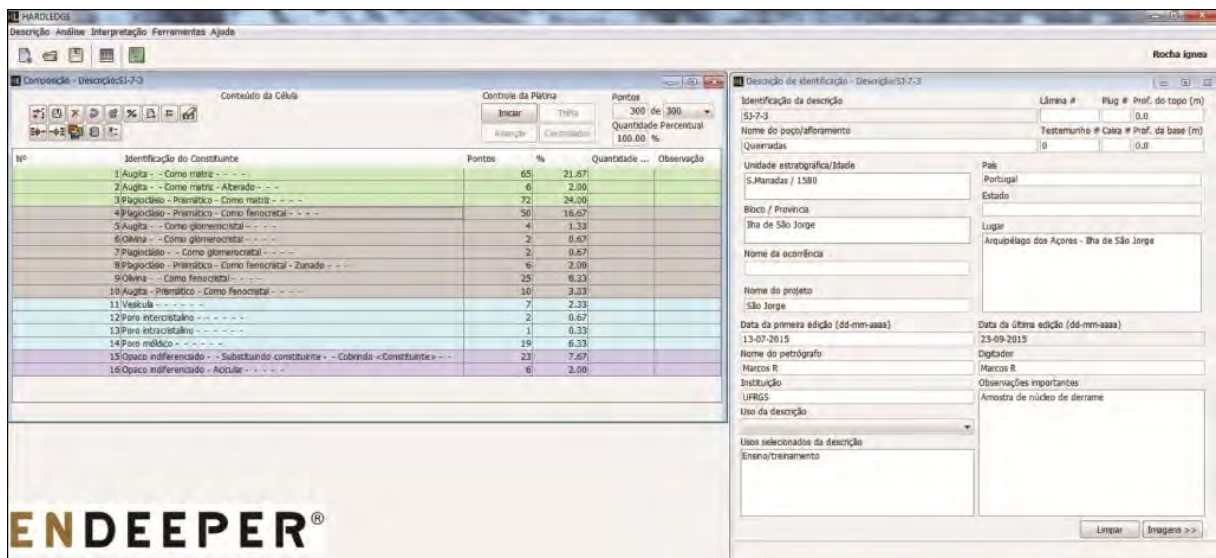


Figura 8 Programa Hardledge - ENDEEPER utilizado para a descrição das lâminas petrográficas.

Na descrição e classificação petrográfica das amostras utilizou-se uma contagem modal de 300 pontos representativos para cada lâmina (Galehouse, 1971). A aquisição de

fotomicrografias foi realizada com uma câmera *Scion Corporation (modelo cfw-1612c)* integrada ao microscópio *Leitz laborlux 12 pol.* A fotomicrografia ilustra as principais características das amostras, como texturas, estruturas e mineralogia.

3.7 Caracterização geoquímica

A aquisição de dados geoquímicos nas áreas estudadas (17 amostras) objetivou a classificação geoquímica dos derrames, estabelecer as variações composicionais entre estes, possíveis modificações decorrentes do processo de diferenciação magmática e dispersões na composição original devido a presença de xenólitos e/ou xenocristais. Na classificação geoquímica foram, utilizados especialmente os conteúdos de elementos maiores em sistemas como TAS. Os elementos maiores foram também correlacionados com os conteúdos de MgO, que marcam o grau de diferenciação especialmente em basaltos. Neste caso a combinação entre os dados petrográficos e geoquímicos é indispensável na avaliação de possíveis dispersões nos diagramas geoquímicos de correlação. O mesmo procedimento foi adotado com os elementos traços, especialmente o conjunto Ni, Cr, Co, que marcam variações nos conteúdos das fases minerais máficas e *LiLe* que expressam o comportamento de elementos com maior mobilidade geoquímica. Na identificação da série magmática serão utilizadas correlações entre álcalis, MgO e FeO^T além do padrão de distribuição dos elementos terras raras contra um fator de normalização.

Esta sequência de procedimentos permitiu classificar as amostras, estabelecer parâmetros de evolução magmática e as dispersões observadas e identificar a série magmática a qual pertence às áreas estudadas.

No tratamento geoquímico acima descrito foi utilizado o programa *PetroGraph* (Petrelli, 2007), conforme ilustrado na figura 9.

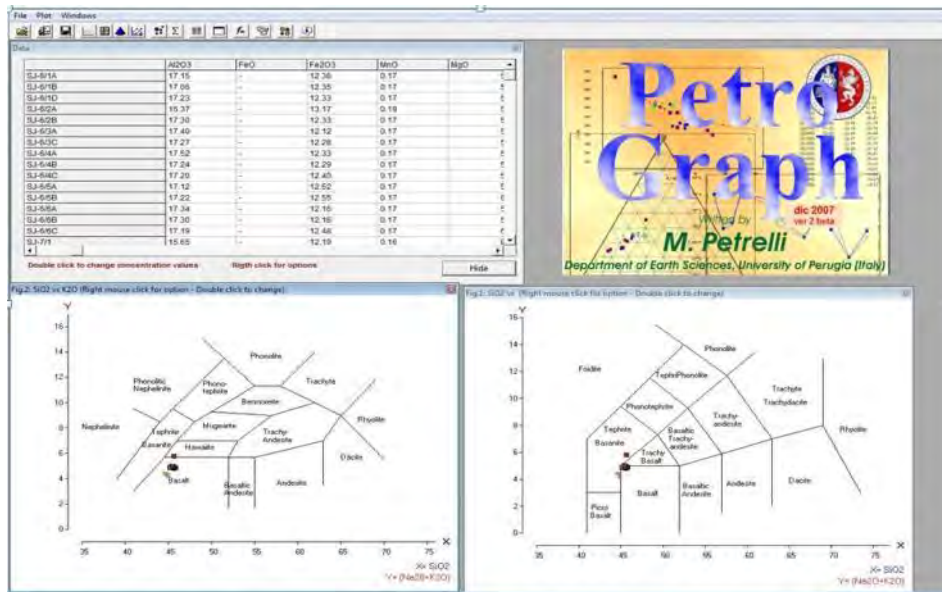


Figura 9 - Programa *PetroGraph* (Petrelli, 2007) que será utilizado na interpretação geoquímica acima descrito.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os dados obtidos durante o levantamento de campo e em laboratório nas erupções de 1580: Ribeira do Nabo (SJ6) e Ponta Queimada (SJ7). São caracterizadas por um vulcanismo basáltico efusivo tipicamente monogenético proveniente de cones basálticos alinhados em uma zona fissural com direção NW-SE (Fig. 10).

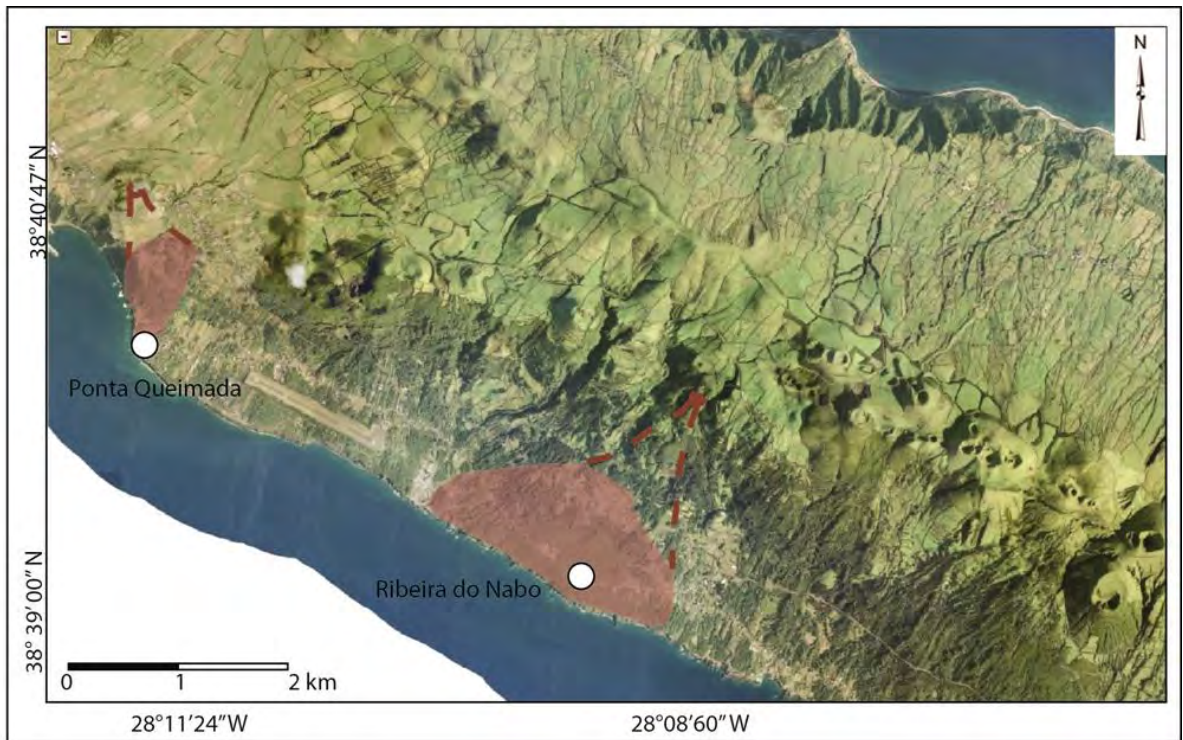


Figura 10 – Localização das duas erupções de 1580 estudadas: Ribeira do Nabo e Ponta Queimada. Em destaque os possíveis campos de fluxo de lava proveniente de cones basálticos.

4.1 Tipos morfológicos de basaltos

Os diferentes tipos morfológicos identificados nas regiões de Ribeira do Nabo e Ponta Queimada foram classificados de acordo com os critérios de Guilbaud *et al.* (2005) e Murcia *et al.* (2014), que utilizaram como parâmetros as feições de superfície, a estrutura interna e os tipos de fragmentos (litofácies vulcânicas) dos derrames. Foram identificados os tipos *pahoehoe* e *Å`a*, além das morfologias transicionais *slabby pahoehoe* e *rubbly pahoehoe*. A identificação e interpretação destes tipos de derrames foram apoiadas em levantamentos de seções colunares (apêndice A) e fotomosaicos (apêndice B).

4.1.1 *Derrames pahoehoe*

Ocorrem como pequenos lobos, com 10 a 50 cm de espessura, com uma estruturação dividida em crosta superior e inferior, e núcleo maciço a vesicular. As feições de superfície são em corda (Fig. 11a), lisa ou rugosa (Fig. 11b). As vesículas são irregulares no núcleo e arredondadas, menores e em maior quantidade no topo. Os lobos *pahoehoe* estão presentes nas duas áreas de estudo (Ribeira do Nabo e Ponta Queimada). Na região de Ribeira do Nabo os derrames *pahoehoe* encontram-se dispersos entre os demais tipos morfológicos. Na região de Ponta Queimada os derrames *pahoehoe* são do tipo secundário, gerados pelo rompimento do núcleo de derrames mais espessos (Fig. 11c e 11d) e ocupando os espaços gerados entre derrames (Fig. 11e). Este tipo morfológico é gerado por baixas taxas de efusão com a formação e manutenção de uma crosta externa que pode se internamente e continuamente alimentada, gerando um derrame inflado e espesso (Self & Thordarson, 1998).

4.1.2 *Derrames 'A'a*

O tipo *'A'a*, encontrado nas duas áreas de estudo, é caracterizado por topo e base brechados (Fig. 12a). As zonas de brecha variam de 50 cm a 2 m, e são caracterizadas pelo empilhamento irregular de fragmentos de escória. Estes fragmentos variam de 3 a 15 cm, com formas irregulares, fortemente vesiculares, comumente oxidados e com fenocristais de plagioclásio (Fig. 12c). O núcleo destes derrames possui espessuras variando de 50 cm a 5 m, sendo o limite entre o topo brechado e o núcleo marcado por zonas com megavesículas estiradas, alinhadas horizontalmente (Fig. 12d). Estas megavesículas formam tubos de lava com até 14 cm. Os derrames *'A'a* possuem zonas de reentrâncias marcadas pelo ingresso de brechas do topo no núcleo e de porções maciças do núcleo invadindo o topo/base brechado (Fig. 12b). Lavas deste tipo são formadas por uma elevada taxa de efusão e em topografias acidentadas que permitem a canalização, rompimento e fragmentação da superfície externa formando uma zona de brecha. Parte destes é transportada para a base através de um movimento do tipo *caterpillar*, semelhante ao movimento de esteira de trator (Fig. 12e).



Figura 11 - a) Lobo *pahoehoe* com superfície em corda; b) lobo *pahoehoe* com superfície rugosa entre os derrames basálticos; c) lobos *pahoehoe* parasitários gerados pelo rompimento do núcleo de derrame do tipo *ʻĀʻā*; d) detalhe nos lobos parasitários; e) lobo *pahoehoe* ocupando o espaço entre dois outros derrames.

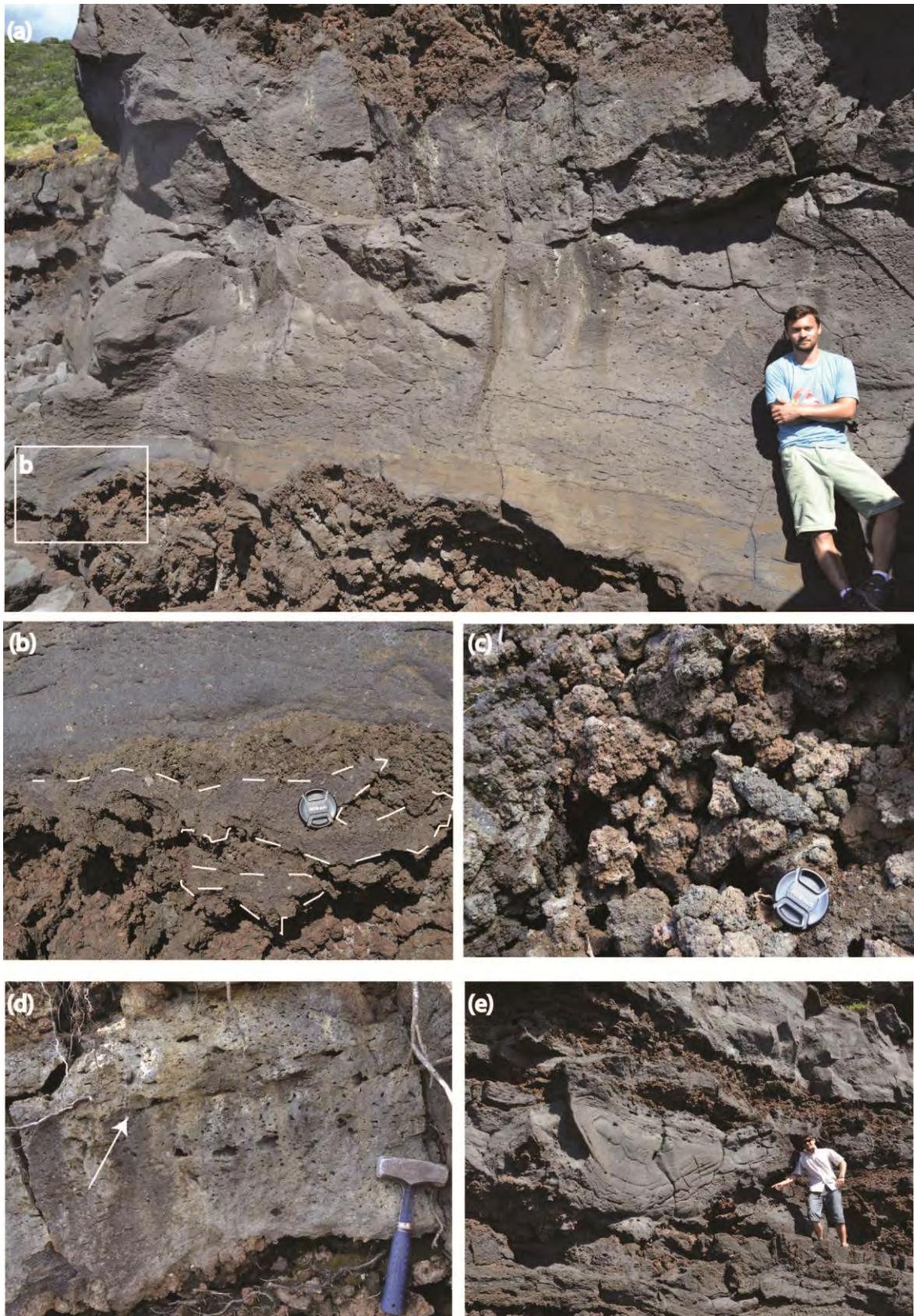


Figura 12 – a) Derrame do tipo *Ã* com núcleo vesiculado e topo e base brechados; b) detalhe da base do derrame mostrando reentrâncias do núcleo na zona brechada; c) fragmentos escoriáceos irregulares que compõem as zonas de brecha da base e topo; d) megavesículas marcando o limite entre o topo e a porção interna do núcleo; e) face frontal de derrame do tipo *Ã*.

4.1.3 *Derrames transicionais*

Os derrames transicionais apresentam uma variação nas feições de superfície. A origem destes diferentes tipos morfológicos de basaltos está vinculada as variações na composição, temperatura, cristalinidade, conteúdo de voláteis, taxa de efusão, duração e velocidade do fluxo e na topografia. Nas erupções de 1580 foram identificados os tipos *slabby pahoehoe* e *rubbly pahoehoe*.

4.1.3.1 *Slabby pahoehoe*

Esta morfologia é caracterizada por fragmentos na superfície em forma de placas tabulares e/ou curvadas (Fig. 13a). Estas placas possuem uma espessura que variam de 10 a 20 cm e ocorrem misturadas caoticamente com fragmentos escoriáceos em zonas de brechas (Fig. 13b). As placas possuem superfície lisa ou rugosa com uma vesiculação irregular. Este tipo morfológico é observado apenas na região da Ribeira do Nabo. Ele é formado pela quebra de uma crosta de um derrame *pahoehoe* solidificada devido a oscilações internas nas taxas de inflação. A superfície rompida em placas pode rotacionar e também se fragmentar em porções menores durante a colocação (*emplacement*) do derrame. Sua estruturação interna, com exceção do topo, é semelhante ao tipo *pahoehoe* (Fig. 13c).

4.1.3.2 *Rubbly pahoehoe*

O tipo *rubbly pahoehoe* difere do *slabby pahoehoe* pela presença de fragmentos com dimensões menores de 3 a 15 cm, com tamanho modal de 4-5 cm. Estes fragmentos possuem formas variadas, sendo, em geral, angulosos e vesiculares distribuídos de forma caótica (*rubble* - cascalho/entulho). Formam concentrações de fragmentos nas zonas marginais ou frontais dos derrames. O núcleo possui espessuras variando de 30 cm a 5 m (Fig. 14a), sendo limite entre o topo brechado e o núcleo marcado por zonas com megavesículas estiradas, alinhadas horizontalmente (Fig. 14c). Reentrâncias do núcleo nas zonas de brecha marcam o rompimento da superfície (Fig. 14b). Diferente do tipo *slabby pahoehoe*, a base do tipo *rubbly pahoehoe* não possui brechas escoriáceas. Este tipo morfológico é identificado nas duas áreas de estudo e reflete o rompimento acentuado de uma superfície externa de derrames *slabby pahoehoe* (Fig. 14d) e/ou *pahoehoe* (Fig. 14e) o que envolve rotação, abrasão e fragmentação destas superfícies. Isto cria uma acumulação de fragmentos angulosos que recobrem o topo do

derrame. São formados pelo aumento na taxa de efusão, consequentemente um aumento na velocidade do derrame e inflação interna, gerando a fragmentação das superfícies.



Figura 13 - a) Fragmentos de placas curvadas de *slabby pahoehoe* em zonas de brechas; b) fragmentos de placas quebrados e misturados caoticamente com fragmentos de escória; c) *slabby pahoehoe* com núcleo vesiculado e superfície de topo em placa.



Figura 14 – a) Derrame do tipo *rubbly pahoehoe* com base preservada e núcleo maciço; b) reentrância do núcleo na zona de brecha superior; c) megavesículas marcando o limite entre as porções superiores e internas do núcleo; d) fragmentos de placas nas zonas de brecha de topo; e) fragmento de superfície em corda retirado de zona de brecha de topo.

4.1.4 Distribuição dos tipos morfológicos

Diferentes tipos morfológicos do vulcanismo de 1580 afloram em uma mesma área de exposição. Em Ribeira do Nabo são encontrados tipos *pahoehoe*, *slabby pahoehoe*, *rubbly pahoehoe* e *ʻĀʻā* (Fig. 15).



Figura 15 – Parte do afloramento na região de Ribeira do Nabo. Em uma mesma exposição ocorrem os diferentes tipos morfológicos, *pahoehoe* (*phh*), *slabby pahoehoe* (*slb*), *rubbly pahoehoe* (*rb*) e *ʻĀʻā*.

Em Ponta Queimada, derrames *ʻĀʻā* e *rubbly pahoehoe* (Fig. 16) predominam, sendo os tipos *pahoehoe* secundário e *slabby pahoehoe* ausentes. Os dados de campo e os modelos de Guilbaud *et al.* (2005) e Murcia *et al.* (2014) permitiram construir e sugerir um modelo evolutivo dos tipos morfológicos *pahoehoe* para *rubbly pahoehoe* conforme ilustrado na figura 17. Sugere-se a colocação inicial de lobos *pahoehoe* com formação de crosta externa. Com o aumento da taxa de efusão e o movimento da lava, a superfície é rompida em placas. A inflação interna do derrame, por oscilações na efusividade, geram a fragmentação das placas em tamanhos menores envolvendo rotação, abrasão e fragmentação destas superfícies. Isto cria uma acumulação de fragmentos angulosos que recobrem o topo do derrame *rubbly pahoehoe*.



Figura 16 – Afloramento da região de Ponta Queimada. Empilhamento de derrames do tipo *rubbly pahoehoe* e *‘Ā`ā*. Zonas de brecha destacadas em vermelho. O afloramento possui 15 m de altura.

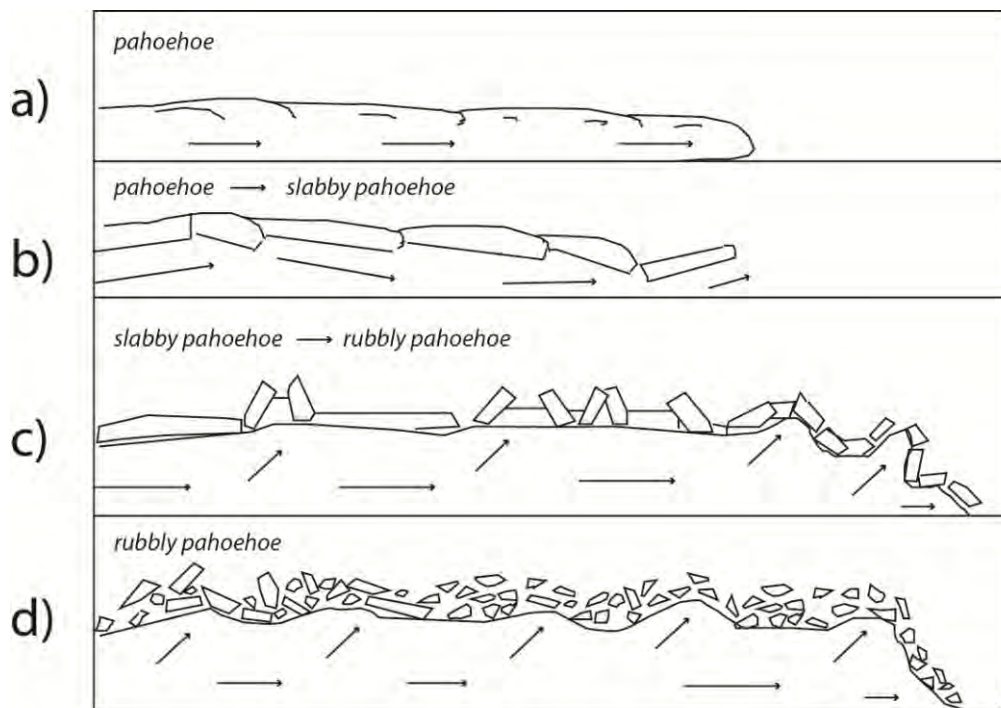


Figura 17 – Modelo evolutivo dos diferentes tipos morfológicos *pahoehoe* para *rubbly pahoehoe*. a) Colocação de lobos *pahoehoe* com formação de crosta externa; b) rompimento da superfície pelo aumento da taxa de efusão e continuidade do movimento da lava formando superfícies em placa; c) inflação interna do derrame fragmentando placas em tamanhos menores; d) rompimento acentuado da superfície externa envolvendo rotação, abrasão e fragmentação destas superfícies. Isto cria uma acumulação de fragmentos angulosos que recobrem o topo do derrame *rubbly pahoehoe* (Modificado de Guilbaud *et al.*, 2005 e Murcia *et al.*, 2014).

