

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO VULCÃO DO PAREDÃO,
ILHA DA TRINDADE, BRASIL.**

NATÁLIA GAUER PASQUALON

ORIENTADOR – Prof. Dr. Evandro Fernandes de Lima
COORIENTADOR – Prof. Dr. Claiton do Santos Scherer

Volume I

Porto Alegre – 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Jane Fraga Tutikian

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Pasqualon, Natália Gauer

Análise estratigráfica do Vulcão do Paredão, Ilha da Trindade, Brasil. / Natália Gauer Pasqualon. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2020.

[135 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2020.

Orientador: Evandro Fernandes de Lima

Coorientador: Claiton Marlon do Santos Scherer

1. Estratigrafia vulcânica. 2. Vulcanismo recente. 3. Ilha Oceânica. I. Título.

CDU 551.21

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Sônia Teresinha Duarte de Oliveira CRB 10/2310

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Campus do Vale Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS - Brasil

CEP: 91501-970 / Caixa Postal: 15001.

Fone: +55 51 3308-6569

E-mail: bibgeo@ufrgs.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO VULCÃO DO PAREDÃO,
ILHA DA TRINDADE, BRASIL.**

NATÁLIA GAUER PASQUALON

ORIENTADOR – Prof. Dr. Evandro Fernandes de Lima
COORIENTADOR – Prof. Dr. Claiton Marlon do Santos Scherer

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Manoela Bettarel Bállico– Departamento de Geociências,
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Ezequiel Galvão de Souza – Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. Carlos Augusto Sommer – Instituto de Geociências, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul

Dissertação de Mestrado apresentada
como requisito parcial para a obtenção do
Título de Mestre em Ciências.

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Renê e Verena, minha irmã Pietra, e a toda minha família, por todo amor e suporte sempre. A base é TUDO. Obrigada pelo apoio incondicional.

Aos meus amigos, em especial à Gabinha, que foi minha companheira de vida durante esse mestrado e ao Matheus e a Moa, por me acolherem no finzinho da jornada e se tornarem parte tão importante dela. Às gurias de Cassias e a minha pequena de Livramento, pelos vários pontos de apoio no percurso.

Aos mestres e amigos China, Claitinho e Lucas e à galera da 102b por sempre tornarem meus dias mais divertidos. Bagé, a nossa parceria em campo, discussões e empreitadas foram fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho. Sem ti não teria a mesma graça, nem o mesmo resultado!

Chinês, obrigada por me inserir em um projeto tão maravilhoso e pela confiança em mim depositada. A oportunidade de trabalhar na Ilha da Trindade com o último vulcão brasileiro me proporcionou crescimento geológico, mas acima de tudo me fez amadurecer como pessoa. Sou eternamente grata pela nossa parceria e por tua orientação.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto e à Marinha do Brasil por toda logística e apoio aos projetos de pesquisa desenvolvidos na Estação Científica da Ilha da Trindade.

De coração, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma pra que eu chegasse até aqui.

RESUMO

A construção de um arcabouço estratigráfico em sistemas vulcânicos através da descrição e interpretação de litofácies e associação destas é uma ferramenta fundamental para o entendimento da evolução de terrenos vulcânicos, da dinâmica eruptiva e para o gerenciamento e aplicação de medidas preventivas em áreas de risco de atividade vulcânica. Esta dissertação apresenta e discute, sobre a forma do artigo científico intitulado "*Lithofacies association and stratigraphy of the Paredão Volcano, Trindade Island, Brazil.*" publicado no *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, o levantamento estratigráfico detalhado do Vulcão do Paredão, contribuindo para o entendimento da distribuição lateral e vertical de fácies e da geometria dos depósitos, gerando um modelo para o vulcanismo e discutindo os mecanismos eruptivos. O Vulcão do Paredão é um cone de escórias situado na porção sudeste da Ilha da Trindade, reconhecido como o último vulcão subaéreo brasileiro (Pleistoceno). Os produtos deste vulcanismo são representados por derrames nefeliníticos alternados com lapilitos e lápili-tufos de mesma composição na porção distal e por um cone piroclástico na porção proximal, que se eleva a cerca de 200 metros acima do nível do mar. Foram construídas quatro seções colunares em escala 1:50 através da descrição e associação de litofácies, sendo três na praia das Tartarugas (TRV-01, TRV-02, TRV-03) e uma no cone piroclástico (TRV-04). A petrografia das diferentes litofácies foi feita de forma complementar à caracterização faciológica de campo, por meio de microscopia ótica convencional e com o uso do software *Hardledge*. Como resultado da análise estratigráfica, foram identificadas sete litofácies distintas: duas coerentes e cinco vulcanoclásticas (uma autoclástica e quatro piroclásticas). As litofácies coerentes são de nefelinito porfirítico maciço (Npm) e vesicular (Npv). Texturalmente, as lavas são holocristalinas e vesiculares, compostas por fenocristais de olivina esquelética em matriz muito fina de clinoporoxênio, nefelina, zeolita e titanomagnetita, por vezes com flogopita. A litofácies autoclástica é de brecha nefelinítica (Nb), composta por fragmentos (2 mm-15 cm) de nefelinito vesicular e as litofácies piroclásticas são compostas predominantemente por fragmentos de escória lapilíticos, e subordinadamente por bombas e cinzas vulcânicas. As litofácies piroclásticas são de lapilito (Lm) e lápili-brecha maciços (LBm), lápili-tufo com estratificação plano-paralela (LTP) e lapilito com gradação inversa (Lrg). As associações de litofácies caracterizam derrames do tipo 'A'a, rubbly pahoehoe e pahoehoe e depósitos piroclásticos proximais e distais. A interpretação da distribuição vertical e lateral de fácies permite concluir que o vulcanismo ocorreu com uma fase inicial freatomagmática, sucedida por uma fase predominantemente estromboliana (domínio piroclástico) e por uma fase final predominantemente havaiana (domínio dos derrames).