4.2 Caracterização petrográfica

O estudo petrográfico do vulcanismo de 1580 envolveu a descrição de 21 lâminas delgada com a contagem modal de 300 pontos para cada uma delas. Petrograficamente todas as amostras foram classificadas como olivina basaltos. Na região de Ribeira do Nabo (SJ-6) foram descritos e identificados os tipos morfológicos *pahoehoe*, *slabby pahoehoe*, *rubbly pahoehoe* e *ʻĀ`ā*, enquanto que em Ponta Queimada (SJ-7) os derrames são do tipo *ʻĀ`ā / rubbly*, além de lobos parasitários *pahoehoe*.

Nas áreas estudadas as litofácies descritas possuem matriz holocristalina composta por plagioclásio, clinopiroxênio (oticamente identificados como augita), olivina e minerais opacos. São comuns texturas glomeroporfírica e porfírica com fenocristais e microfenocristais subédricos a euédricos de plagioclásio, clinopiroxênio e olivina. Nos derrames de Ponta Queimada, alguns cristais de olivina e agregados peridotíticos foram interpretados como xenocristais (Fig. 18a) e microxenólitos peridotíticos (Fig. 18b). Estes possuem características distintas da olivina interpretada como magmática. Os xenocristais de olivina possuem dimensões maiores que a olivina magmática, são subédricos a anédricos (Fig. 18c), possuem faixas de deformação que geram um padrão de extinção ondulante, as bordas são quebradas e com golfos de reabsorção (Fig. 18d). Este entendimento, baseada nestas mesmas características, foi também assumida por (Johnson *et al.*, 1985) para xenocristais de olivina dos basaltos da Ilha Manam, Papua Nova Guiné.

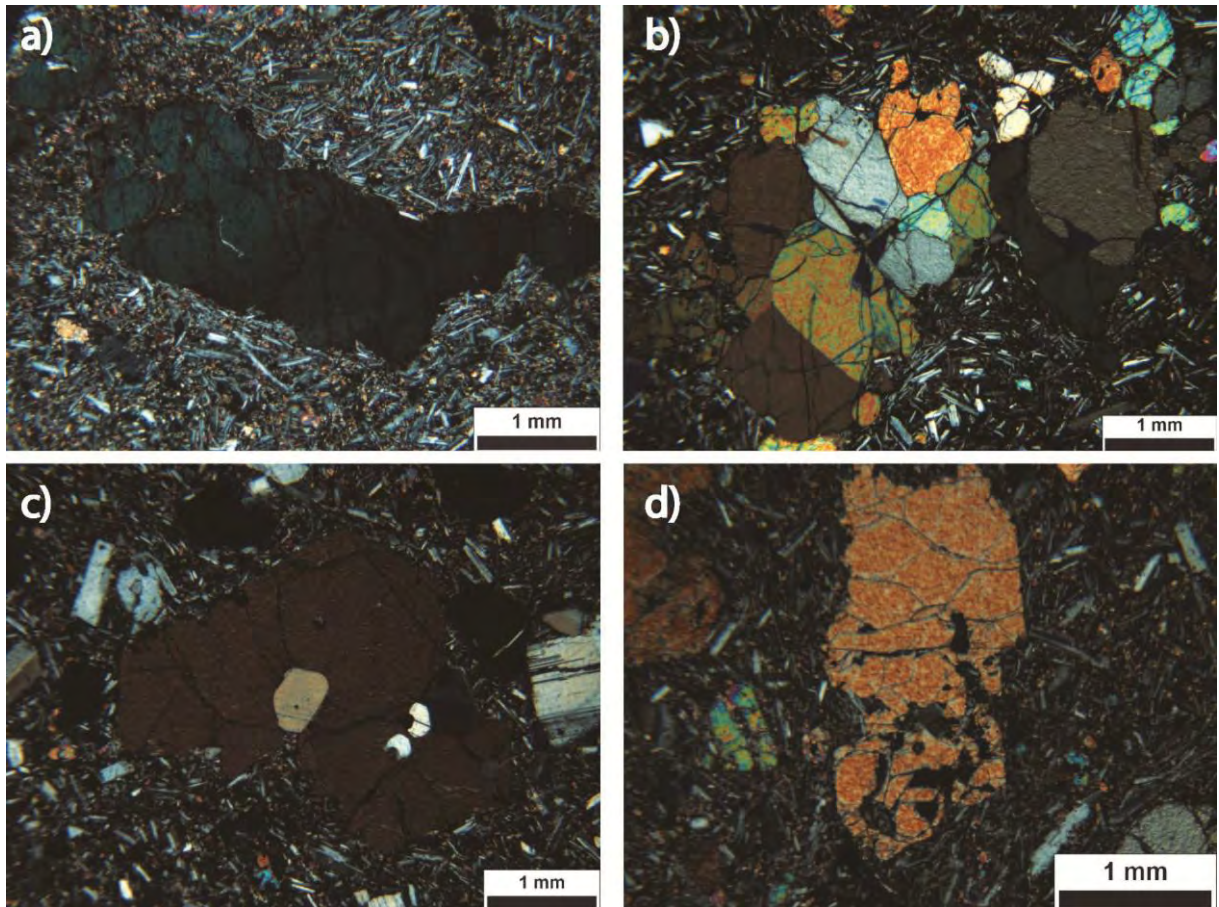


Figura 18 - a) Xenocristal de olivina (5,2 mm) com faixas de deformação, gerando um padrão de extinção ondulante; b) microxenólito peridotítico formado por agregados de olivina; c) xenocristal de olivina anédrico; e d) xenocristal de olivina com bordas quebradas e golfos de reabsorção). Aquisição das fotomicrografias com nicóis perpendiculares.

Os lobos do tipo *pahoehoe* são vesiculados (1-6 mm) com matriz fanerítica fina (0.1 - 0.3 mm) conforme ilustrados nas figuras 19a e 19b. São comuns as texturas intergranular (Fig. 19c), glomeroporfirítica com agregados de olivina magmática e porfirítica com fenocristais de plagioclásio (1,8 - 3,2 mm), clinopiroxênio (1,2 - 3,2 mm) e olivina (1,2 - 1,4 mm). Em parte dos fenocristais de plagioclásio observa-se uma textura em peneira, sugerindo processo de reabsorção durante a rápida ascensão do magma. A titanomagnetita quando primária ocorre na matriz e como fenocristal. A titanomagnetita secundária ocorre recobrindo fenocristais de fases silicatadas ou ao longo de clivagens, fraturas e limites dos cristais. Os lobos de *pahoehoe* apresentam uma porosidade primária de 23 - 21 %, caracterizada por vesículas arredondadas e uma porosidade secundária de 2-3 %, sendo porosidade móldica (dissolução de minerais primários) e por microfraturamento. Algumas vesículas estão parcialmente preenchidas por zeólita (Fig. 19d).

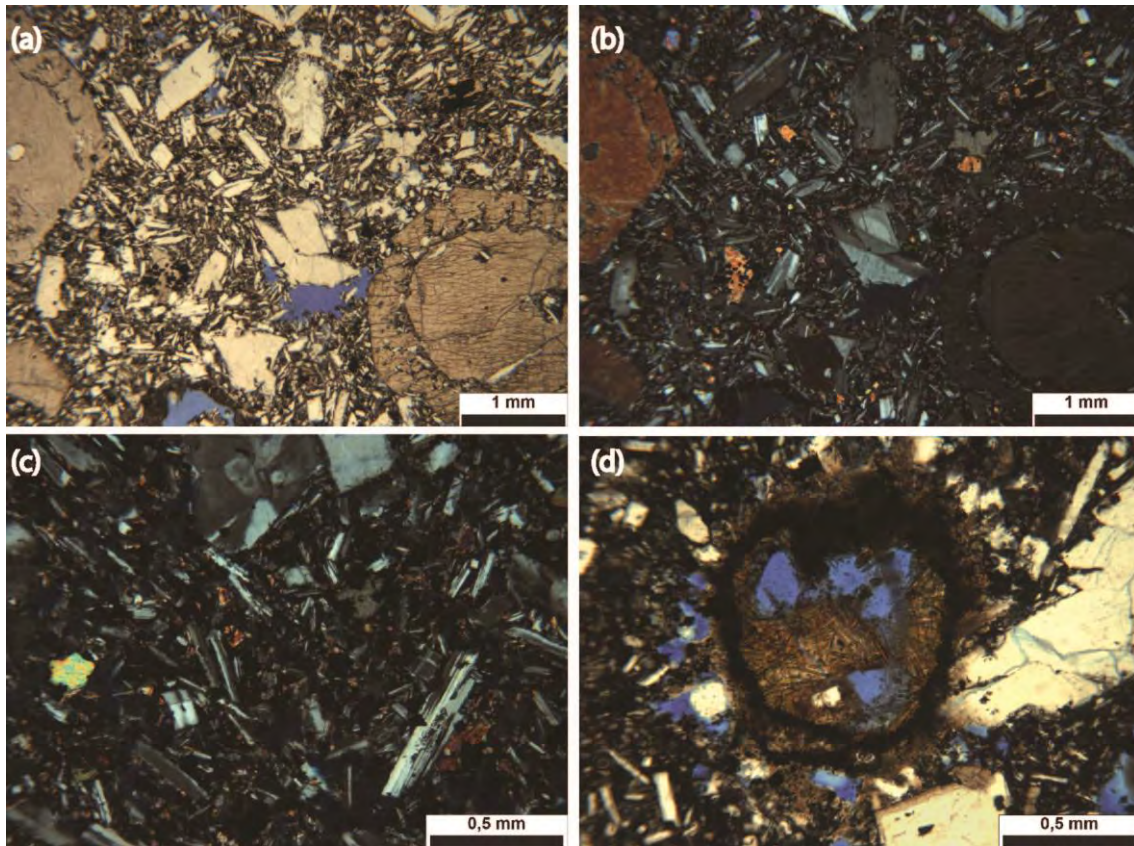


Figura 19 - Derrame *pahoehoe*: a-b) Matriz fanerítica fina com fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina c) cristais de plagioclásio com augita intergranular na matriz; d) preenchimento parcial de vesícula por zeólita. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos: a–d, e perpendiculares: b-c.

Os lobos *pahoehoe* parasitários de derrames tipo *rubbly pahoehoe*, identificados em Ponta Queimada, possuem matriz holocristalina fina a muito fina (0,05-0,15 mm) com raros fenocristais de plagioclásio ilustrado na figura 20a (1,2 - 3,2 mm), clinopiroxênio (1,2 mm) e olivina (2,4 mm). Alguns fenocristais de plagioclásio estão reabsorvidos e oxidados (Fig 20b). A rocha apresenta uma porosidade microvesicular de aproximadamente 10%, principalmente associada à textura *diktytaxítica*, marcada por poros, com morfologia irregular, gerados provavelmente pela expansão tardia dos voláteis. Os cristais de plagioclásio da matriz apresentam um hábito ripidiforme.

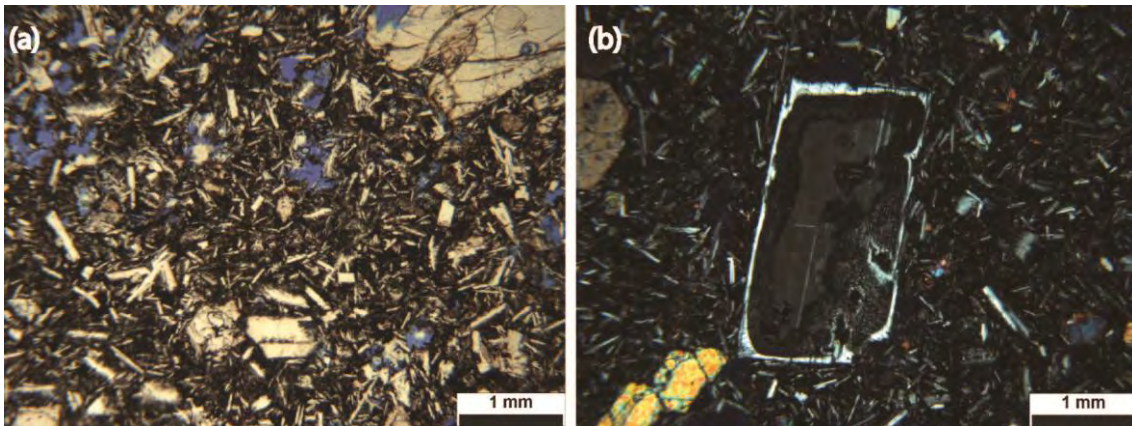


Figura 20 - Lobos parasitários: a) matriz fina a muito fina com textura *diktytaxítica* e porfírica com fenocristais de plagioclásio, olivina e clinopiroxênio; b) Fenocristal de plagioclásio com textura de reabsorção. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos: a; e perpendiculares: b.

As placas de *slabby pahoehoe* que marcam a superfície de topo deste tipo morfológico são vesiculares (arredondadas com 1 - 2.8 mm de diâmetro) com matriz fanerítica muito fina (0,03 mm) (Fig 21a e 21b). Apresentam textura glomeroporfírica com agrupamento de fenocristais de olivina + augita + plagioclásio e porfírica com fenocristais de plagioclásio (1,5 - 3,0 mm), clinopiroxênio (1 - 2 mm) e olivina (0,8 mm). Possuem uma porosidade primária de 7 - 10% caracterizada por vesículas e uma porosidade secundária de 3% (tipo móldica e microfraturamento). A estrutura interna dos derrames tipo *slabby pahoehoe* é semelhante a do tipo *pahoehoe*, com núcleos vesiculados (0.1 - 5 mm), matriz holocristalina fina (0,12 mm), com fenocristais de plagioclásio (1,5 - 2,2 mm), clinopiroxênio (1,5 - 2,5 mm) e olivina (1 - 2 mm) conforme ilustrado na figura 21c. Possuem uma textura intergranular e, mais raramente, subofítica (Fig 21d). A porosidade primária varia de 13 - 21 % nas zonas de topo e 1-5% nas zonas de núcleo.

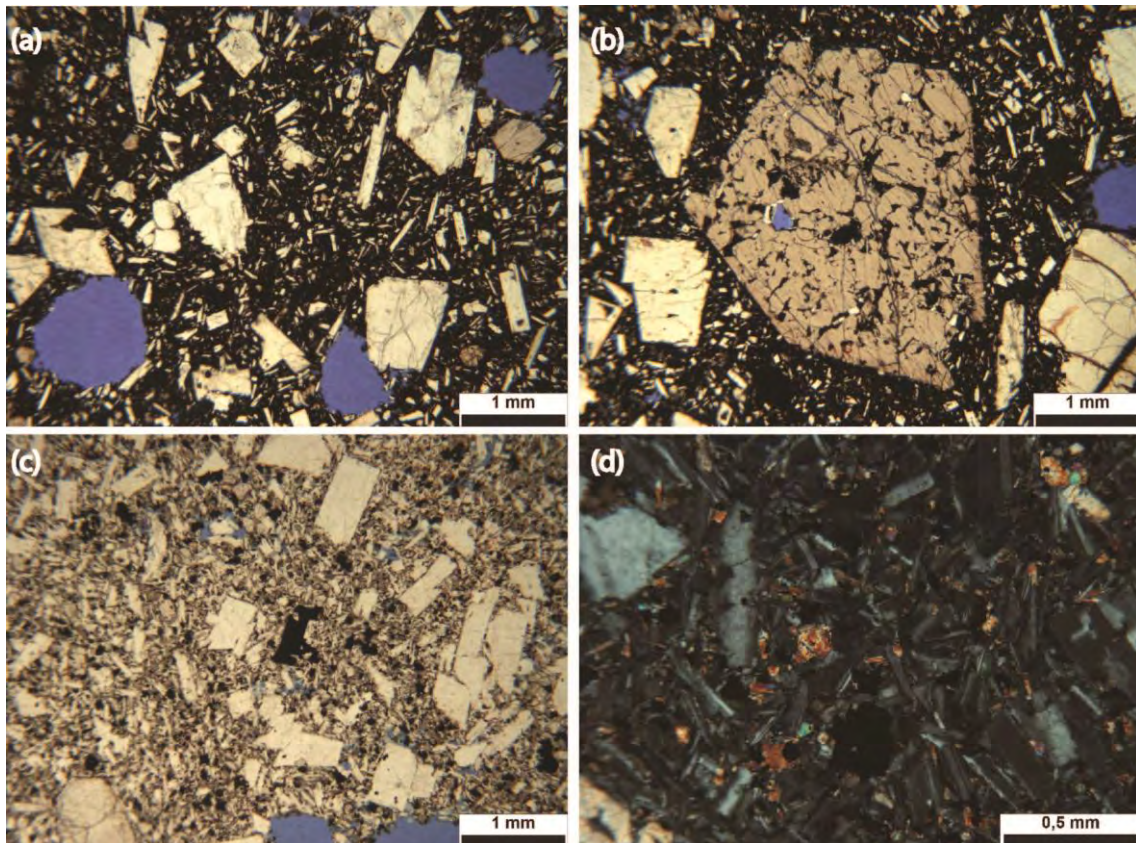


Figura 21 - *Slabby pahoehoe*: a) feições de superfície em placa com fenocristais de plagioclásio e piroxênio em matriz fanerítica muito fina oxidada com vesículas arredondadas; b) fenocristal de clinopiroxênio com porosidade intracristalina e microfraturado; c) estrutura interna dos derrames com matriz holocristalina fina; e d) estrutura interna dos derrames com textura intergranular e subofítica. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos: a, b-c; e perpendiculares: d.

Petrograficamente os derrames do tipo *rubbly pahoehoe* e *Slabby*, possuem um padrão semelhante. O núcleo destes tipos morfológicos pode ser dividido em base, núcleo e topo. O topo do núcleo possui vesículas estiradas (Fig. 22a) e/ou arredondadas (Fig. 22b) com 1 a 10 mm de diâmetro. São porfíricos com fenocristais de plagioclásio (1,5 - 3,2 mm), clinopiroxênio (1,6 - 2,4 mm) e olivina (1,2 - 2,0 mm) em uma matriz rica em minerais opacos e micrólitos de plagioclásio de granulação fina a muito fina (0,03 - 0,4 mm). Possui uma porosidade primária (vesicular e intercristalina) de 18-21% e secundária de 1-3% (tipo móldica e dissolução de mineralogia primária). O núcleo dos derrames possui vesículas arredondadas e estiradas com 1 -11 mm de diâmetro. Matriz holocristalina fina a muito fina (0,06 - 0,25 mm) (Fig. 22c), com fenocristais de plagioclásio (1,5 - 3,2 mm), clinopiroxênio (1,5 - 3,0 mm) e olivina (0,8 - 2,1 mm). É comum textura intergranular, caracterizada por cristais de piroxênio ocupando o espaço entre cristais de plagioclásio (Fig. 22d) e mais raro texturas subofítica, cristais de plagioclásio parcialmente inclusos em cristais de piroxênio, e ofítica, cristais de plagioclásio inclusos em fenocristais de piroxênio. A zona de núcleo possui uma grande população de microfenocristais (<1 mm) em relação às porções de topo e base.

Apresentam uma porosidade primária de 18 - 12 %. A base do núcleo é vesicular (vesículas arredondadas (Fig. 22f) e estiradas com 1-6 mm, bastante oxidado (Fig. 22e). A matriz é holocristalina fina a muito fina com fenocristais de plagioclásio (1,4 - 2 mm), clinopiroxênio (0,8 - 2,4 mm), alguns destes reabsorvidos, e olivina (1,2 - 2,4 mm). A porosidade na base é de aproximadamente 22 % (19 % vesículas primárias, 3 % secundária - móldica e microfraturas).

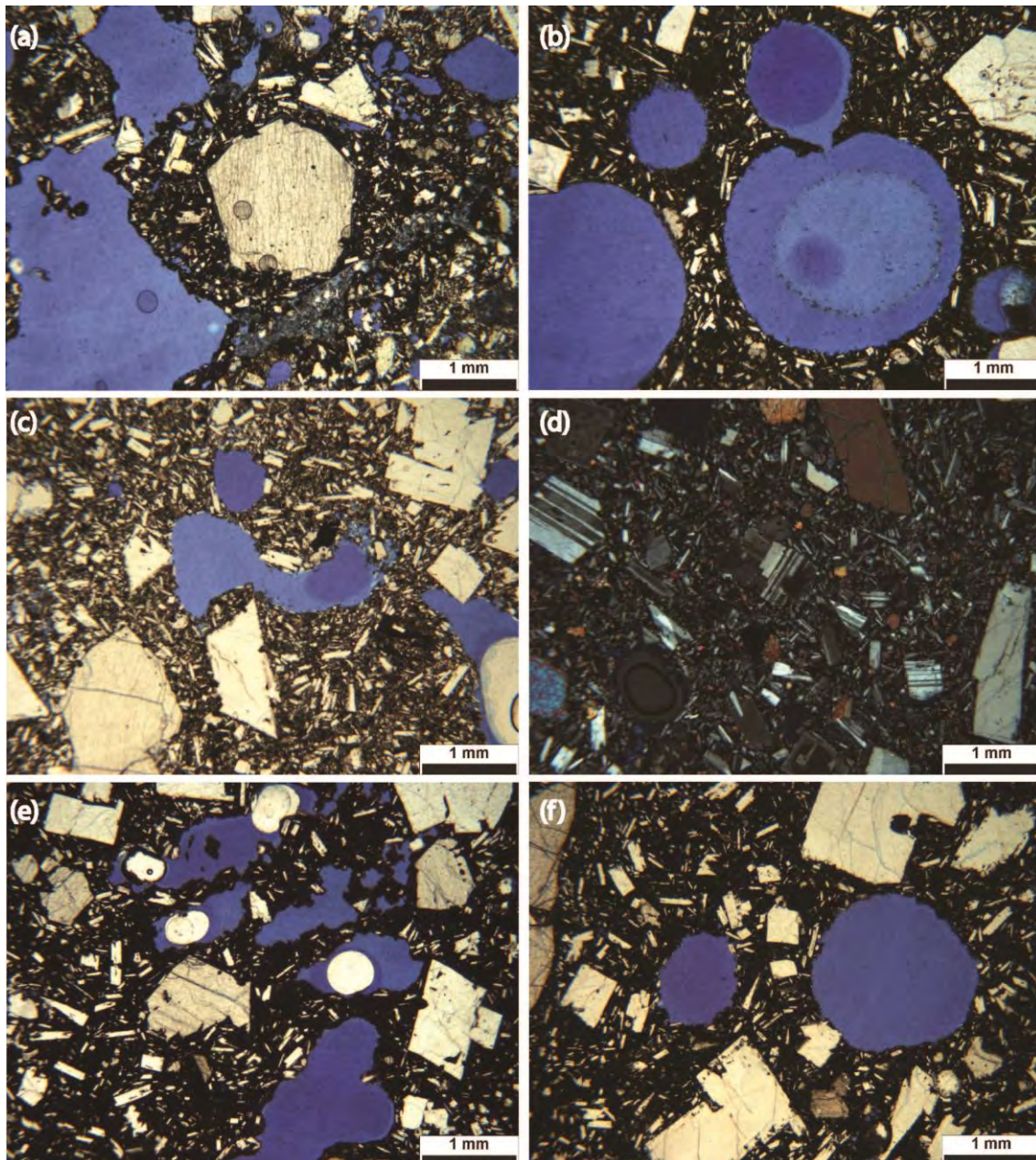


Figura 22 - Derrames *rubby* \~a: a) feições de topo de núcleo com textura porfírica com matriz muito fina oxidada, vesículas estiradas; b) feições de topo de núcleo com vesículas arredondadas; c) Núcleo com vesículas alongadas e textura porfírica com fenocristais de olivina e plagioclásio em matriz muito fina; d) núcleo com textura porfírica, grande população de microfenocristais de plagioclásio; e) feições de base de núcleo com vesículas estiradas e f) base de núcleo com matriz muito fina oxidada, com vesiculação arredondada. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos a, b, c, e -f; e perpendiculares d.

Na região de Ponta Queimada, os núcleos dos derrames *rubbly* são porfíricos com fenocristais de clinopiroxênio (0,8 - 5,0 mm), olivina (0,8 - 1,2 mm) e escassos fenocristais de plagioclásio (0,8 - 1,8 mm) (Fig. 23a). Possuem textura *diktytaxítica*, marcada por poros, com morfologia irregular, gerados provavelmente pela expansão tardia dos voláteis (Fig. 23b), traquítica, marcada pela orientação dos micrólitos de plagioclásio da matriz (0,15 - 0,25 mm) (Fig. 23c), intergranular, cristais de piroxênio entre os de plagioclásio (Fig. 23d) presentes. A porosidade é primária e normalmente microvesicular, representando aproximadamente 5 % do volume total da rocha.

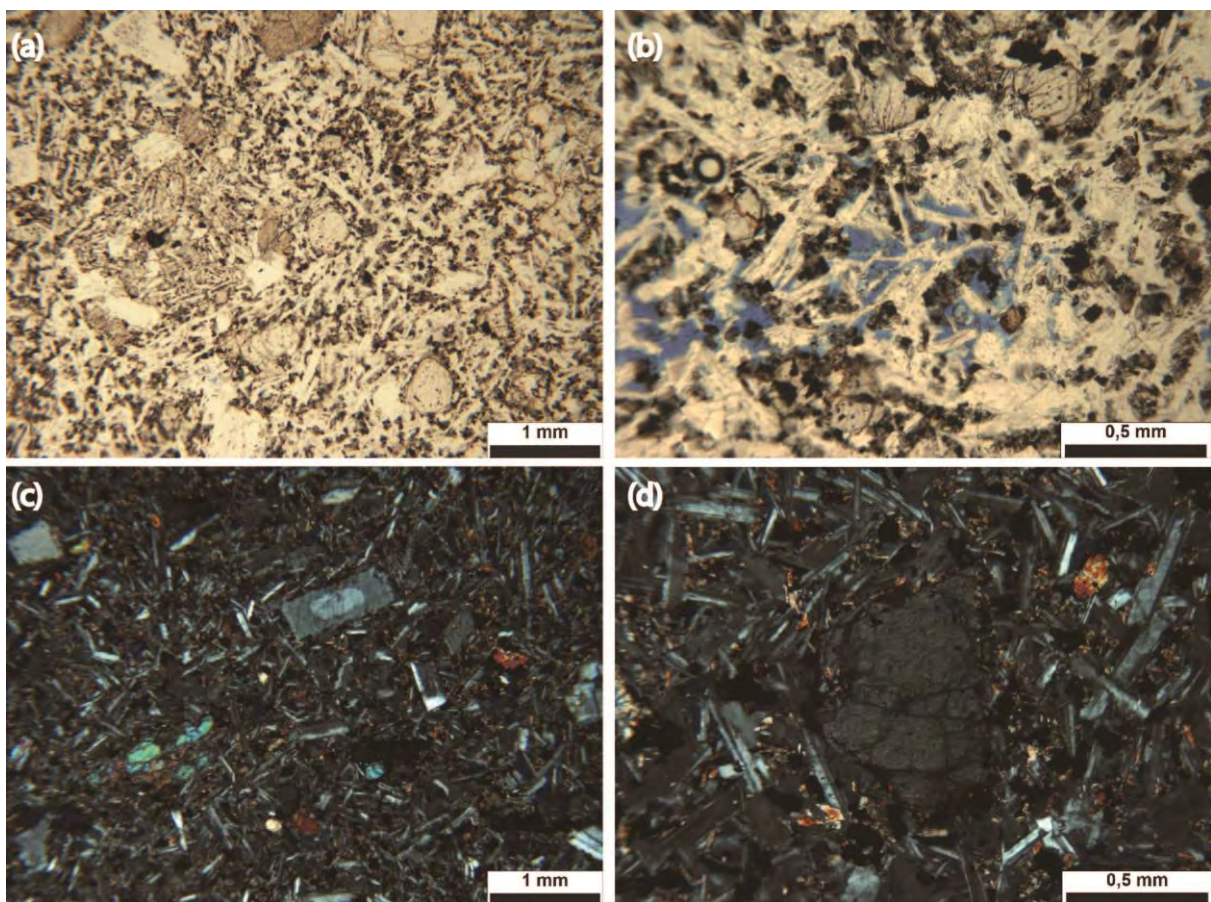


Figura 23 - Derrames *rubbly* - Ponta Queimada: (a) Matriz fanerítica fina com escassos fenocristais de plagioclásio; b) textura *diktytaxítica*; c) matriz com grande população de micrólitos de plagioclásio; d) xenocristal mantélico de olivina com extinção ondulante, nicóis perpendiculares. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos: a -b, e perpendiculares: c-d.

4.2.1 Porosidade dos derrames de 1580

Padrões de porosidade em rochas vulcânicas foram recentemente discutidos (Sruoga & Rubinstein, 2007). Nos sistemas magmáticos o primeiro ponto de ebulição é responsável pela formação de uma porosidade primária representada especialmente por vesículas e microvesículas (*degassing*). A geração de padrão de porosidade deve-se a supersaturação em voláteis promovida pela diminuição na pressão no sistema magmático durante a rápida ascensão em direção à superfície. Outro tipo de porosidade primária é representado por cavidades irregulares (textura *diktytaxítica*) desenvolvidas durante a cristalização de fases minerais anidras que aumentam o conteúdo relativo de voláteis no líquido residual. A condição primária ocorre também em texturas em peneira e em fraturas de contração termal. A porosidade secundária é gerada pela interação da rocha com o ambiente e pode incluir dois tipos: dissolução e fraturamento (Sruoga & Rubinstein, 2007). A ação do intemperismo químico e físico pode remover ou dissolver cristais primários gerando uma porosidade móldica. O fraturamento gerado pelo resfriamento da rocha (*quenching*) pode ser ampliado por dissoluções ou mesmo obliterado (parcial ou totalmente) por soluções posteriores ao vulcanismo. Fatores tectônicos regionais e de acomodação gravitacional podem também gerar fraturamento.

Nos basaltos das erupções de 1580, foram descritas porosidades primárias e secundárias para as diferentes litofácies. A estimativa foi facilitada pela impregnação com resina azul quando da confecção das lâminas delgadas. Foram identificados os seguintes tipos de porosidade 1) primária: microvesicular, vesicular e intracristalina, e 2) secundárias: móldica e microfraturas (Fig. 24).

Nos derrames tipo *rubbly / \`A`a*, o limite entre o topo brechado e o núcleo é marcado por zonas com megavesículas. Na região de Ribeira do nabo, o topo dos núcleos apresenta um padrão de vesículas arredondadas e/ou estiradas com 1 a 10 mm de diâmetro. Possui uma porosidade primária vesicular de 18-21 % e secundária de 1-3 % - móldica por dissolução de mineralogia primária. O núcleo dos derrames possui uma porosidade de 12 - 18 % com vesículas arredondadas e estiradas com 1 - 11 mm de diâmetro. A base do núcleo é vesicular (arredondadas e estiradas com 1-6 mm de diâmetro). A porosidade na base é de aproximadamente 22 % sendo cerca de 19 % vesículas primárias e 3 % porosidade secundária móldica e microfraturas. Na região de Ponta Queimada, o núcleo dos derrames tipo *rubbly / \`A`a* são microvesiculares, com uma porosidade de 5 %

Os lobos *pahoehoe* possuem uma porosidade primária de 23 – 21 %, caracterizada por vesículas arredondadas com 1-6 mm de diâmetro e uma porosidade secundária (móldica, dissolução de minerais primários e microfraturamento) de 2-3 %. Os lobos *pahoehoe* parasitários de derrame *rubby pahoehoe*, identificados em Ponta Queimada, possuem uma porosidade primária de aproximadamente 10 %, marcada por vesículas e microvesículas.

Os tipos *slabby pahoehoe* são divididos em superfície em placa e estrutura interna. A superfície em placa é vesicular (arredondadas com 1-2.8 mm de diâmetro) com uma porosidade primária de 7 - 10 % e uma porosidade secundária de 3% (móldica e microfraturamento). A estrutura interna dos *slabby pahoehoe* é vesicular (0.1 - 5 mm) com uma porosidade primária de 13 - 21 % nas zonas de topo 1-5 % nas zonas de núcleo.

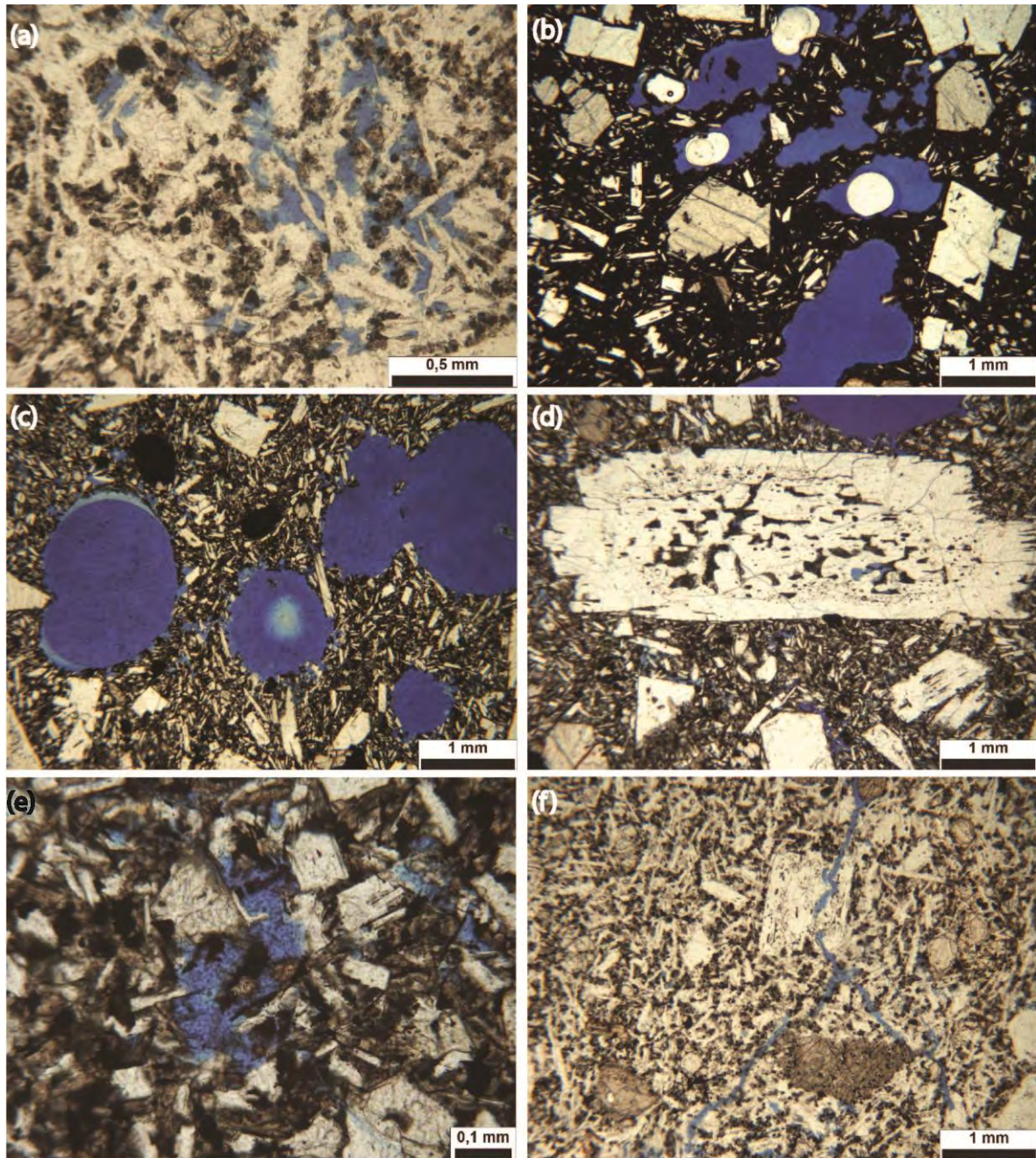


Figura 24 - Tipos de poros e suas ocorrências nas erupções de 1580 a) porosidade microvesicular em núcleo de *rubbly pahoehoe*; b) vesículas estiradas em topo de *rubbly pahoehoe*; c) vesículas arredondadas em topo de *rubbly pahoehoe*; d) porosidade intracristalina primária, formada durante a cristalização do fenocristal de plagioclásio em *slabby pahoehoe*; e) porosidade móldica formada pela dissolução de plagioclásio em *pahoehoe*, e f) microfraturamento formado por fatores tectônicos em *rubbly pahoehoe*. Aquisição das fotomicrografias com nicóis paralelos.

4.3 Caracterização geoquímica

Dezessete amostras representativas da erupção de 1580 foram selecionadas para o estudo geoquímico (Tabela 1), sendo 14 da região Ribeira do Nabo (SJ-6) e 3 da região Ponta Queimada (SJ-7). O conteúdo de SiO_2 varia entre 44,78 – 45,88 % e os valores de álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) variam entre 4,13 – 5,76 %. Os valores de perda ao fogo estão próximos à zero o que sugere a preservação dos padrões geoquímicos originais. No diagrama de classificação Álcalis x Sílica (Le Bas, 1986), as amostras ocupam o limite entre os campos do basalto, traquibasaltos e tefrito basanita (Fig. 25), sendo as amostras de Ponta Queimada relativamente mais pobres em álcalis do que as de Ribeira do Nabo. De acordo com o cálculo de norma CIPW, todas as amostras são alcali-basaltos, saturadas a subsaturados em sílica, com olivina (Ol_n) e nefelina normativa (Ne_n). As duas amostras (SJ-7/2 e SJ-7/3) subsaturadas que ocupam o limite basalto - tefrito apresentam um valor de Ne_n próximo a 5 %.

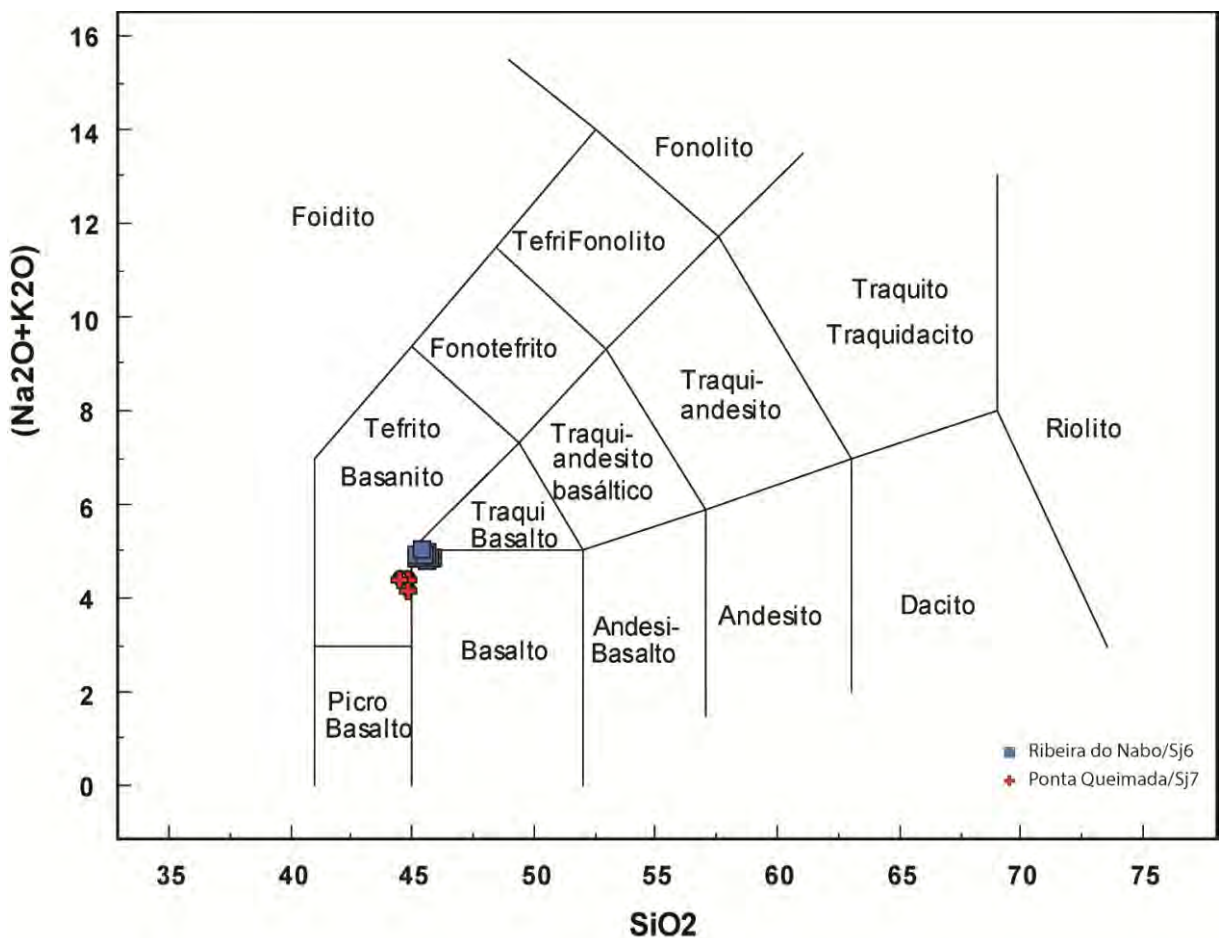


Figura 25 – Diagrama de classificação geoquímica álcalis vs sílica (Le Bas, 1986).

Tabela 1 - Composição química dos elementos maiores (%), menores e traços (ppm) para as rochas do vulcanismo de 1580.

	SJ-61A	SJ-6/1B	SJ-6/1D	SJ-6/2A	SJ-6/2B	SJ-6/3A	SJ-6/3C	SJ-6/4A	SJ-6/4B	SJ-6/4C	SJ-6/5A	SJ-6/5B	SJ-6/6A	SJ-6/6B	SJ-6/6C	SJ-7/1	SJ-7/2	SJ-7/3
SiO ₂	45,88	45,34	45,46	45,65	45,5	45,67	45,19	45,19	45,73	45,67	45,41	45,03	45,65	45,4	45,49	45,14	44,21	44,78
TiO ₂	3,64	3,56	3,6	3,87	3,59	3,57	3,61	3,6	3,59	3,58	3,64	3,58	3,56	3,59	3,61	3,43	3,41	3,35
Al ₂ O ₃	17,15	17,06	17,23	16,37	17,3	17,4	17,27	17,52	17,24	17,2	17,12	17,22	17,34	17,3	17,19	15,65	15,28	15,52
Fe ₂ O ₃	12,36	12,35	12,33	13,17	12,33	12,12	12,28	12,33	12,29	12,4	12,52	12,55	12,16	12,16	12,48	12,19	12,34	12,28
MnO	0,17	0,17	0,17	0,19	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16
MgO	5,82	5,96	5,91	5,08	5,8	5,82	5,94	5,95	5,96	5,9	5,97	6,12	5,99	5,97	6,03	8,72	8,81	8,91
CaO	9,5	9,41	9,41	8,79	9,34	9,59	9,66	9,67	9,56	9,56	9,42	9,31	9,49	9,51	9,39	10,23	10,03	10,06
Na ₂ O	3,54	3,59	3,45	4,08	3,63	3,51	3,53	3,5	3,59	3,54	3,6	3,55	3,6	3,57	3,67	3,28	3,21	3,01
K ₂ O	1,31	1,3	1,3	1,68	1,32	1,3	1,31	1,33	1,31	1,32	1,3	1,31	1,29	1,29	1,32	1,1	1,12	1,12
Cr ₂ O ₃	0,011	0,01	0,01	0,007	0,011	0,01	0,009	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,035	0,036	0,037
P ₂ O ₅	0,7	0,71	0,7	0,92	0,69	0,69	0,71	0,7	0,7	0,7	0,71	0,71	0,71	0,69	0,7	0,49	0,49	0,48
LOI	-0,4	0,2	0,1	-0,2	0	-0,2	0	-0,3	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	-0,3	0	-0,4	-0,7	0,6	0
Total	100	99,46	99,57	99,8	99,68	99,85	99,67	99,97	100,15	100,05	99,87	99,56	99,97	99,66	100,06	100,42	99,09	99,70
Ol _n	9,98	10,34	10,48	8,73	10,18	10	10,08	10,32	10,17	10,17	10,39	11,04	10,37	10,24	10,48	13,33	13,68	14,26
Ne _n	2,54	3,39	2,38	5,04	3,37	2,82	3,72	3,77	3,31	3,07	3,42	3,59	3,27	3,42	3,9	4,87	5,23	3,55
La	40,6	45,3	43,5	54,3	42,1	41,4	43	43,1	41,6	42,2	42,8	42,2	43,1	42,2	41,8	31,3	30,7	28,9
Ce	85,4	95,6	90,3	114,8	88,2	87,8	91,1	91,2	90	92,8	94,3	93,8	92,4	89,7	92,4	69,4	64,5	64,7
Pr	10,93	11,57	11,21	14,15	11,16	11,18	11,2	11,06	11,45	11,09	11,38	11,15	11,46	11,12	11,18	8,37	8,1	8,1
Nd	44,6	48	47,6	59,2	46,9	47,7	48,7	46,1	47,6	48,1	49,4	47,3	47,6	47,5	46,1	36,1	35,4	34,2
Sm	9,03	10,13	9,33	11,89	9,78	9,42	9,41	9,49	9,63	9,44	9,36	9,51	9,7	9,56	9,61	7,39	7,29	7,36
Eu	2,9	3,22	2,97	3,67	3,04	2,92	3,07	3,02	3,16	3,08	3,08	3,09	3,11	3,08	2,97	2,35	2,33	2,35
Gd	8,18	9,01	8,38	10,56	8,55	8,09	8,62	8,65	8,69	8,57	8,93	8,49	8,67	8,54	8,55	7,01	6,56	6,97
Tb	1,23	1,28	1,25	1,53	1,23	1,2	1,23	1,25	1,24	1,22	1,25	1,21	1,27	1,21	1,24	1,01	0,96	1
Dy	6,32	6,85	6,41	7,81	6,26	6,34	6,32	6,26	6,34	6,27	6,55	6,38	6,26	5,89	6,38	5,47	5,19	5,35
Ho	1,15	1,23	1,15	1,49	1,19	1,16	1,19	1,22	1,21	1,21	1,16	1,16	1,17	1,17	1,22	0,97	0,95	0,92
Er	3	2,94	3,05	3,81	3,01	3	2,98	2,92	3	3,07	3,09	2,95	2,92	2,98	2,85	2,56	2,33	2,45
Tm	0,4	0,42	0,42	0,5	0,4	0,4	0,4	0,42	0,39	0,41	0,39	0,43	0,43	0,41	0,4	0,36	0,34	0,34
Yb	2,4	2,54	2,52	3,06	2,49	2,4	2,52	2,49	2,46	2,39	2,38	2,44	2,49	2,45	2,43	2,06	2,1	1,98
Lu	0,36	0,35	0,35	0,44	0,36	0,35	0,34	0,35	0,34	0,34	0,34	0,37	0,33	0,34	0,35	0,31	0,29	0,29
Sc	19	20	19	20	19	19	19	19	20	20	20	20	19	19	19	26	27	27

Continuação Tabela 1

	SJ-61A	SJ-6/1B	SJ-6/1D	SJ-6/2A	SJ-6/2B	SJ-6/3A	SJ-6/3C	SJ-6/4A	SJ-6/4B	SJ-6/4C	SJ-6/5A	SJ-6/5B	SJ-6/6A	SJ-6/6B	SJ-6/6C	SJ-7/1	SJ-7/2	SJ-7/3
Be	3	2	1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	1	<1	<1	3	4	3	<1
V	248	242	249	266	249	248	251	249	250	252	253	254	246	249	254	284	278	278
Co	38,4	38,5	37,7	36,1	38,6	37,4	38,4	38,6	38,5	39,5	38,2	40,4	39,1	40	39,3	50,1	48,5	49,3
Ni	43	43	47	28	48	51	40	48	46	46	46	42	45	47	45	126	130	123
Cu	17,9	18,6	16,9	23,5	17,5	16,6	17,5	15,8	20,5	19	15,2	19,6	19,1	20,1	17,6	25,6	18,5	19,1
Zn	68	54	60	90	70	70	75	64	77	77	46	63	72	70	74	67	41	46
Ga	21,8	22,7	21,2	23	22,5	21,3	21,6	21,7	21,8	21,7	21,1	21,8	21,3	22,4	22,4	20,3	20	19,7
Rb	27,1	28	26,8	33,2	27,3	25,8	27	26,5	27,4	26,5	27	25,3	26,8	26,4	26,3	22,3	23,4	21,7
Sr	872,4	892,1	891,7	825,2	885	903,4	895,4	888	876	901,7	909,8	880,8	898,7	923,5	880,8	669,9	657,6	642,9
Y	28,9	31	30,3	36,7	29,8	28,7	29,7	29,4	29,5	30,2	29,9	29,1	30,5	30,7	30,1	23,7	25,6	23,7
Zr	304,9	327,5	307,9	391,4	308,7	304,7	308,1	305,6	310,6	314	304,9	316,6	309,5	307,7	302,7	252	243,3	236,7
Nb	55,4	59,1	56,1	71,5	56,5	55,7	57,8	55,7	55,6	55,8	57,4	56,3	56,9	56,5	57,3	43	42,5	41,3
Mo	1,5	0,8	0,9	2,3	1,4	1,4	1,8	1	2,8	1,5	1,4	1,3	1,5	1,8	1,8	1,3	0,9	1
Sn	12	13	4	8	3	11	3	7	3	5	3	4	3	6	3	4	2	3
Cs	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Ba	316	350	325	417	342	335	346	331	333	333	337	327	339	330	345	293	278	276
Hf	6,9	7,5	6,8	8,5	6,9	6,7	6,7	6,9	7,2	6,9	7	7,1	6,8	6,9	6,9	5,7	5,5	5,5
Ta	8,8	9,5	4,7	8,3	4,2	8,1	4,2	6,4	4,2	5,4	4,1	5,2	3,9	5,3	3,8	4,2	3	3,7
W	0,7	0,5	0,9	0,6	0,6	<0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	<0,5	0,8	0,6	0,7	<0,5	0,5	<0,5
Pb	0,8	0,6	0,5	1	0,8	0,7	1,2	0,6	1,3	1,1	0,4	1	0,9	0,9	1	0,8	0,5	0,3
Th	4	3,9	4,1	5	3,8	4	3,9	4	3,7	4,1	4	3,8	3,8	3,7	4,1	2,7	2,9	2,6
U	1,5	1,5	1,2	2,1	1,4	1,5	1,4	1,6	1,6	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3	0,9	1,1	0,9

A Figura 26 ilustra as variações entre elementos maiores vs MgO, escolhido como o índice de diferenciação, apesar das variações nos conteúdos deste óxido serem muito pequena. Os conteúdos de MgO variam de 5,08 - 6,12 % na região de Ribeira do Nabo e 8,72 - 8,91 % na região Ponta Queimada. Observa-se uma bimodalidade das concentrações de MgO com termos menos diferenciados na Ribeira do Nabo e mais diferenciados em Ponta Queimada. Os estudos petrográficos indicaram uma concentração significativa de xenocristais de olivina e microxenólitos de peridotito em Ponta Queimada, ambos interpretados como de origem mantélica. Esta hipótese também é sustentada pelos conteúdos mais elevados de Ni, Cr e Co (Fig. 27, Tabela 1).

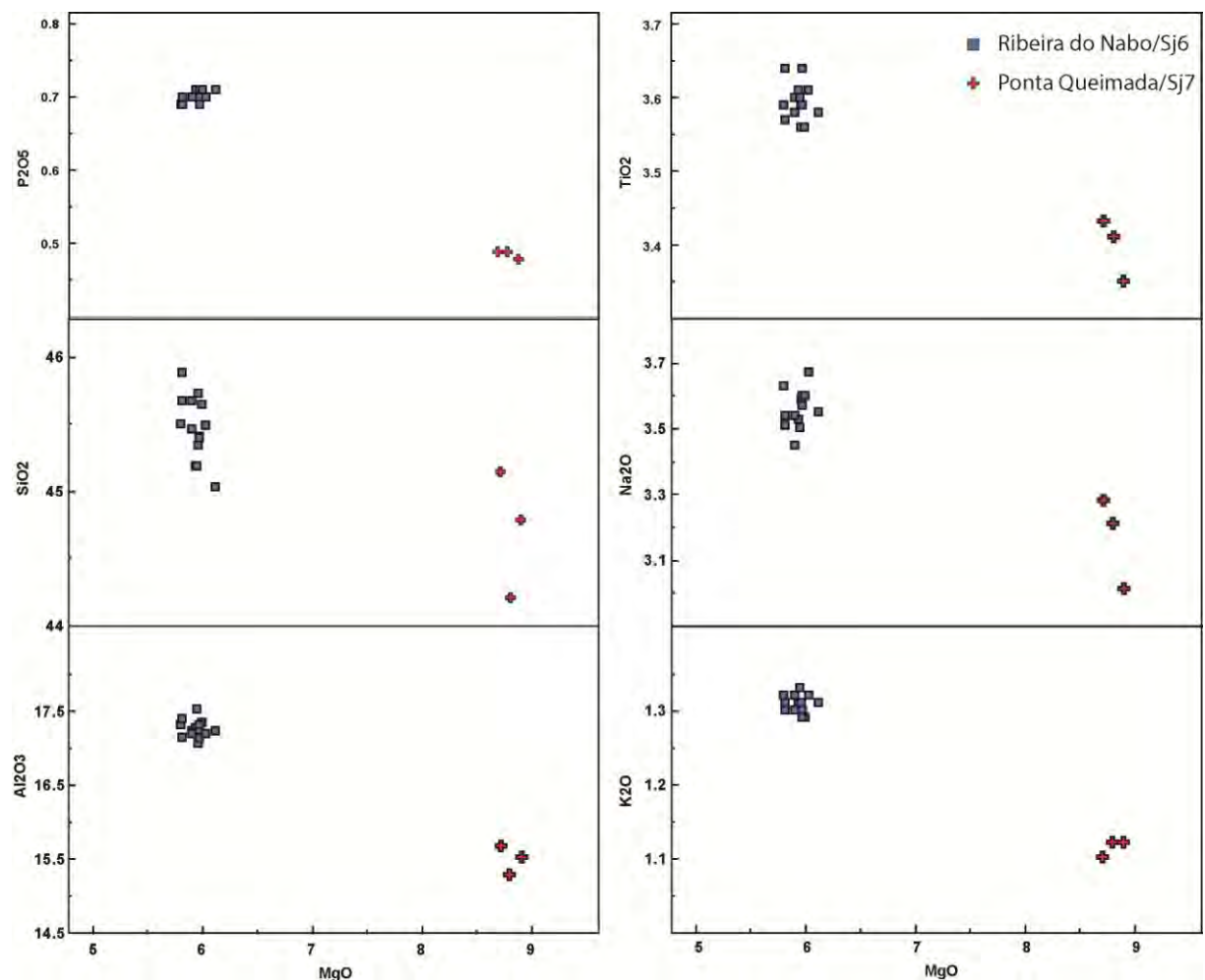


Figura 26 - Diagrama MgO (%) vs. elementos maiores (%) para as rochas da erupção de 1580.

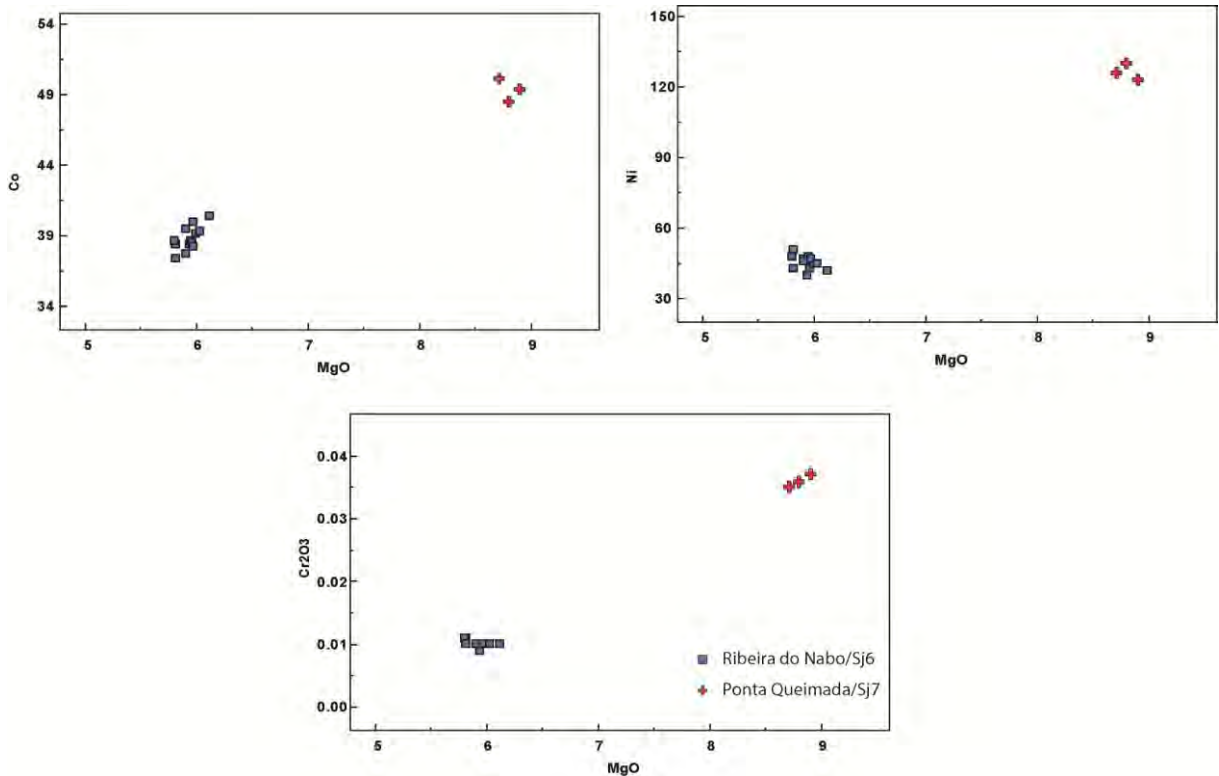


Figura 27 - Diagrama MgO (%) vs. Ni (ppm), Co (ppm) e Cr₂O₃ (%) para as rochas da erupção de 1580.

Nos diagramas de Harker, as amostras da Ribeira do Nabo (Fig. 28) evidenciam um aumento de Al₂O₃ e SiO₂, e uma diminuição de P₂O₅, TiO₂, Na₂O+K₂O e FeO_T com a diferenciação magmática. O aumento nos conteúdos de SiO₂ e Al₂O₃ está associado a cristalização precoce de olivina. A diminuição de P₂O₅ deve estar associada ao fracionamento da apatita e os elevados conteúdos deste óxido são comuns em rochas de afinidade alcalina. A relação simpatética entre os conteúdos de FeO_T e de MgO se deve estar relacionada a cristalização de minerais máficos (olivina e clinopiroxênio) e, juntamente com o decréscimo em TiO₂ com a diferenciação, com a cristalização e fracionamento de óxidos (Ti - magnetita). Os elevados conteúdos de TiO₂ são também compatíveis com a afinidade alcalina.

A diminuição nos conteúdos de álcalis (Na₂O+K₂O) com a diferenciação sugere o fracionamento do plagioclásio. Abaixo de 5,9% de MgO, o CaO possui uma correlação positiva com o MgO, indicando um fracionamento de plagioclásio + clinopiroxênio. Acima de 5,9% de MgO a correlação é negativa e este *trend* pode ter sido controlado pelo fracionamento mais efetivo de olivina.

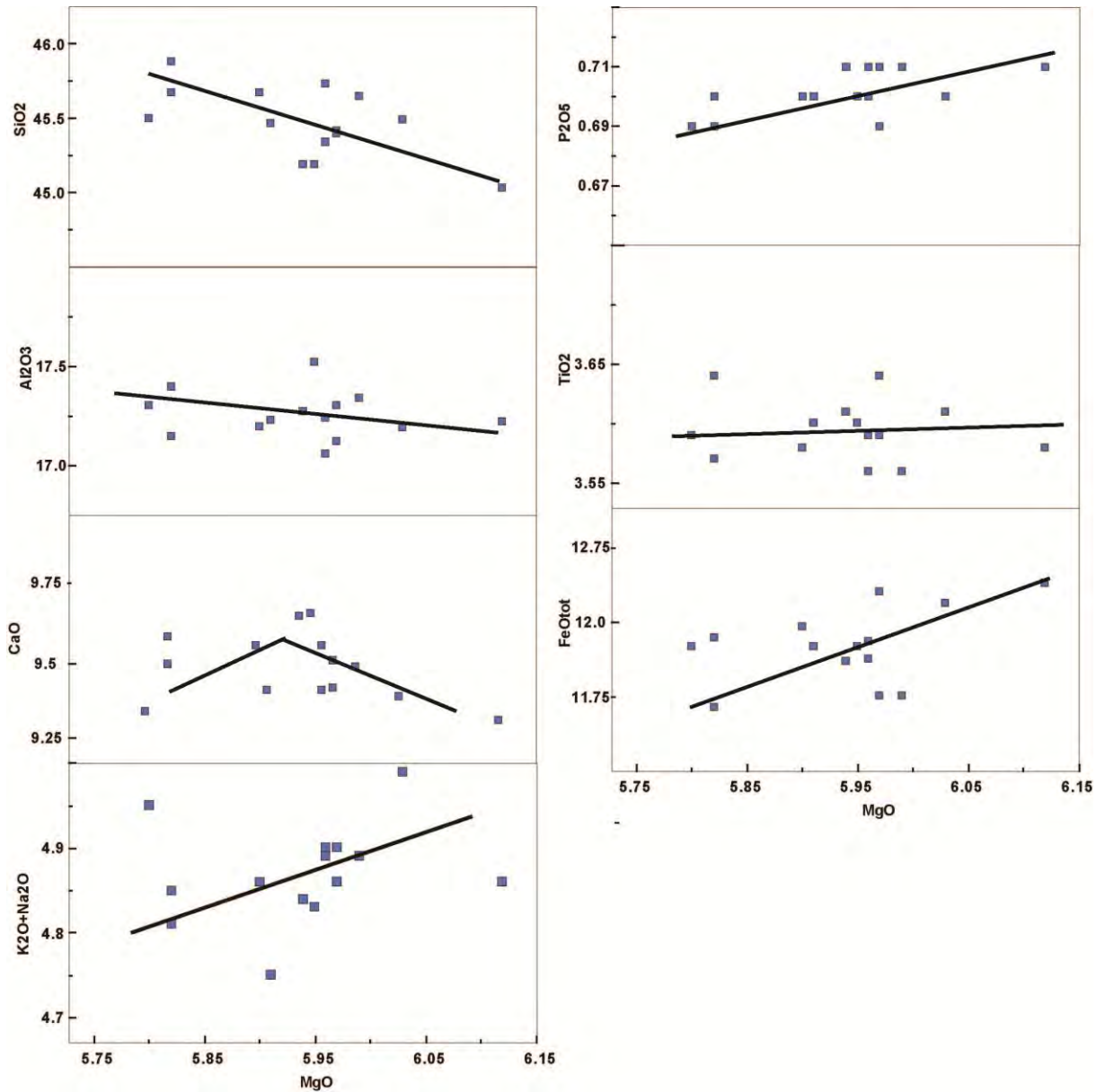


Figura 28 - Diagrama MgO (wt%) vs. elementos maiores das amostras da região Ribeira do Nabo (Sj6).

O padrão dos elementos do grupo das terras raras (ETR) normalizado pelo condrito de Sun & McDonough (1989) (Fig. 29a) destaca uma maior concentração de ETR leves em relação à ETR pesados, comum em líquido básicos extraídos de um manto peridotítico com granada. O diagrama multielementar (Fig. 29b) mostra que padrão de distribuição dos elementos quando normalizados pelo *Ocean Island Basalt (OIB)* de Sun & McDonough (1989) concentram-se em torno da unidade.

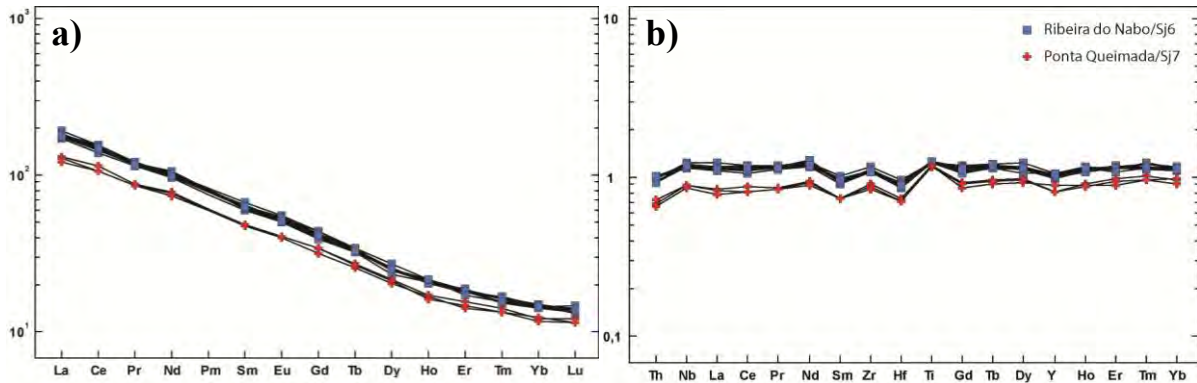


Figura - 29 a) padrão de ETR normalizado por valores de condrito (Sun & McDonough 1989) b) Diagrama multielementar (*spider*) para os elementos incompatíveis das amostras de 1580. Normalizado para valores OIB (Sun & McDonough 1989).

Segundo Pearce, (2008), o diagrama Th/Yb – Nb/Yb permite classificar os basaltos oceânicos em N-MORB e E-MORB (*Middle Ocean Ridge Basalt*) e OIB (*Ocean Island Basalt*). As amostras analisadas ocupam o campo OIB (Fig. 30) sendo também os conteúdos de Th e Nb típicos deste tipo.

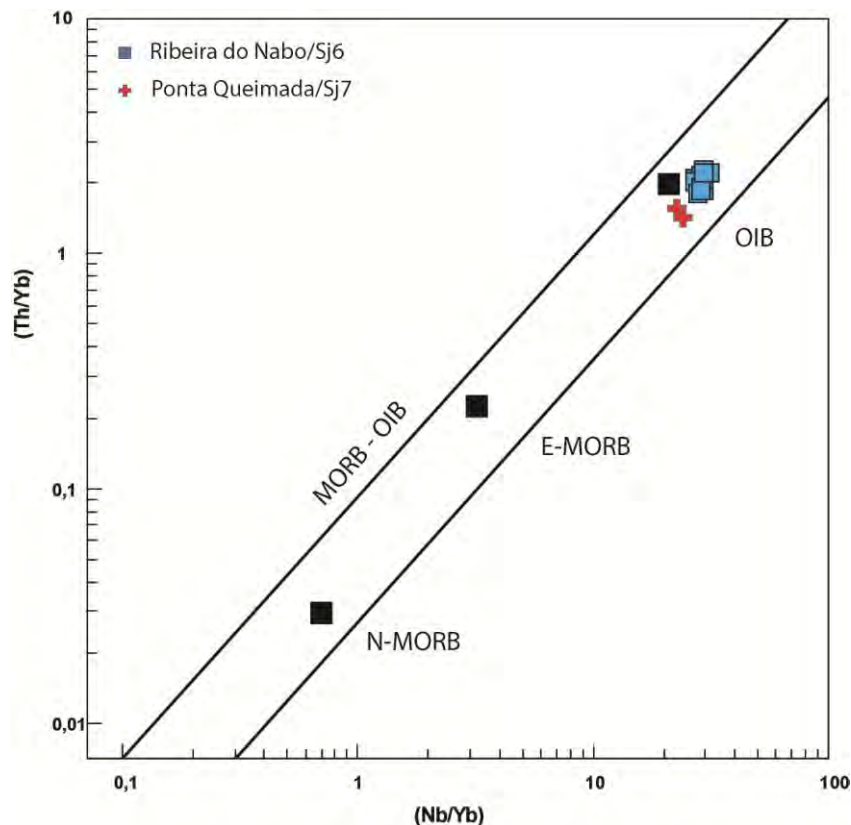


Figura 30 – Diagrama de Pearce (2008) onde todas as amostras ocupam o intervalo MORB-OIB, próximo ao *trend* OIB.

Comparando os padrões dos derrames de 1580 com os propostos por Pearce (2008) para ilhas oceânicas (Fig. 31), aliados aos padrões de distribuição dos ETR (Fig 29a), pode-se sugerir que o magmatismo deste período foi gerado a partir de um grau de fusão pequeno em

uma fonte enriquecida.

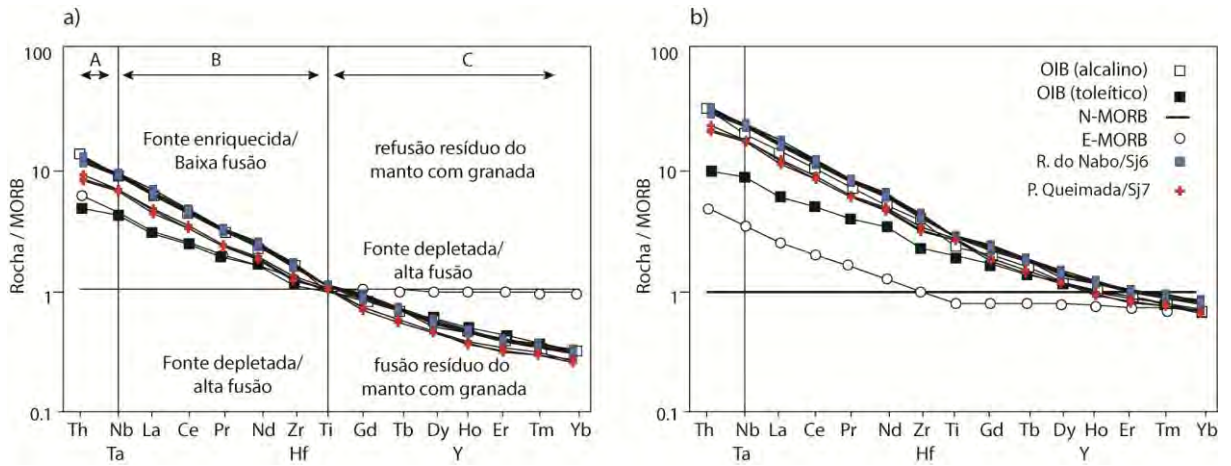


Figura 31 - a) Padrões geoquímicos para ilhas oceânicas normalizados para TiO_2 e b) Padrões geoquímicos de ilhas oceânicas sem normalização. (Pearce, 2008) Estes padrões sugerem que o magmatismo foi gerado a partir de um grau de fusão pequeno em uma fonte enriquecida..

5. CONCLUSÕES

Neste presente trabalho foram identificados diferentes tipos morfológicos de lavas básicas do vulcanismo pós-insular de 1580 na Ilha de São Jorge, Arquipélago dos Açores. Estes podem ser utilizados para inferir parâmetros físicos como taxa de efusão além da topografia quando foi estabelecido o vulcanismo.

Os estudos nas regiões de Ribeira do Nabo e Ponta Queimada permitiram reconhecer quatro tipos morfológicos para o vulcanismo de 1580: *pahoehoe*, *slabby pahoehoe*, *rubbly pahoehoe* e *‘Ă’a*. Na região de Ribeira do Nabo estes tipos são encontrados de forma desorganizada no mesmo afloramento. A topografia sub-horizontal favoreceu a colocação dos derrames, a preservação de uma crosta externa e a inflação interna. Os derrames *pahoehoe* apresentam superfícies em corda, rugosa ou lisa, preservada indicando uma baixa taxa de efusão. *Slabby pahoehoe* e *rubbly pahoehoe* possuem superfície rompida indicando o aumento ou oscilações acentuadas na alimentação do fluxo, provavelmente pelo aumento da taxa de efusão. Derrames do tipo *‘Ă’a* também são encontrados junto aos demais tipos, sugerindo uma maior efusividade com a canalização de algumas lavas em topografias mais acentuadas.

Na região de Ponta Queimada, foram identificados derrames *‘Ă’a*, *rubbly pahoehoe* com espessuras de 3 a 5 m e lobos *pahoehoe* secundários. Nesta área, sugere-se que as taxas de efusão foram mais elevadas em relação à Ribeira do Nabo devido à espessura dos derrames, permitindo a inflação interna dos derrames gerando o rompimento das superfícies. Os lobos *pahoehoe* são gerados pelo rompimento do núcleo dos derrames mais espessos e também ocupando os espaços entre derrames.

Petrograficamente, as rochas foram classificadas como olivina basaltos e subdivididas em *rubbly / ‘Ă’a* e *pahoehoe / slabby pahoehoe*. O núcleo do tipo *rubbly / ‘Ă’a* é vesiculado com uma matriz holocristalina fina a muito fina rica em micrólitos de plagioclásio (0,06 - 0,25 mm). É comum textura porfírica e intergranular, e grande população de microfenocristais de plagioclásio (<1 mm). Na região de Ponta Queimada, os núcleos dos derrames *rubbly/‘Ă’a* possuem escassos fenocristais de plagioclásio e textura *diktytaxítica* e traquítica. Os núcleos dos tipos *pahoehoe / slabby pahoehoe* são vesiculados com matriz fanerítica fina (0,1 - 0,3 mm), texturas intergranular, mais raramente subofítica, glomeroporfírica e porfírica com fenocristais de plagioclásio (1,8 - 3,2 mm), clinopiroxênio (1,2 - 3,2 mm) e olivina (1,2 - 1,4 mm).

Foram descritas para os basaltos de 1580 tipos de porosidade primária: (microvesicular, vesicular e intracristalina) e secundária (móldica e microfraturas). Nos derrames tipo *rubbly /`A`a*, o limite entre o topo brechado e o núcleo é marcado por zonas com megavesículas. Na região de Ribeira do nabo, este tipo morfológico apresenta uma porosidade primária vesicular de 12-21 % e secundária de 1-3 % - móldica por dissolução de mineralogia primária. Na região de Ponta Queimada, o núcleo dos derrames tipo *rubbly/`A`a* são microvesiculares, com uma porosidade de 5 %. Os tipos *pahoehoe / slabby pahoehoe* possuem uma porosidade primária de 23 – 21 %, caracterizada por vesículas arredondadas e uma porosidade secundária (móldica, dissolução de minerais primários e microfraturamento) de 2-3 %.

Os dados geoquímicos dos basaltos da erupção de 1580 indicam uma afinidade magmática alcalina com os termos menos diferenciados localizados na região de Ponta Queimada. Esta característica geoquímica pode estar relacionada à presença de um maior conteúdo de xenocristais de olivina e microxenólitos de peridotitos.

Os padrões geoquímicos obtidos em 17 amostras de Ribeira do Nabo indicam correlações entre os elementos maiores versus o índice de diferenciação (MgO) que podem ser explicadas pela cristalização inicial de fases máficas (olivina e clinopiroxênio, apatita e titanomagnetita) com uma maior influência do plagioclásio nos termos mais diferenciados.

Os padrões de ETR's, dos basaltos de 1580, normalizado pelo condrito e o diagrama multielementar normalizado por padrões *OIB* e *MORB* sugerem que a origem dos basaltos do vulcanismo de 1580 está relacionada a graus de fusões baixos em fontes profundas, coerente com os padrões *OIB* alcalino identificados nestas amostras.

O presente estudo é uma contribuição geológica envolvendo a tipificação das morfologias dos basaltos, a petrografia e a geoquímica desta fase vulcânica. A investigação das sucessões de fases vulcânicas, como a descrita para o vulcanismo de 1580, permite compreender a história geológica pós-insular de ilhas oceânicas.

REFERÊNCIAS

- Argus, D.F., Gordon, R.G., DeMets, C. & Stein, S. (1989). Closure of the Africa-Eurasia-North America plate motion circuit and the tectonics of the Gloria fault. *Journal of Geophysical Research*, 94: 5585–5602.
- Aubele, J.C., Crumpler, I.S. & Elston, W.E. (1988). Vesicle zonation and vertical structure of basalt flows. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 35: 349-374.
- Bufo, E., Udias, A. & Colom, M.A., (1988). Seismicity, source mechanisms and tectonics of the Azores-Gibraltar plate boundary. *Tectonophysics*. 152: 89-118.
- Cannat, M., Briais, A., Deplus, C., Escartin, J., Georgen, J., Lin, J., Mercouriev, S., Meyzen, C., Muller, M., Pouliquen, G., Rabain, A. & da Silva, P. (1999). Mid-Atlantic Ridge-Azores hotspot interactions: along-axis migration of a hotspot-derived event of enhanced magmatism 10 to 4 Ma ago. *Earth and Planetary Science Letters*, 173 (3), 257–269.
- Duraiswami, R.A., Gadpallu, P., Shaikh, T.N. & Cardin, N. (2013). Pahoehoe–a'a transitions in the lava flow fields of the western Deccan Traps, India-implications for emplacement dynamics, flood basalt architecture and volcanic stratigraphy. *Journal Asian Earth Science*, 84, 146–166.
- Dutton, C.E. (1884). Hawaiian volcanoes: U. S. *Geological Survey professional paper 4th Annual Report*, pp. 75-219.
- Fojaz, V.H. & Fernandes, N.S.M. (1975). Notícia explicativa das folhas A e B da ilha de São Jorge (Açores). da Carta Geológica de Portugal na escala de 1:50000. Serviço Geológico de Portugal, Lisboa, Portugal.
- Fojaz, V.H. (1988). Azores study tour. Field trip guide: Seminar on the prediction of earthquakes. *Economic Commission. for Europe*. U.N., Lisbon, 26 pp.
- Galehouse, J.S. (1971). Point counting. In Carver, R.E. (Ed.), *Procedures in Sedimentary Petrology*: New York (Wiley-Interscience), 385–407
- Gente, P., Dymant, J., Maia, M. & Goslin, J. (2003). Interaction between the Mid-Atlantic Ridge and the Azores hotspot during the last 85 Myr: emplacement and rifting of the hotspot-derived plateaus. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4, 8514.
- Guilbaud, M. N., Thordarson, T. & Blake, S. (2005). Morphology, surface structures, and emplacement of lavas produced by Laki, A.D., 1783–1784. In: Manga, M., Ventura, G. (Eds.), *Kinematics and Dynamics of Lava Flows. Geological Society of America Special Paper*, vol. 396, pp. 81–102.
- Hildenbrand, A., Madureira, P., Marques, P.O., Cruz, I., Henry, B. & Silva, P. (2008). Multi-stage evolution of a sub-aerial volcanic ridge over the last 1.3 Myr: S. Jorge Island, Azores Triple Junction. *Earth and Planetary Science Letters*, 273: 289-298.
- Hon, K., Gansecki, C. & Kauahikaua, J. (2003). The transition from 'a' ā to pāhoehoe crust on flows emplaced during the Pu'u'Ō'ō-Kū paianaha eruption. *United States Geological Survey professional paper*, 1676: 89-103.
- Hon, K., Kauahikaua, J., Denlinger, R. & Mackay, K. (1994). Emplacement and inflation of pahoehoe sheet flows: Observations and measurements of active lava flows on Kilauea, Hawaii. *Geological Society of America Bulletin*, 106: 351–370.
- Johnson R. W., Jaques A. L., Hickey R. L. McKee, C. O. & Chappell, B. W. (1985). Manam Island, Papua New Guinea: Petrology And Geochemistry Of A Low-TiO₂ Basaltic Island-Arc Volcano, *Journal Of Petrology*, Vol. 26 N 2 Pag 283
- Kilburn, C. (1990). Surfaces of Aa Flows-fields on Mount Etna, Sicily: Morphology, rheology, crystallization and scaling phenomena. Fink, J.H. (ed.) *Lava Flows and Domes*, Berlin, Springer-Verlag, p.: 129-156.

- Laughton, A.S. & Whitmarsh, R.B. (1974). The Azores- Gibraltar plate boundary. In: L. Kristjansson (Editor), *Geodynamics of Iceland and the North Atlantic Area*. Reidel, Dordrecht, pp. 63-81.
- LeBas, M.J., LeMaitre, R.W., Streckeisen, A. & Zanettin, B. (1986), A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram: *Journal of Petrology*, v. 27, p. 745-750.
- Looock, S., Van Wyk de Vries, B., Henot, J. (2010). Clinker formation in basaltic and trachybasaltic lava flows. *Bulletin of Volcanology* 72, 859-870.
- Lourenço, N., Miranda, J., Luis, J., Ribeiro, A., Mendes-Victor, L., Madeira, J. & Needham, H. 1998. Morpho-tectonic analysis of the Azores Volcanic Plateau from a new bathymetric compilation of the area. *Marine Geophysical Researches*, 20: 141–156.
- Luís, J.F., Miranda, J.M., Galdeano, A., Patriat, P., Rossignol, J.C. & Mendes Victor, L.A. (1994). The Azores Triple Junction evolution since 10 Ma from an aeromagnetic survey of the Mid-Atlantic Ridge. *Earth and Planetary Science Letters* 125, 439–459.
- Macdonald, G.A. (1953). Pahoehoe, aa, and block lava. *American Journal of Science*, 251:169-191.
- Madeira, J & Ribeiro, A. (1990). Geodynamic models for the Azores triple junction: a contribution from tectonics. *Tectonophysics*, 184, (3/4), 405 – 415.
- Madeira, J.E.O. (1998). *Estudos de neotectónica nas ilhas do Faial, Pico e S. Jorge: uma contribuição para o conhecimento geodinâmico da junção tripla dos Açores*. Lisboa, 481p Tese de Doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Geodinâmica Interna. Universidade de Lisboa.
- Maia, M., Hémond, C. & Gente, P. (2001). Contrasted interactions between plume, upper mantle, and lithosphere: foundation chain case. *Geochemistry, Geophysical, Geosystems*, 22000GC000117.
- McKenzie, D. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal Research Astronomical Society*, 30: 1099-1185.
- Mendes, V.B.; Madeira, J.; Brum Da Silveira, A.; Trota, A.; Elósegui, P. & Pagarete, J. (2013). Present-day deformation in São Jorge Island, Azores, from episodic GPS measurements (2001- 2011). *Advances in Space Research*, 51: 1581-1592.
- Morgan, W.J. (1972). Deep mantle convection: plumes and plate motion, 1972. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 56: 203–213.
- Murcia, H., Nemeth, K., Moufti, M.R., Lindsay, J.M., El-Masry, N, Cronin, S.J. & Qaddah A., Smith I.E.M. (2014). Late Holocene lava flow morphotypes of northern Harrat Rahat, Kingdom of Saudi Arabia: Implications for the description of continental lava fields *Journal of Asian Earth Sciences* 84 131-145
- O'Connor, J.M., Stoffers, P. & Wijbrans, J.R. (1998). Migration rate of volcanism along the Foundation Chain, SE Pacific. *Earth and Planetary Science Letters*, 164: 41–59.
- O'Connor, J.M., Stoffers, P. & Wijbrans, J.R. (2002). Pulsing of a focused mantle plume: evidence from the distribution of foundation chain hotspot volcanism. *Geophysical Research Letters*, 29 (9).
- Pearce, J.A. (2008) Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100: 14–48.
- Peterson, D.W. & Tilling, R.T. (1980). Transition of basaltic lava from pahoehoe to aa, Kilauea volcano, Hawaii; field observations and key factors, in McBirney, A.R., ed., Gordon A. Macdonald memorial volume: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 7, no. 3–4, p. 271–293.
- Petrelli, M. (2007). Petrograph: A new Software to visualize, model, and present geochemical data for Windows. Version beta 2. Perugia (Itália).
- Pinkerton, H. & Sparks, R. S. J. (1976). The 1975 sub-terminal lavas, Mount Etna: A case history of the formation of compound lava field. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1: 176-182.

- Ribeiro, A. (1982). Tectônica de placas: aplicação a sismotectônica e a evolução da fronteira de placas Açores- Gibraltar. *Geonovas*, 1(4): 87-96.
- Rowland, S.K., Walker, G.P.L. (1990). Pahoehoe and aa in Hawaii: volumetric flow rate controls the lava structure. *Bulletin of Volcanology* 52, 615-628.
- Schilling, J.G. (1975). Azores mantle blob: rare earth evidence. *Earth and Planetary Science Letters*, 25, 103–115.
- Searle, R. (1980). Tectonic pattern of the Azores spreading centre and triple junction. *Earth and Planetary Science Letters*, 51: 415-434.
- Self, S., Thordarson, T., Keszthelyi, L., Walker, G. P. L., Hon, K., Murphy, M. T., Long, P. & Finnemore, S. (1996). A new model for the emplacement of Columbia River basalts as large, inflated pahoehoe lava flow fields. *Geophysical Research Letters*, 23: 2689-2692.
- Self, S., Keszthelyi, L.P. & Thordarson, T. (1998). The Importance of pahoehoe. *Annual Review of Earth Planetary Science*, 26, 81–110.
- Sibrant, A.L.R., Marques, F.O. & Hildenbrand, A. (2014). Construction and destruction of a volcanic island developed inside an oceanic rift: Graciosa Island, Terceira Rift, Azores. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 284, 32–45.
- Sruoga P. & Rubinstein N. (2007). Processes controlling porosity and permeability in volcanic reservoirs from the Austral and Neuquén basins, Argentina. *AAPG Bulletin*, v. 91, no. 1, pp. 115–129.
- Sun, S.S., McDonough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society of London, Special Publication* 42, 313–345
- Swanson, D.A. (1973). Pahoehoe flows from the 1969–1971 Mauna Ulu eruption, Kilauea Volcano, Hawaii. *Geological Society of America Bulletin*, 84, 615–626.
- Udías, A., Espinoza, A.F., Mezcua, J., Bufom, E., Vegas, R., Nishenko, S.P., Martínez-Solares, J.M. & López-Arroyo, A. (1986). Seismicity and tectonics of the North African- Eurasian plate boundary (Azores-Iberia-Tunisia). *U.S. Geological Survey. Open-File Rep.* 86-626.
- Vogt, P.R. & Jung, W.Y. (2004). The Terceira Rift as hyper-slow, hotspot-dominated oblique spreading axis: a comparison with other slow-spreading plate boundaries. *Earth and Planetary Science Letters* 218, 77–90.
- White, W.M., Schilling, J.-G. & Hart, S.R. (1976). Evidence for the Azores mantle plume from strontium isotope geochemistry of the Central North Atlantic. *Nature* 263, 659–663.
- Winterer, E.L. & Sandwell, D.T. (1987). Evidence from en-echelon cross-grain ridges for tensional cracks in the Pacific Plate. *Nature*, 329.

APÊNDICES

APÊNDICE A - SEÇÕES COLUNARES.....	65
APÊNDICE B – FOTOMOSAICO	71
APÊNDICE C - DESCRIÇÃO DAS LÂMINAS PETROGRÁFICAS.....	72

APÊNDICE A - SEÇÕES COLUNARES

Ponto/Seção: SJ-06 / Seção 1 Localização: 400113 / 4278802		Data: 05/09/2014 Escala: 1:25		
	Fácies	Ass. Fácies	Estruturas / Fotos	Descrição
	Br	'a'a	(222) sup (215) canal	Bv('a'a) - Basalto porfirítico com fenocristas de plg>cpx>ol, matriz afanítica cor cinza. Lobo irregular com contato interlobado. Muito vesiculado, porém sem um padrão. Topo e base com pouca quantidade de vesículas. Xenólito do manto. ?
	Bv('a'a)			
	Brl	'a'a		Br - Brecha Lapilítica com fragmentos escoriáceos e fragmentos de superfície de corda.
	Bv			
	Brc	Rubbly pahoehoe		Bv - Basalto porfirítico com fenocristas de plg>cpx>ol, matriz afanítica cor cinza. Muito vesiculado sendo a vesiculação paralela ao contato. Topo com alta densidade de vesículas. Núcleo com vesículas irregulares (sheet vesicles). Níveis de graduação do núcleo para o topo, aumentando quantidade e diminuindo o tamanho.
Bv				
				Brc - Brecha tamanho lápili-tufo com fragmentos escoriáceos de 3 a 4 cm, vesiculados com formato irregular. Níveis tamanho bloco possivelmente marcando o contato base e topo entre duas zonas de brecha. Contato irregular com núcleo. Fragmentos de superfície de corda.
				Bv - Basalto porfirítico com fenocristas de plg>cpx>ol, matriz afanítica cor cinza. Lobo irregular com contato interlobado e com reentrâncias da zona de brecha no núcleo e injeções do núcleo na zona de brecha. Núcleo vesiculado, vesículas de 0,5 a 1 cm. Topo com vesiculação milimétrica. Tubos de lava com 18 cm de diâmetro.

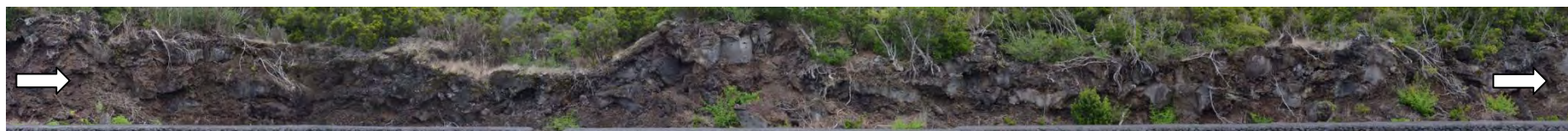
Ponto/Seção: SJ-6 / Seção 2 Localização: 400157 /4278773		Data: 05/09/2014 Escala: 1:25		
	Fácies	Ass. Fácies	Estruturas / Fotos	Descrição
	Bvr	Phh	(185) (204) sup (210) (213) lobo encaixado	(A) Amostra
	Bvr	Phh		Bvr - Basalto porfírico, vesiculado, com fenocristas de plg > cpx > ol, plagioclásio com até 1 cm em matriz afanítica. Menor proporção de vesículas em relação ao lobo inferior. Vesiculação irregular no núcleo e grande quantidade no topo (esféricas). Superfície rugosa.
	Br	Phh		Br - Brecha tamanho lápili-tufo com fragmentos escoriáceos de 3 a 4 cm, vesiculados com formato irregular.
	Bvc			Bvc - Basalto porfírico com fenocristas de plg > cpx > olivina, com superfície em corda.
	Bv	Phh		Bv - Basalto porfírico com fenocristas de plg (5mm) > cpx (3mm) > ol (2mm), plagioclásio com até 2 cm em matriz afanítica. Variação vesicular em direção ao topo. Núcleo com segregação vesicular. Contato interlobado na base e topo. Porção afanítica poróximo a base. Tubo/canal com 14 cm de diâmetro
	Brl			Brl - Brecha lapilítica com fragmentos escoriáceos irregulares tamanho bloco com até 15 cm na base. Tamanho modal lápili (5 cm). Escórias com fenocristais de plagioclásio. Contato irregular com a base do lobo

Ponto/Seção: Sj-06 / Seção 3 Localização: 400203 / 4278758		Data: 05/09/2014 Escala: 1:25		
	Fácies	Ass. Fácies	Estruturas / Fotos	Descrição
<p>Areia Bl Sx Gr G M F Mf S Ag</p> <p>Bloco/bomba Lapilli Cinza</p> <p>(210) superfície em brecha</p>	Br	'a' a		Br - Brecha tamanho lápili-tufo com fragmentos escoriáceos de 3 a 4 cm, vesiculados com formato irregular.
	Bv			Bv - Basalto vesiculado (2-5 mm), porfírtico com fenocristas de plágio(5mm)>cpx(1.2mm)>ol(1.2mm). Base pouco vesiculada, núcleo com grande concentração de vesículas irregulares. Base e topo mais porfírticos e com contato irregular com brecha.
	Brl	'a' a		Brl - Brecha lapilítica com fragmentos escoriáceos irregulares tamanho bloco com até 15 cm na base. Tamanho modal lápili (5 cm). Escórias com fenocristas de plagioclásio. Contato irregular com a base do lobo.
	Bv			Bv - Basalto vesiculado (2-5 mm), porfírtico com fenocristas de até 2 mm plágio>cpx>ol. em matriz afanítica. Piroxênio oxidado. Vesículas coalescentes próximo a zona maciça
	Bm			Bm - Basalto maciço não vesiculado, porfírtico com fenocristas esparsos de plg (com até 1 cm)>cpx>ol.
	Bv			Obs. - 40 cm de brecha e abaixo dela, 50 cm de outro lobo.

Ponto/Seção: Sj-06 / Seção 4 Localização: 400221 / 427852		Data: 05/09/2014 Escala: 1:25		
	Fácies	Ass. Fácies	Estruturas / Fotos	Descrição
	Br	'a`a		<p>Bv - Basalto porfirítico vesiculado com fenocristais de plagioclasa. Megavesículas (canais?) de até 30 cm na parte do núcleo e topo. Vesiculação concentra-se nas porções de borda.</p> <p>Br - Brecha basáltica formada por fragmentos de escória (5-7 cm). Fragmentos irregulares, angulosos e oxidados. Contato irregular no topo e regular na base.</p> <p>Bvc - Basalto porfirítico vesiculado com fenocristais centimétricos de piroxênio. Lobo irregular no topo do derrame, vesiculado. Superfície em corda.</p> <p>Bv - Basalto porfirítico vesiculado. Base pouco vesicular e mais porfirítica. Vesículas circundando núcleo maciço e pouco porfirítico. Crosta externa do derrame é rugosa e borda escoriácea.</p> <p>Br - Brecha basáltica formada por fragmentos de escória (5-7 cm). Fragmentos irregulares, angulosos e oxidados. Zona de brecha cortada por injeções.</p>
	Bv			
	Bm			
	Bv			
	Br	Phh		
	Bvc	'a`a		
	Bv			
Br				

Ponto/Seção: Sj-06 / Seção 5 Localização: 400271 / 4278749		Data: 06/09/2014 Escala: 1:25		
	Fácies	Ass. Fácies	Estruturas / Fotos	Descrição
	Br	Rubbly	(182) alinhamento vesículas	Bv(t) - Basalto porfirítico vesiculado com fenocristais de plágio (até 1cm) > px> ol. Muito vesiculado, sendo irregulares e horizontais em direção ao topo. Superfície lisa no topo com algumas reentrâncias da zona de brecha.
	Bm			Bm - Basalto maciço com fenocristais de plágio > px> ol em matriz afanítica.
	Bv(b)			Bv(b) - Basalto porfirítico vesiculado com fenocristais de plágio (até 1cm) > px> ol. Base pouco vesiculada, contato interlobado com o topo da zona de brecha.
Brp	Slabs + Rubbles	Brp - Brecha basáltica com fragmentos escoriáceos tamanho lapilli-bloco (modal 4 cm) e com fragmentos de placas . Placas/ injeções cortando a zona brechada. Placas porfiríticas com fenocristais de plágio e piroxênio (2-3 mm). Tubos de alientação cortam a zona de brecha (15 cm de diâmetro).		

Ponto/Seção: Sj-06 / Seção 6 Localização: 400311 / 4278741		Data: 06/09/2014 Escala: 1:25		
	Bm	<i>rubby pahoehoe</i>		<p>Bv - Basalto porfírico com fenocristas de plg>cp<x>ol, matriz afanítica cor cinza. Com borda de resfriamento. Padrão de vesiculação: borda com escassas vesículas (1 mm). Aumento em direção ao núcleo com até 2-3 cm). No topo diminuição da quantidade e tamanho das vesículas.</p> <p>Bm - Basalto porfírico, maciço com fenocristas de plg (até 1 cm), piroxênio e olivina esparsa (1 mm), matriz afanítica.</p> <p>Pl - superfície em placa rompida com cerca de 5 a 10 cm.</p> <p>Br - Brecha tamanho lápili-tufo com fragmentos escoriáceos de 3 a 4 cm, vesiculados com formato irregular.</p>
	Bv			
	Br	<i>slabby /rubby pahoehoe</i>		
	Bv (phh)			
	Bm	<i>slabby pahoehoe</i>		
	Pl			
	Bv (phh)	<i>slabby pahoehoe</i>		
	Bm (phh)			
	Pl	<i>slabby pahoehoe</i>		
	Bv (phh)			

APÊNDICE B – FOTOMOSAICO AFLORAMENTO NA REGIÃO DE RIBEIRA DO NABO (WNW – ESSE)

APÊNDICE C - DESCRIÇÃO DAS LÂMINAS PETROGRÁFICAS

Todas as lâminas são do vulcanismo de 1580 ocorrido na Ilha de São Jorge. Sendo SJ6 a sigla dada para a erupção na região de Ribeira do Nabo e SJ7 para a erupção na região Queimadas.

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-1A

SUMÁRIO

Topo de núcleo de derrame do tipo *rubbly pahoehoe*. Basalto vesicular (1 a 10 mm), com matriz fanerítica fina a muito fina formada por plagioclásio, piroxênio, olivina e opacos. Texturas porfírica, glomeroporfírica e em peneira nos fenocristais de plagioclásio. Fenocristais e microfenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Porosidade com cerca de 24%, sendo 5% porosidade secundária. Vesículas arredondadas em uma porção e estiradas na outra porção. Presença de Olivina mantélica(?) e piroxênio acicular tardio(?).

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Vesicular(1.0-10.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino
 Cor(es): Cinza escuro
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Glomeroporfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.0-9.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.04 mm) ao Grosso (6.0 mm)
 Tamanho de cristal modal: Fino (0.31 mm), Muito fino (0.09 mm), Médio (2.0 mm)
 Forma dos cristais / fragmentos
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Vesicular, Subofítica, Glomeroporfírica, Peneira

COMPOSIÇÃO

28.33% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 22.33% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 18.67% Vesícula, Primária;
 9.0% Augita, Prismático, Como matriz;
 5.33% Poro intercrystalino, Dissolução de <Constituinte>;
 4.0% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 3.67% Plagioclásio, Prismático, Como matriz, Alterado;
 3.67% Magnetita, Cúbica, Substituindo constituinte, Cobrindo <Constituinte>, Plagioclásio, Feldspatos;
 2.67% Olivina, Como fenocristal;
 1.67% Magnetita, Como matriz;
 0.67% Olivina, Como matriz;

Classificação: Basalto

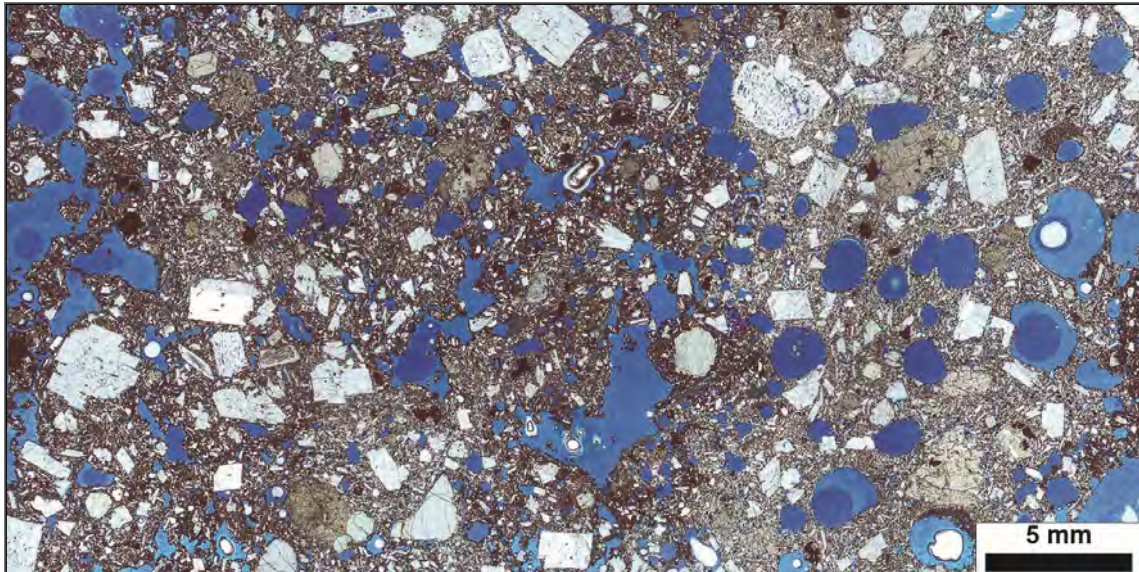


Figura 32 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/1A (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-1C

SUMÁRIO

Base de núcleo de derrame *rubbly pahoehoe*. Basalto vesicular, bastante oxidado com matriz fanerítica fina formada por plagioclásio, olivina/piroxênio oxidados(?). Textura porfírica, glomeroporfírica e em peneira. Fenocristais com tamanhos variados de plagioclásio, piroxênio e olivina. Xenocristais de olivina. Feições de reabsorção no piroxênio. Vesículas alongadas e/ou arredondadas. Porosidade de aproximadamente 21% (18% vesículas primárias, 3% intercristalino e microfraturas).

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:

Estruturas: Vesicular (1.0-10.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Muito fino, Médio
 Cor(es): Preto acinzentado, cinza escuro
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.8-8.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Fino (0.0 mm) ao Grosso (10.0 mm)
 Tamanho de cristal modal: Fino (0.3 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Glomeroporfírica, Peneira

COMPOSIÇÃO

23.33% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 18.67% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 18.0% Vesícula;
 16.33% Matriz oxidada;
 6.67% Plagioclásio, Como matriz, Alterado;
 6.67% Augita, Prismático, Como matriz;
 2.67% Olivina, Como fenocristal;
 2.67% Magnetita, Substituindo constituinte;

1.67% Augita, Como fenocristal;
 1.67% Poro intercrystalino, Dissolução de <Constituinte>;
 0.67% Olivina, Como fenocristal, Incluso em <Constituinte>, Plagioclásio;
 0.33% Plagioclásio, Como glomerocristal;
 0.33% Fratura;
 0.33% Augita, Como glomerocristal;

Classificação: Basalto

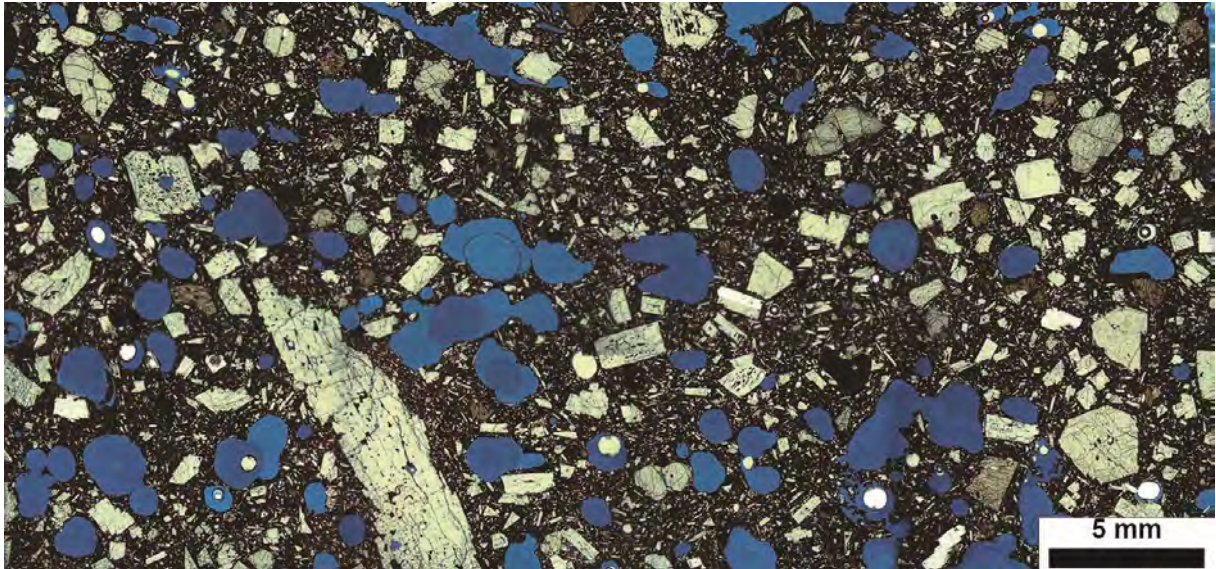


Figura 2 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/1C (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-1D

SUMÁRIO

Topo de núcleo (=SJ6/1-C) de derrame *rubbly pahoehoe*. Basalto vesicular com matriz oxidada muito fina composta por plagioclásio, piroxênio e olivina. Texturas porfírica, glomeroporfírica e em peneira. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Opacos secundários recobrando matriz. Vesículas arredondadas. Rocha com aproximadamente 20 % de porosidade.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:

Estruturas: Vesicular(1.0-8.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Muito fino, Médio
 Cor(es): Preto amarronado, preto acinzentado
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Vesicular

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAS

Estrutura(s): Vesicular (0.4-3.2mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.03 mm) ao Médio (3.2 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.1 mm), Fino (0.4 mm), Médio (2.0 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Glomeroporfírica, Peneira

COMPOSIÇÃO

21.0% Plagioclásio, Na matriz;
 19.67% Vesícula, Primária;
 17.33% Plagioclásio, Como fenocristal;
 14.33% matriz indiferenciada;
 11.0% Augita, Como matriz;
 4.0% Magnetita, Substituindo constituinte;
 3.67% Augita, Como fenocristal;
 3.33% Olivina, Como fenocristal;
 3.33% Olivina, Como matriz;
 1.33% Poro intracristalino, Dissolução de <Constituinte>;
 1.0% Plagioclásio, Como glomerocristal;

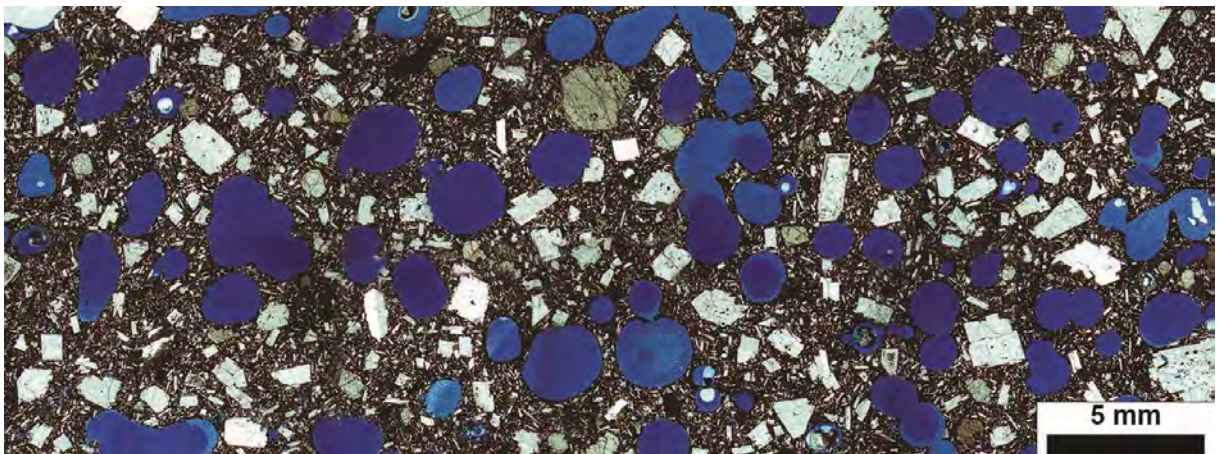
Classificação: Basalto

Figura 3 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/1D (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-2A**SUMÁRIO**

Amostra de zona com textura mais fina (dique?) cortando base de derrame. Matriz cristalina muito fina com grande quantidade de opacos, olivina em abundância (9%) na matriz. Textura porfírica, glomeroporfírica, traquítica e subofítica. Vesículas estiradas paralelamente a textura traquítica. Porosidade de ~18%.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:

Estruturas: Maciça(0.0-0.0), Vesicular(1.0-6.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Médio
 Cor(es): Preto acinzentado N 2Cinza escuro N 3
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.4-7.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.06 mm) ao Grosso (6.0 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.08 mm), Fino (0.2 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Glomeroporfírica, Traquítica, Subofítica

COMPOSIÇÃO

31.0% Plagioclásio, Como matriz;
 18.0% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 14.33% Vesícula, Primária;
 12.0% Augita, Como matriz;
 9.0% Olivina, Como matriz;
 6.67% Magnetita, Substituindo <Constituinte>;
 5.0% Olivina, Como fenocristal;
 3.0% Poro intercrystalino;
 0.67% Plagioclásio, Como glomerocristal;
 0.33% Augita, Como fenocristal;

Classificação: Basalto

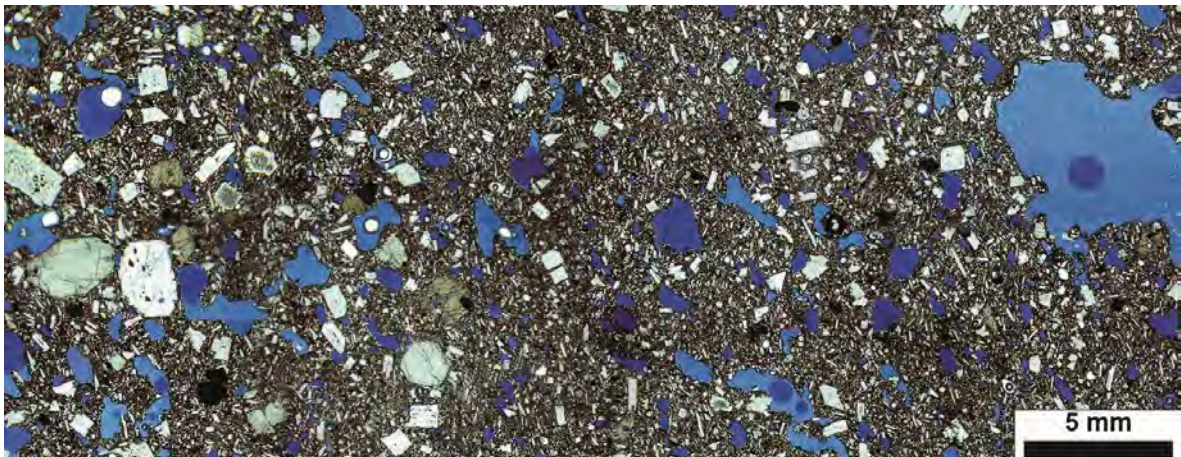


Figura 4 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/2A (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-2B

SUMÁRIO

Lobo de derrame *pahoehoe* com superfície em corda colocado sobre núcleo de derrame *rubbly pahoehoe*. Basalto vesicular (1-6mm) com matriz fina composta por plagioclásio, piroxênio e olivina. Texturas porfírica, intergranular e em peneira. Fenocristais de olivina, plagioclásio e clinopiroxênio. Magnetita recobrendo mineralogia 1°. Porosidade de 23%. 17% vesículas arredondadas, 2% intercrystalina, 3% móldica.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:

Estruturas: Vesicular(1.0-6.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Médio
 Cor(es): Preto acinzentado, Preto amarronado
 Granularidade: Microcristalina
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIIS

Estrutura(s): Vesicular (0.4-2.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.1 mm) ao Médio (4.8 mm)
 Tamanho de cristal modal: Fino (0.2 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Intergranular, Peneira

COMPOSIÇÃO

24.0% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 22.67% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 17.0% Vesícula, Globular, Primária;
 11.67% Augita, Prismático, Como matriz;
 5.67% Magnetita, Substituindo <Constituinte>;
 4.0% Olivina, Como fenocristal;
 3.67% Augita, Como fenocristal;
 2.67% Olivina, Como matriz;
 2.67% Poro móldico;
 2.33% Poro intercrystalino;
 2.33% Magnetita, Primária;
 0.67% Olivina, Como matriz, Alterado;
 0.33% Plagioclásio, Acicular, Como matriz;
 0.33% Fratura;

Classificação: Basalto

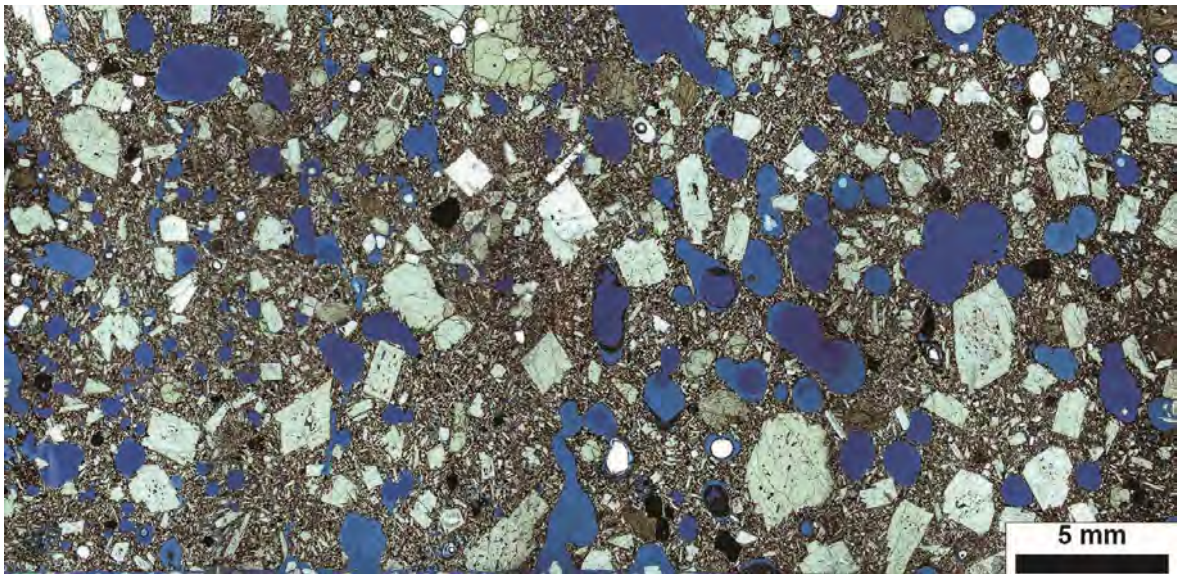


Figura 5 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/2B (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-2C

SUMÁRIO

Lobo de derrame *pahoehoe* com superfície em corda. Basalto vesicular (1 a 4 mm) com matriz cristalina fina formada por plagioclásio piroxênio e olivina. Texturas porfírica e glomeroporfírica. Fenocristais de plagioclásio, olivina e piroxênio. Vesículas arredondadas. Porosidade de ~25%, sendo 23 % vesículas primárias e os outros 2 % secundárias (microfratura, móldica, intercrystalino). Preenchimento parcial de algumas vesículas por zeólita e acículas de piroxênio. Xenocristais de olivina(?).

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:

Estruturas: Vesicular (1.0-4.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino
 Cor(es): Preto amarronado, Preto acinzentado
 Granularidade: Microcristalina
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIIS

Estrutura(s): Vesicular (0.1-5.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina

Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.01 mm) ao Médio (3.2 mm)
 Tamanho de cristal modal: Fino (0.2 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfirítica, Glomeroporfirítica

COMPOSIÇÃO

23.67% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 23.0% Vesícula;
 20.33% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 15.0% Augita, Como matriz;
 4.33% Opaco indiferenciado;
 4.0% Olivina, Prismático, Como fenocristal;
 2.33% Olivina, Como matriz;
 2.33% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 1.33% Poro intercrystalino;
 1.33% Clinopiroxênio indiferenciado, Acicular, Preenchendo vesícula;
 1.0% Poro móldico;
 1.0% Zeolita indiferenciada, Preenchendo vesícula;
 0.33% Fratura;

Classificação: Basalto

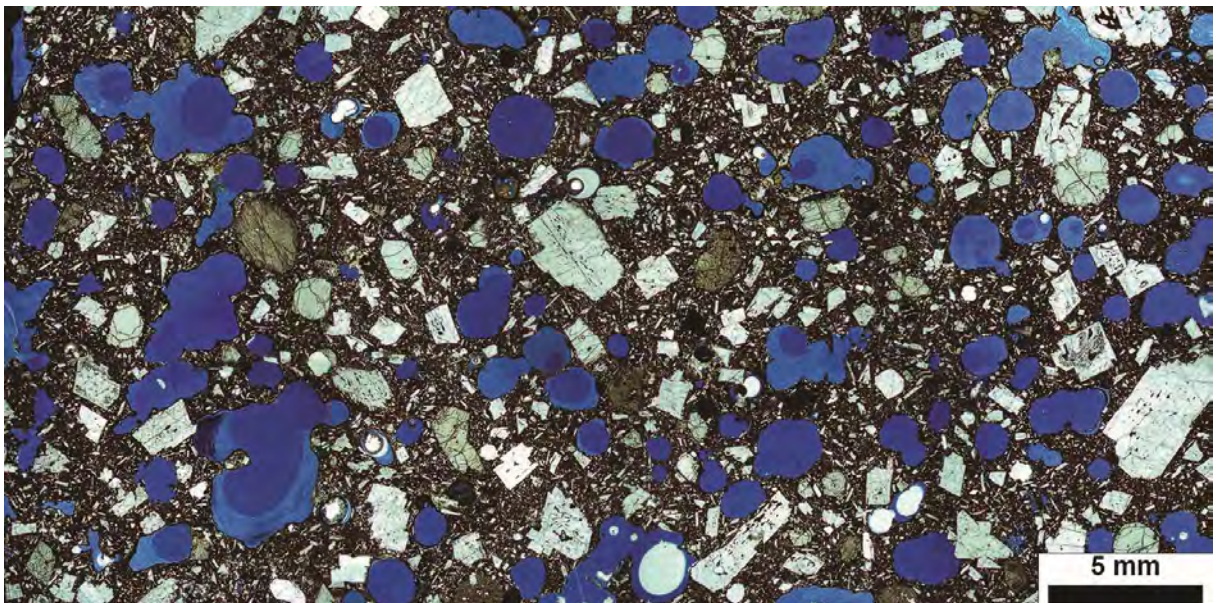


Figura 6 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/2C (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-2D

SUMÁRIO

Derrame *pahoehoe*. Basalto vesicular (0.08- 4.8 mm) com matriz fanerítica muito fina composta por plagioclásio, piroxênio, opaco e olivina. Texturas porfirítica, intergranular e em peneira (plagioclásio). Fenocristais de plagioclásio, olivina e piroxênio. Glomerocristais de olivina. Porosidade de ~26% (24% primário). Vesículas estiradas, algumas estão parcialmente preenchidas por argilominerais e zeolita, outras por piroxênio acicular. Olivina mantélica?;

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS:

Estruturas: Vesicular (1.0-16.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino
 Cor(es): Preto amarronado, cinza escuro

Granularidade: Fanerítica
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática, Acicular
 Textura(s): Porfírica, Vesicular

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.08-4.8mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.03 mm) ao Médio (4.9 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.06 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Intergranular, Peneira

COMPOSIÇÃO

23.67% Vesícula;
 22.67% Plagioclásio, Como matriz;
 20.67% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 15.33% Augita, Como matriz;
 3.67% Opaco indiferenciado, Cobrindo <Constituinte>, Na matriz;
 3.0% Opaco indiferenciado, Na matriz;
 2.67% Poro móldico;
 2.33% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 2.33% Olivina, Como fenocristal;
 1.0% Olivina, Como glomerocristal;
 1.0% Opaco indiferenciado, Cobrindo <Constituinte>, Como glomerocristal;
 1.0% Olivina, Como matriz;
 0.67% Poro intracristalino, Em <Constituinte>, Plagioclásio, Feldspatos, Como fenocristal;

Classificação: Basalto

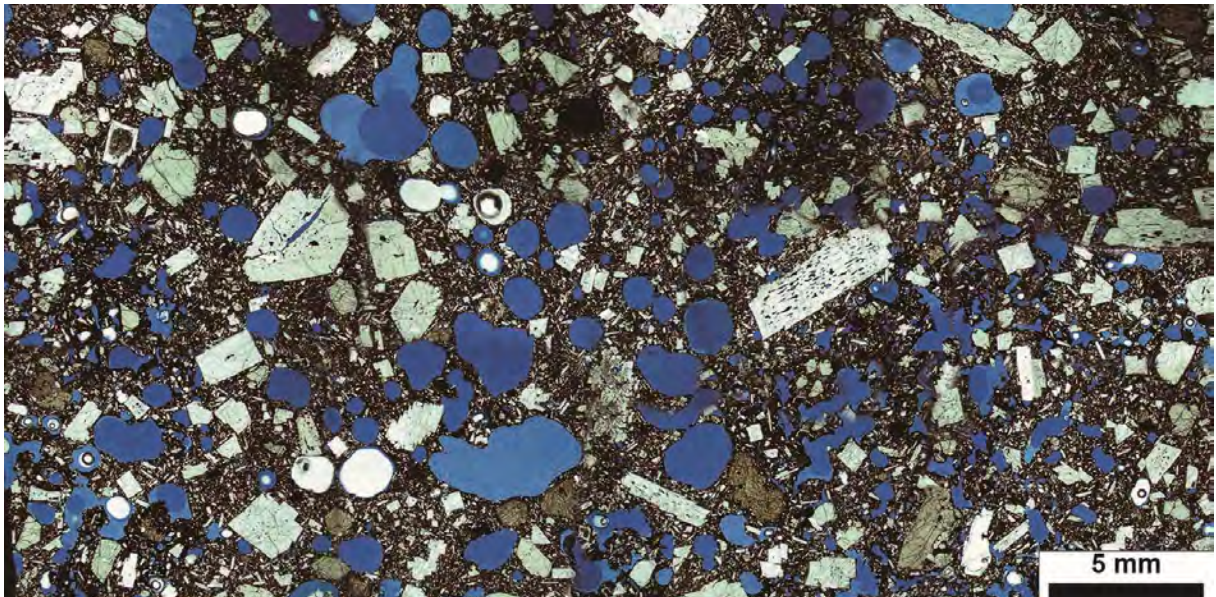


Figura 7 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/2D (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-3A

SUMÁRIO

Amostra de núcleo de derrame *rubbly pahoehoe*. Basalto vesicular (1 -11 mm) com matriz cristalina muito fina formada por plagioclásio, clinopiroxênio e olivina. Textura porfírica, glomeroporfírica, intergranular, ofítica. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina, grande população de microfenocristais finos. Glomerocristais

de Olivina + plagioclásio, plagioclásio+piroxênio Fragmentos de colapso do topo do derrame.Porosidade de ~18%. Vesículas estiradas 15%).

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Vesicular(1.0-11.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Médio
 Cor(es): Preto acinzentado, Cinza escuro médio
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.06-4.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.06 mm) ao Médio (4.8 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.07 mm)
 Forma dos cristais / fragmentos
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática, Acicular
 Textura(s): Porfírica, Intergranular, Glomeroporfírica, Peneira

COMPOSIÇÃO

27.0% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 19.67% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 15.67% Vesícula;
 14.33% Augita, Prismático, Como matriz;
 6.0% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 5.33% Opaco indiferenciado;
 4.67% Olivina, Prismático, Como fenocristal;
 2.67% Olivina, Prismático, Como matriz;
 2.0% Augita, Como matriz, Substituído, Substituído por <Constituinte>, Opaco indiferenciado;
 1.33% Poro móldico;
 1.33% Poro intercristalino;

Classificação: Basalto

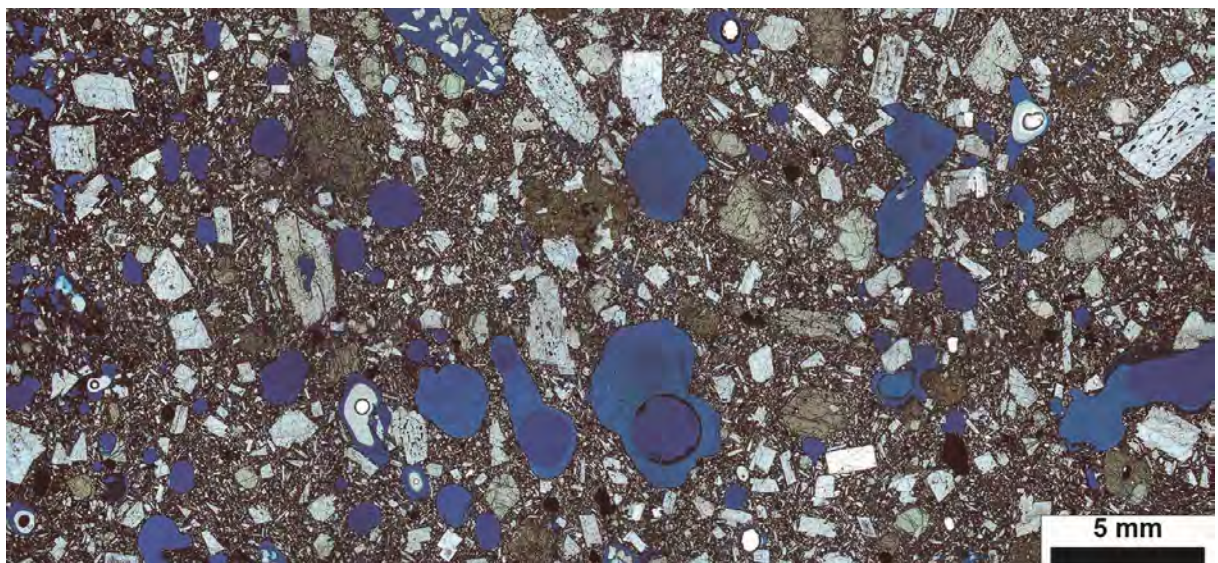


Figura 8 - Visão geral da lâmina delgada SJ6-3A (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-3B**SUMÁRIO**

Reentrâncias do núcleo de derrame *rubbly pahoehoe* na zona de topo brechada. Basalto vesicular (2-6 mm) com matriz fanerítica fina muito oxidada (oxidação pela quebra). Textura porfírica e glomeroporfírica, com fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Grande população de microfenocristais finos. Textura subofítica. Porosidade de 18% - Vesículas estiradas;); glomerocristais de olivina+plagioclásio.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Vesicular (2.0-6.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Muito fino
 Cor(es): Preto amarronado, cinza escuro
 Granularidade: Fanerítica
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.1-5.5mm)
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.1 mm) ao Médio (4.0 mm)
 Tamanho de cristal modal: Fino (0.15 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica

COMPOSIÇÃO

27.33% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 22.0% Plagioclásio, Como matriz;
 17.33% Vesícula;
 7.67% Augita, Como matriz, Alterado, Sendo coberto por <Constituinte>, Opaco indiferenciado,
 6.0% Augita, Como matriz;
 4.67% Opaco indiferenciado;
 3.33% Olivina, Prismático, Como fenocristal;
 3.33% Opaco indiferenciado, Substituindo constituinte, Substituído;
 3.0% Poro móldico;
 2.0% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 1.0% Plagioclásio, Como glomerocristal;
 1.0% Olivina, Como matriz;
 0.67% Poro intercrystalino;
 0.67% Olivina, Como glomerocristal;

Classificação: Basalto

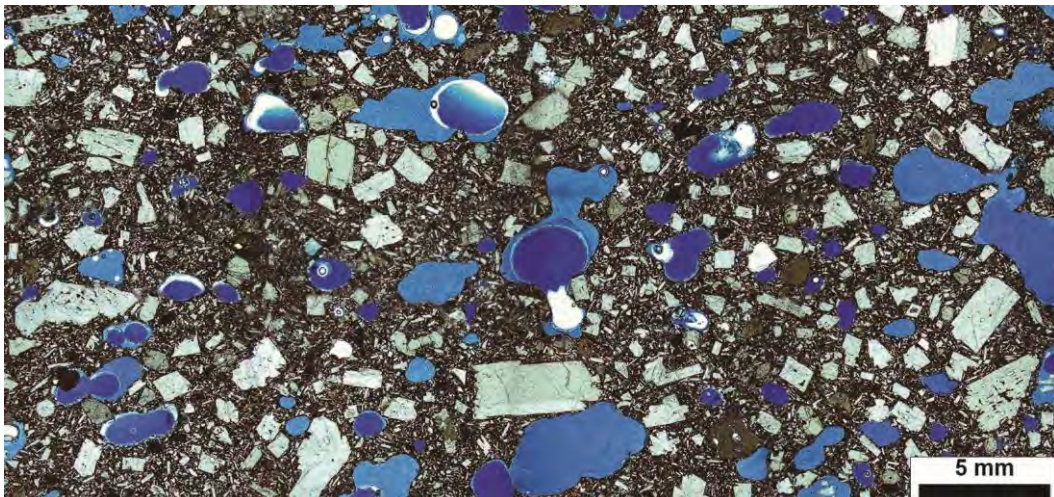


Figura 9 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/3B (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-3C**SUMÁRIO**

Amostra de núcleo de derrame *rubbly pahoehoe*. Basalto vesicular (1-3mm) com matriz cristalina muito fina. Textura porfirítica, glomeroporfirítica e de reabsorção do plagioclásio. Fenocristais de olivina, plagioclásio e clinopiroxênio. Porosidade de 12%. Vesículas 6%, intergranular 1%, móldica 4% e intracristalina 1%.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: vesicular(1.0-3.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Médio
 Cor(es): Cinza escuro, Cinza escuro médio
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfirítica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.16-3.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.03 mm) ao Médio (3.5 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.09 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfirítica, Glomeroporfirítica, Peneira

COMPOSIÇÃO

27.0% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 24.67% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 18.0% Augita, Prismático, Como matriz;
 8.33% Opaco indiferenciado, Cobrindo <Constituinte>;
 6.33% Vesícula;
 5.0% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 4.67% Olivina, Como fenocristal;
 4.0% Poro móldico;
 1.0% Poro intercristalino;
 0.67% Olivina, Como matriz;
 0.33% Poro intracristalino;

Classificação: Basalto

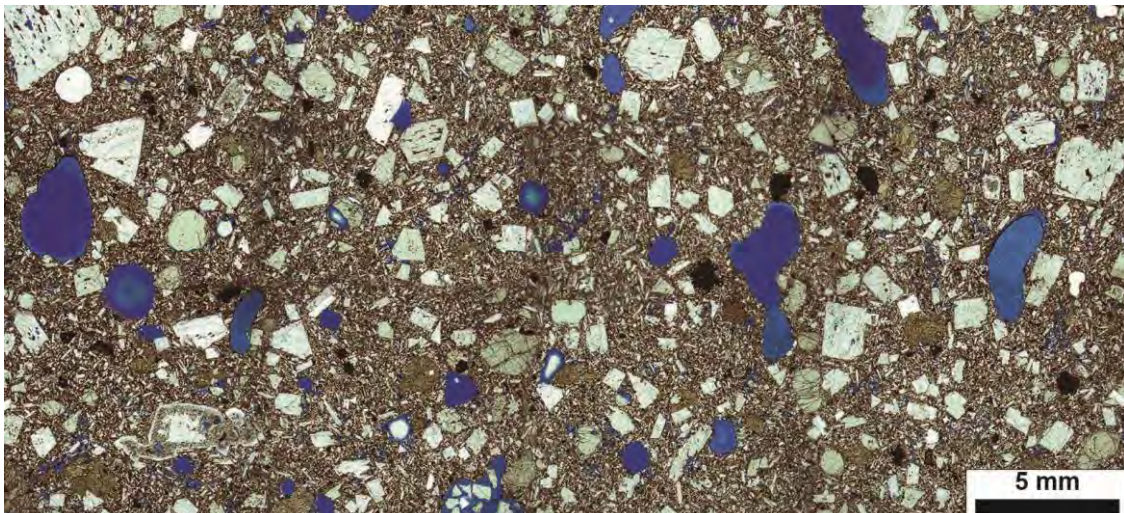


Figura 10 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/3C (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-4A**SUMÁRIO**

Amostra de base de núcleo de *rubbly pahoehoe*. Basalto vesicular (1-6 mm) com matriz fanerítica muito fina muito oxidada com posta por plagioclásio, piroxênio, olivina e opacos. Textura porfírica e glomeroporfírica, e em peneira. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Glomerocristais de olivina. Porosidade 22%, sendo 19% primária e os outros 3 % intracristalina e móldica.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Maciça, Vesicular(1.0-7.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino
 Cor(es): Preto acinzentado, cinza escuro
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.1-6.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.06 mm) ao Grosso (10.0 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.06 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Glomeroporfírica, Peneira

COMPOSIÇÃO

23.67% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 19.0% Vesícula;
 18.0% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 11.0% Augita, Como matriz;
 7.0% Óxido indiferenciado;
 4.0% Augita, Como matriz, Alterado, Sendo coberto por <Constituinte>, Óxido indiferenciado, Outros óxidos;
 4.0% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 4.0% Opaco indiferenciado, Cobrindo <Constituinte>;
 3.67% Olivina, Como fenocristal;
 1.67% Poro intracristalino;
 1.67% Olivina, Como matriz;
 1.33% Poro móldico;
 0.67% Plagioclásio, Como glomerocristal;
 0.33% Poro intercristalino;

Classificação: Basalto

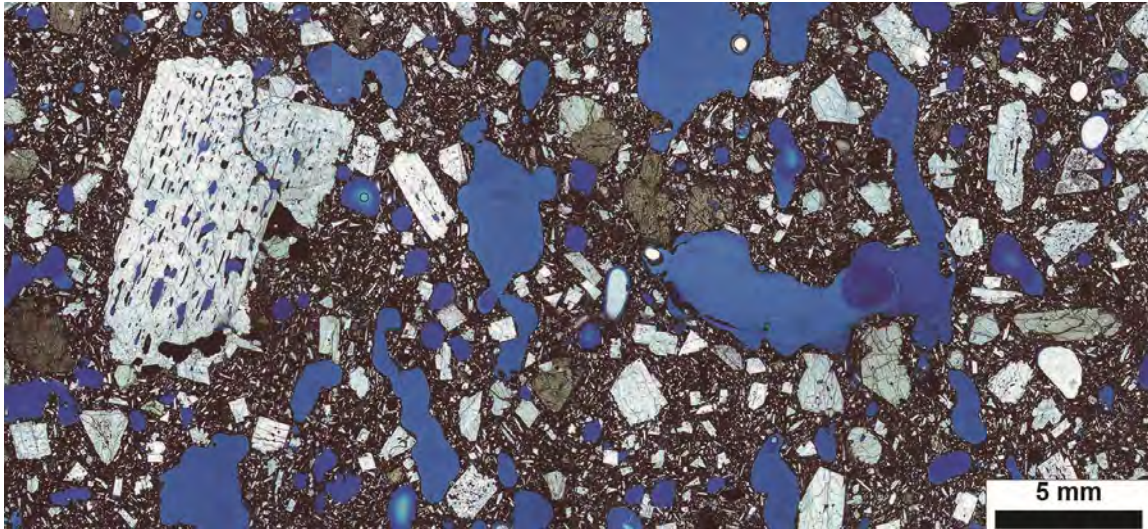


Figura 11 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/4A (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-4B

SUMÁRIO

Amostra de lobo *pahoehoe*. Basalto vesicular (1-5 mm) com matriz fanerítica muito fina a fina a composta por plagioclásio, piroxênio, olivina. Textura porfírica, glomeroporfírica e intergranular. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Glomerocristais de olivina. Porosidade 14% (toda primária, vesículas + intergranular. Cristais aciculares de opacos; união de vesículas, glomerocristais de olivina+plagioclásio+augita (microfenocristais); cristais ripidiformes de augita na matriz; fenocristais de plagioclásio zonados, opacos cobrindo matriz.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Maciça, Vesicular(1.0-10.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Médio
 Cor(es): Cinza escuro, Preto acinzentado
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.1-5.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.04 mm) ao Médio (3.0 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.1 mm), Fino (0.3 mm)

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos:
 Prismática, Acicular
 Textura(s): Porfírica, Glomeroporfírica, Intergranular

COMPOSIÇÃO

26.67% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 23.0% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 16.67% Augita, Prismático, Como matriz;
 12.33% Vesícula;
 4.33% Augita, Como fenocristal;

4.33% Opaco indiferenciado, Cobrindo <Constituinte>;
 3.67% Poro móldico;
 2.67% Olivina, Como fenocristal;
 1.67% Olivina, Como matriz;
 1.67% Opaco indiferenciado, Acicular;
 1.33% Poro intercrystalino;
 1.33% Plagioclásio, Como glomerocristal;
 0.33% Augita, Como glomerocristal;

Classificação: Basalto

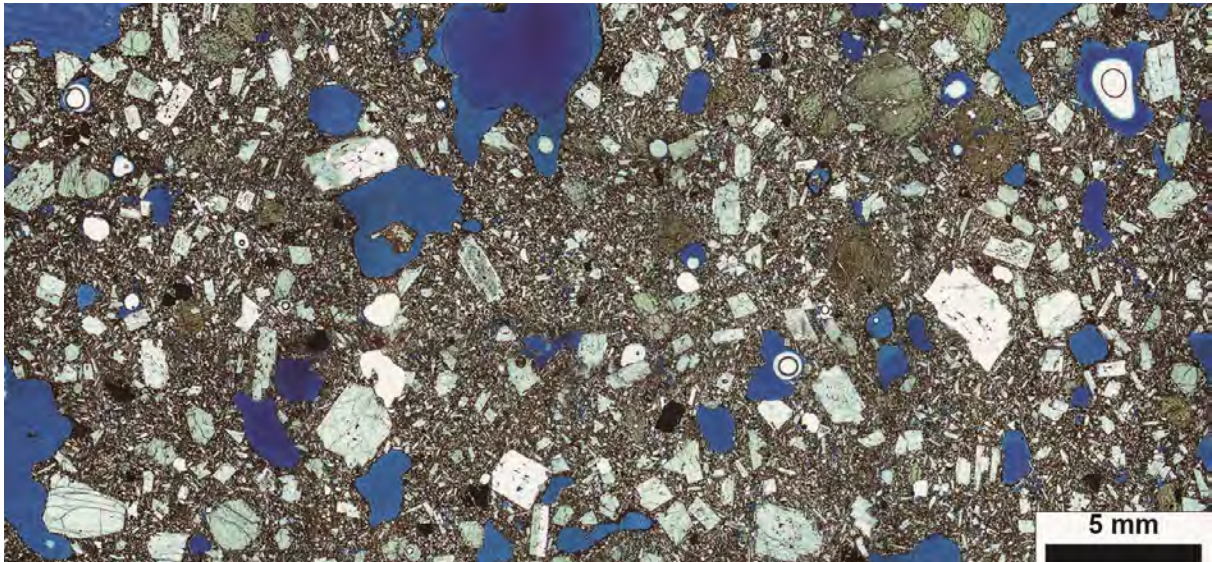


Figura 12 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/4B (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-4C

SUMÁRIO

Amostra de topo de núcleo de derrame *rubbly pahoehoe*. Basalto vesicular (1-3 mm) com matriz fanerítica muito fina composta por plagioclásio, piroxênio, olivina. Textura porfirítica, glomeroporfirítica e intergranular. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Glomerocristais de olivina e piroxênio. Porosidade 12% (primária: vesículas + intergranular).

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Maciça(0.0-0.0), Vesicular(1.0-6.0)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Médio
 Cor(es): Cinza escuro N 3 Preto acinzentado N 2
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfirítica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.1-3.2mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.07 mm) ao Grosso (8.4 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.07 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfirítica, Intergranular, glomeroporfirítica

COMPOSIÇÃO

27.33% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 22.0% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 15.67% Augita, Prismático, Como matriz;
 10.0% Vesícula;
 8.33% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 6.0% Opaco indiferenciado, Cobrindo <Constituinte>;
 2.33% Poro intercrystalino;
 2.33% Olivina, Como matriz;
 2.33% Olivina, Como fenocristal;
 1.67% Poro móldico;
 0.67% Olivina, Como glomerocristal;
 0.67% Augita, Como glomerocristal;
 0.67% Opaco indiferenciado, Acicular;

Classificação: Basalto

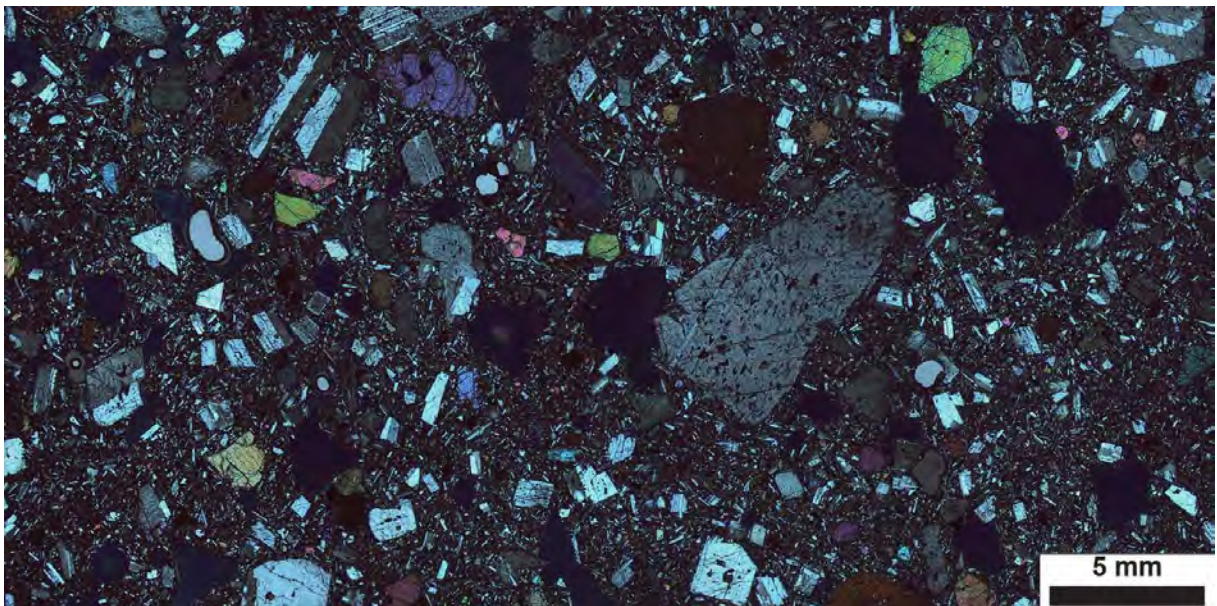


Figura 13 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/4C (nicóis perpendiculares).

IDENTIFICAÇÃO: SJ-6-5A**SUMÁRIO**

Amostra de *slabby pahoehoe*. Basalto vesicular (1-2.8 mm) com matriz muito fina composta por plagioclásio, clinopiroxênio alterado e olivina. Textura porfirítica e glomeoporfirítica. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Glomerocristais de olivina+augita+plagioclásio. Porosidade de 10%: 7% primária:vesículas, intercrystalino e 3% secundárias:móldica e microfratura.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Vesicular(1.0-2.8 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino
 Cor(es): Preto amarronado 5 YR 2/1Cinza escuro N 3
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Textura(s): Porfirítica, Traquítica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIIS

Estrutura(s): Vesicular (0.1-2.8)
 Cristalinidade: Hemicristalina
 Granularidade: Fanerítica

Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.03 mm) ao Médio (4.3 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.03 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfirítica, Glomeroporfirítica

COMPOSIÇÃO

24.67% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 24.0% Constituinte indiferenciado, Como matriz;
 18.67% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 7.33% Vesícula;
 6.67% Clinopiroxênio indiferenciado, Prismático, Como fenocristal;
 5.33% Clinopiroxênio indiferenciado, Como matriz, Alterado;
 5.33% Augita, Como matriz;
 2.67% Olivina, Como fenocristal;
 2.33% Poro móldico;
 1.33% Olivina, Como matriz;
 0.33% Fratura;
 0.33% Poro intercrystalino;
 0.33% Poro intracrystalino, Em <Constituinte>, Plagioclásio, Feldspatos, Como fenocristal;
 0.33% Fratura;
 0.33% Augita, Como glomerocristal;

Classificação: Basalto

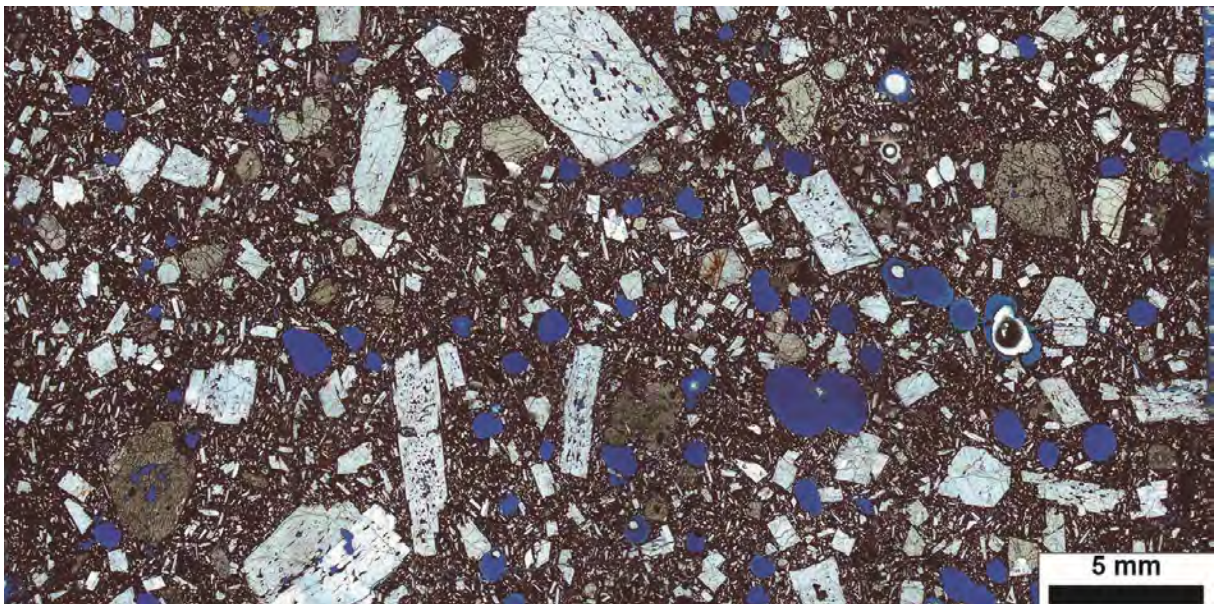


Figura 14 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/5A (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-5B

SUMÁRIO

Amostra de núcleo de derrame *rubbly pahoehoe*. Basalto vesicular (1-5 mm) com matriz fanerítica fina composta por plagioclásio, piroxênio, olivina. Textura porfirítica, subofítica e peneira. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Glomerocristais de olivina e piroxênio. Grande quantidade de opacos recobrando fenocristais e matriz. Porosidade 17% (primária: vesículas + intergranular) 2% móldica/secundária.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino
 Cor(es): Cinza escuro Cinza escuro médio

Granularidade: Fanerítica
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Vesicular

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.1-5.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.06 mm) ao Médio (4.0 mm)
 Tamanho de cristal modal: Fino (0.12 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Peneira, Subofítica

COMPOSIÇÃO

25.0% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 24.33% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 16.33% Augita, Prismático, Como matriz;
 14.0% Vesícula;
 6.0% Opaco indiferenciado, Cobrindo <Constituinte>, Na matriz;
 3.67% Olivina, Como fenocristal;
 2.67% Olivina, Como matriz;
 2.67% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 2.33% Poro móldico;
 1.33% Opaco indiferenciado, Cobrindo <Constituinte>, Augita, Como fenocristal;
 0.67% Poro intercristalino, Primária;
 0.33% Opaco indiferenciado, Acicular;
 0.33% Opaco indiferenciado, Cobrindo <Constituinte>, Olivina, Olivinas, Como fenocristal;
 0.33% Ortopiroxênio indiferenciado, Como fenocristal;

Classificação: Basalto

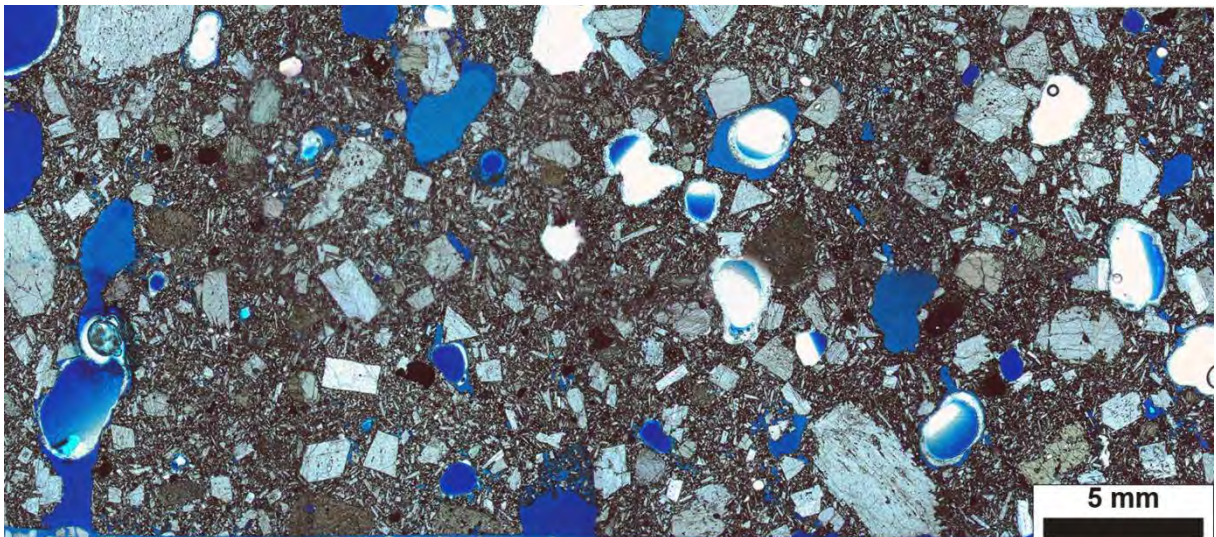


Figura 15 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/5B (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-6A

SUMÁRIO

Amostra de núcleo de derrame *slabby pahoehoe*. Basalto vesicular (0.1 - 4 mm) com matriz cristalina fina composta por plagioclásio, augita, olivina e opaco. Textura Porfírica, glomeroporfírica, intergranular, subofítica. Fenocristais de plagioclásio (alguns zonados), piroxênio e olivina. Glomerocristais de olivina e plagioclásio. Porosidade 21% (19% primária).

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Maciça(0.0-0.0), Vesicular(2.0-5.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Médio
 Cor(es): Preto acinzentado, cinza escuro
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Subédrica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Vesicular (0.1-4.0mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Fino (0.12 mm) ao Médio (4.0 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Intergranular, Subofítica, Glomeroporfírica

COMPOSIÇÃO

24.0% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 19.0% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 17.0% Vesícula;
 16.0% Augita, Como matriz;
 7.67% Opaco indiferenciado;
 3.67% Augita, Como fenocristal;
 2.67% Olivina, Como fenocristal;
 2.33% Poro móldico;
 2.0% Olivina, Como matriz;
 2.0% Poro intercristalino;
 1.67% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal, Zonado;
 1.0% Plagioclásio, Como glomerocristal;
 0.67% Olivina, Como glomerocristal;
 0.33% Fratura;

Classificação: Basalto

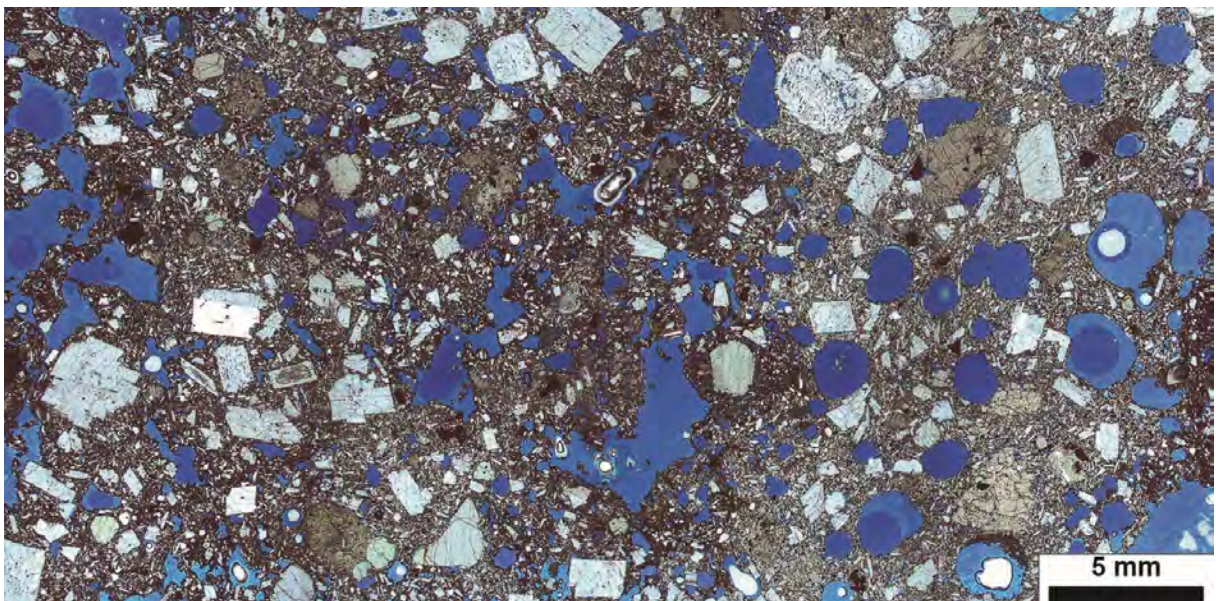


Figura 16 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/6a (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-6B**SUMÁRIO**

Amostra base de núcleo de derrame *slabby pahoehoe*. Basalto vesicular (0.1 - 5 mm) com matriz cristalina fina composta por plagioclásio, augita, olivina e opaco. Textura Porfírica, intergranular,. Fenocristais de plagioclásio (alguns zonados), piroxênio e olivina. Porosidade 13% (10% primária).

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Maciça, Vesicular (2.0-5.0 mm)
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Médio
 Cor(es): Preto acinzentado a cinza escuro
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIAS

Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.09 mm) ao Grosso (0.0 mm)
 Tamanho de cristal modal: Fino (0.11 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Intergranular

COMPOSIÇÃO

28.33% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 26.0% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 18.0% Augita, Como matriz;
 6.33% Vesícula;
 6.0% Augita, Como fenocristal;
 3.67% Opaco indiferenciado;
 3.33% Poro intercrystalino;
 3.33% Olivina, Como fenocristal;
 3.0% Poro móldico;
 2.0% Olivina, Como matriz;

Classificação: Basalto

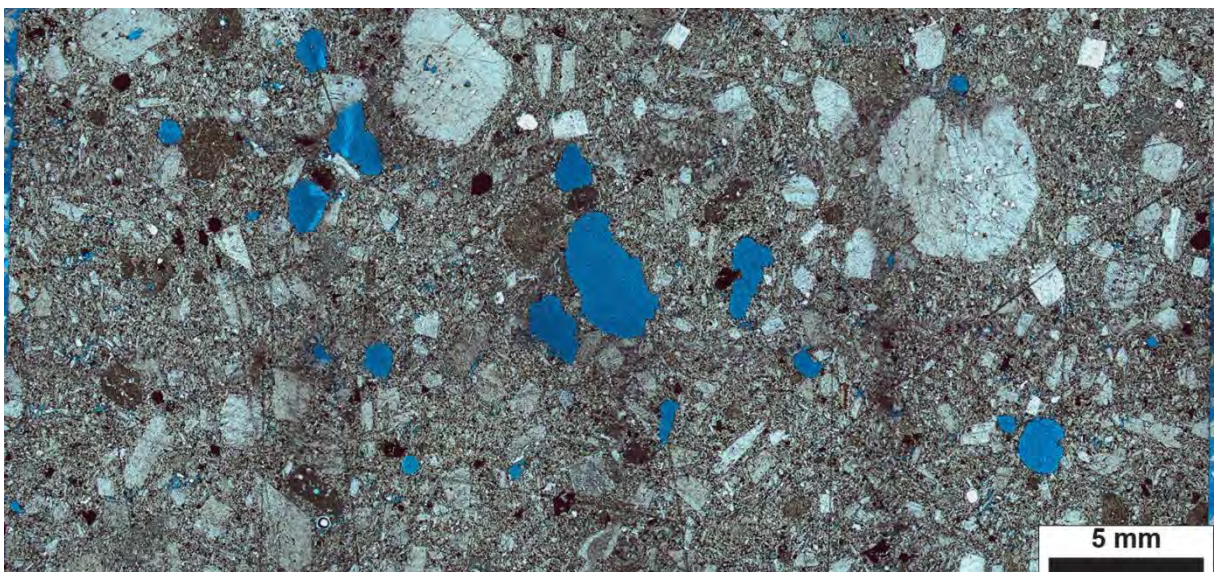


Figura 17 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/6B (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ6-6C**SUMÁRIO**

Amostra de núcleo de derrame *slabby - pahoehoe*. Basalto maciço com matriz (>50%) cristalina fina composta por plagioclásio, augita, olivina e opaco. Textura porfírica, intergranular, subofítica e peneira. Fenocristais de plagioclásio (alguns zonados). Microfenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Porosidade 5% sendo 4% secundária (móldica) e o 1% microvesicular.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Maciça
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Médio
 Cor(es): Preto acinzentado N 2
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Maciça
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Fino (0.15 mm) ao Médio (3.0 mm)
 Tamanho de cristal modal: Fino (0.15 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Subofítica, Intergranular, Peneira

COMPOSIÇÃO

34.67% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 22.67% Augita, Como matriz;
 21.33% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 6.67% Augita, Como fenocristal;
 5.33% Opaco indiferenciado;
 4.0% Poro móldico;
 1.67% Poro intercrystalino;
 1.67% Olivina, Como fenocristal;
 1.0% Olivina, Como matriz;
 0.67% Vesícula;
 0.33% Poro intracrystalino;

Classificação: Basalto

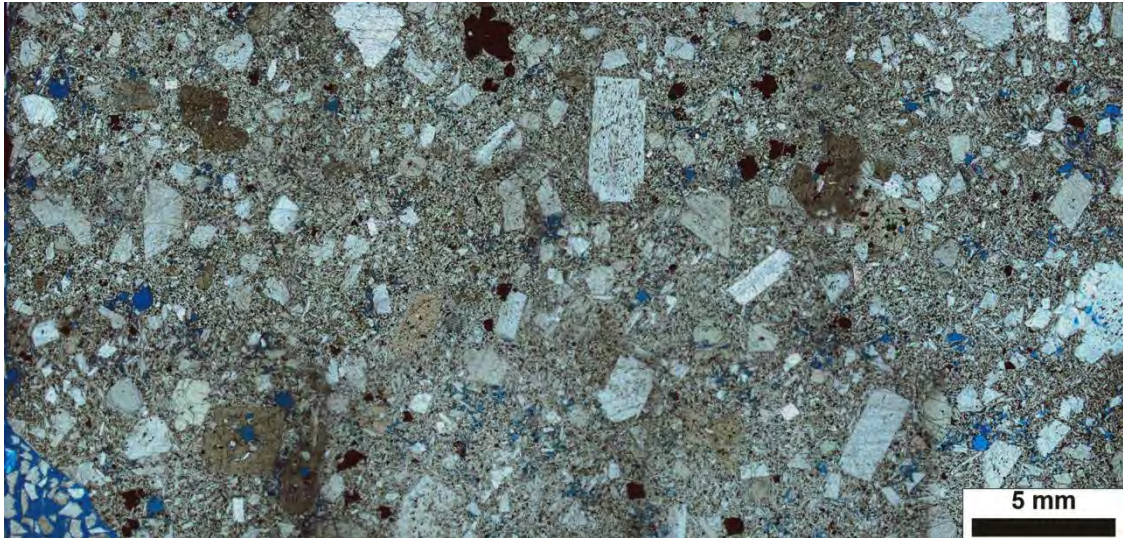


Figura 18 - Visão geral da lâmina delgada SJ6/6C (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ7-1

SUMÁRIO

Núcleo de derrame do tipo *rubbly pahoehoe*. Basalto maciço com matriz (>50%) cristalina fina a muito fina composta por plagioclásio, augita, olivina e opaco. Textura porfírica, intergranular, traquítica, dikitytaxítica e peneira. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Xenocristais de olivina.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Maciça
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Fino, Fino
 Cor(es): Cinza escuro N 3 Cinza escuro médio N 4
 Granularidade: Afano-fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Estrutura(s): Maciça
 Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Phanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.02 mm) ao Médio (4.8 mm)
 Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.06 mm), Fino (0.15 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfírica, Intergranular, Traquítica, Peneira

COMPOSIÇÃO

32.67% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 19.67% Augita, Como matriz;
 11.33% Plagioclásio, Como fenocristal;
 11.0% Olivina, Como fenocristal;
 9.67% Opaco indiferenciado, Substituindo constituinte, Substituindo <Constituinte>, Augita,
 8.33% Augita, Como fenocristal;
 3.0% Olivina, Como matriz;
 2.67% Fratura;
 1.67% Poro intercristalino;

Classificação: Basalto

Figura 19 - Visão geral da lâmina delgada SJ7-1 (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ7-2**SUMÁRIO**

Amostra da base do núcleo de derrame *rubbly pahoehoe* (2 m). Basalto maciço com matriz (>50%) cristalina fina a muito fina composta por plagioclásio, augita, olivina e opaco. Textura porfirítica, intergranular, traquítica, dikitaxítica e peneira. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Xenocristais de olivina. Microporosidade 5% - textura dikitaxítica.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Maciça
 Cristalinidade: Holocristalina
 Tamanho de cristal modal: Muito fino, Fino
 Cor(es): Cinza escuro médio N 4 Cinza escuro N 3
 Granularidade: Afano-fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfirítica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Cristalinidade: Holocristalina
 Granularidade: Fanerítica
 Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular
 Intervalo de tamanho de cristal: Fino (0.25 mm) ao Grosso (5.5 mm)
 Tamanho de cristal modal: Fino (0.25 mm)
 Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica
 Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática
 Textura(s): Porfirítica, Intergranular

COMPOSIÇÃO

36.67% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;
 23.0% Augita, Prismático, Como matriz;
 9.0% Augita, Prismático, Como fenocristal;
 8.67% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;
 6.33% Olivina, Prismático, Como fenocristal;
 6.33% Opaco indiferenciado, Substituindo <Constituinte>;
 4.33% Poro intercrystalino;
 2.67% Olivina, Como matriz;
 2.0% Augita, Prismático, Como matriz, Substituído, Substituído por <Constituinte>, Opaco indiferenciado,
 Outros
 constituintes;

1.0% Poro móldico;

Classificação: Basalto

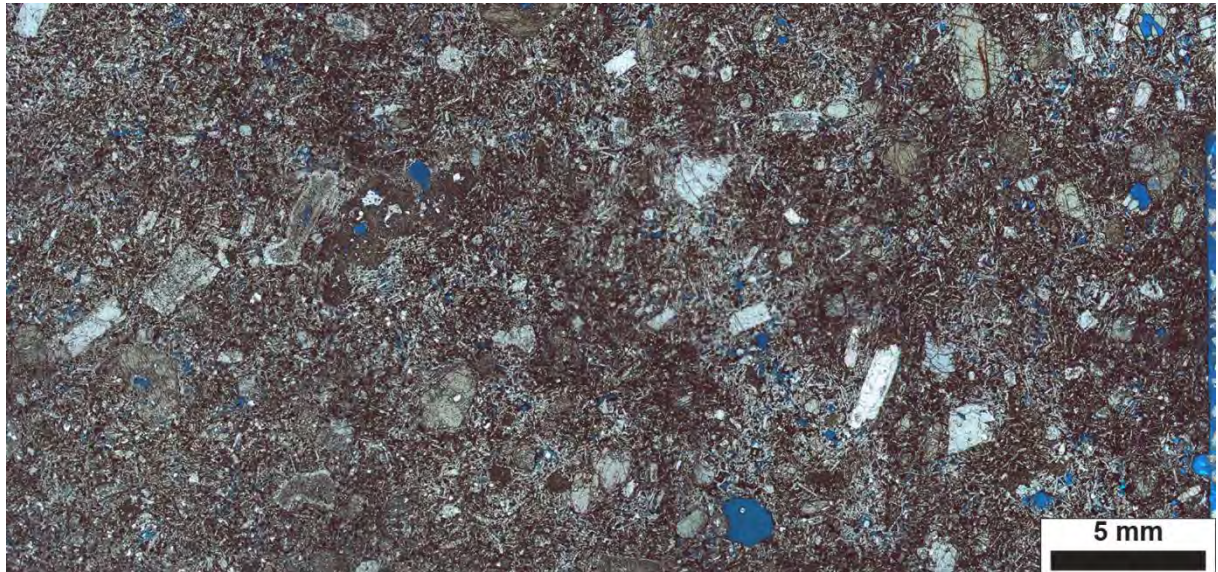


Figura 20 - Visão geral da lâmina delgada SJ7-2 (nicóis paralelos).

IDENTIFICAÇÃO: SJ7-3

SUMÁRIO

Lobos *pahoehoe* parasitários do núcleo de derrame *rubbly pahoehoe*. Basalto maciço com matriz (>40%) cristalina fina a muito fina composta por plagioclásio, augita, olivina e opaco. Textura porfirítica e dicitaxítica. Fenocristais de plagioclásio, piroxênio e olivina. Xenocristais de olivina Fenocristais de plagioclásio com reabsorção-oxidação?; Microporosidade (7%) ; plagioclásio ripidiforme na matriz; alinhamento dos cristais aciculares de óxidos; xenocristais de olivina.

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Estruturas: Maciça

Cristalinidade: Holocristalina

Tamanho de cristal modal: Muito fino, Fino

Cor(es): Cinza escuro N 3 Cinza escuro médio N 4

Granularidade: Afano-fanerítica

Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica

Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos: Prismática

Textura(s): Porfirítica

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS TEXTURAIS

Cristalinidade: Holocristalina

Granularidade: Fanerítica

Tamanho relativo dos cristais: Inequigranular

Intervalo de tamanho de cristal: Muito fino (0.05 mm) ao Médio (4.5 mm)

Tamanho de cristal modal: Muito fino (0.05 mm), Fino (0.15 mm)

Perfeição do formato cristalino: Hipidiomórfica

Forma tridimensional dos cristais ou

fragmentos:

Prismática, Acicular

Textura(s): Porfirítica, Traquítica, Glomeroporfirítica, Intergranular

COMPOSIÇÃO

24.0% Plagioclásio, Prismático, Como matriz;

21.67% Augita, Como matriz;

16.67% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal;

8.33% Olivina, Como fenocristal;

7.67% Opaco indiferenciado, Substituindo constituinte, Cobrindo <Constituinte>;
6.33% Poro intercrystalino;
3.33% Augita, Prismático, Como fenocristal;
2.33% Vesícula;
2.0% Plagioclásio, Prismático, Como fenocristal, Zonado;
2.0% Augita, Como matriz, Alterado;
2.0% Opaco indiferenciado, Acicular;
1.33% Augita, Como glomerocristal;
0.67% móldico;
0.67% Olivina, Como glomerocristal;
0.67% Plagioclásio, Como glomerocristal;
0.33% Poro intracristalino;

Classificação: Basalto

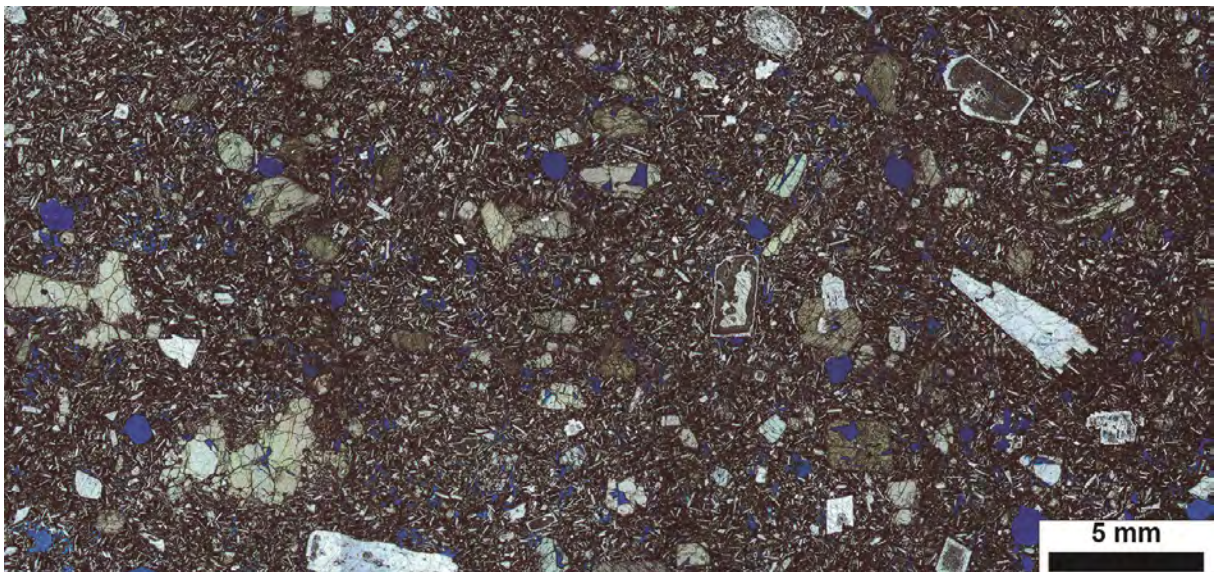


Figura 21 - Visão geral da lâmina delgada SJ7-3 (nicóis paralelos).