Palavras-chave: estratigrafia vulcânica, vulcanismo recente, ilha oceânica

ABSTRACT

A stratigraphic framework can be constructed through lithofacies description and interpretation. The application of this method in volcanic systems is a fundamental tool for understanding their evolution and eruptive dynamics and for establishing hazard assessments in active volcanic areas. This dissertation presents and discusses, in the format of the scientific paper "*Lithofacies association and stratigraphy of the Paredão Volcano, Trindade Island, Brazil.*" published in the *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, a detailed stratigraphy of the Paredão Volcano, allowing the understanding of the lateral and vertical distribution of volcanic facies and the 3D geometry of the deposits, generating a model for the volcanism and discussing the erupting mechanisms. The Paredão Volcano is a scoria cone located in the southeast of Trindade Island and represents the youngest subaerial volcanic episode (Pleistocene) recorded in Brazil. Its stratigraphic organization indicates nephelinitic flows alternate with lapillistones and lapilli-tuffs of same composition in the distal portion and a pyroclastic cone with nearly 200 m high above the sea level in the proximal portion. The stratigraphic analysis resulted in the distinction of seven lithofacies, divided into two coherent and five volcanoclastic (one autoclastic and four pyroclastic). The coherent lithofacies are of massive (Npm) and vesicular porphyritic nephelinite (Npv). Texturally, the lavas are holocrystalline and vesicular, composed by olivine phenocrysts in a very fine matrix of clinopyroxene, nepheline, zeolite and titanomagnetite, at times with phlogopite. The autoclastic lithofacies of nephelinitic breccia (Nb) is composed of fragments (2 mm–15 cm) of vesicular nephelinite and the pyroclastic ones are composed mainly of lapillitic scoria fragments with subordinate bombs and volcanic ash. The pyroclastic lithofacies are of massive lapillistone (Lm) and lapilli-breccia (LBm), planar stratified lapilli-tuff (LTp), and reverse grading lapillistone (Lrg). The lithofacies associations characterize 'A'a, rubbly pahoehoe and pahoehoe flow types, distal and proximal pyroclastic deposits. The interpretation of the vertical and lateral facies distribution leads to the conclusion that the volcanism occurred with an initial phreatomagmatic stage, succeeded by a Strombolian stage (pyroclastic with primary fragments domain) and a final Hawaiian stage (lava flows domain).

Keywords: volcanic stratigraphy, recent volcanism, oceanic island

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: a) Localização das ilhas da Trindade e Martim Vaz indicada pela caixa branca. O tracejado rosa mostra a extensão da Cadeia Vitória-Trindade. b) Imagem da Ilha da Trindade com a localização da área de estudo indicada na porção Sudeste da Ilha.	15
Figura 2: Mapa batimétrico e perfil esquemático da Cadeia Vitória-Trindade.	16
Figura 3: Figura esquemática de dois segmentos consecutivos da Dorsal Meso-Atlântica seccionados por uma falha transformante e as zona de fraturas associadas.	17
Figura 4: Mapa destacando as províncias alcalinas continentais do Poxoréu e do Alto Parnaíba e a plataforma de Abrolhos, interpretados como o traço da pluma da Trindade a oeste da Cadeia Vitória-Trindade.	18
Figura 5: Vista da porção NE da ilha, com destaque para o relevo acidentado.	18
Figura 6: Mapa geológico da ilha com a representação das cinco unidades descritas por Almeida (1961) e com a localização dos pontos de levantamento de seção colunar e amostragem.	19
Figura 7: a) Necks fonolíticos do Complexo Trindade expostos na praia das Tartarugas; b) Dique melanafelinítico do Complexo Trindade intrudindo um neck, próximo a Crista do Galo; c) Derrames fonolíticos da Sequência Desejado, que compõe o topo do platô do Desejado; d) Depósitos piroclásticos do tipo surge da base da Sequência Desejado.	20
Figura 8: a) Cone piroclástico da Fm. Morro Vermelho; b) Derrames melanafeliníticos da Fm. Morro Vermelho; c) Derrames melanafeliníticos da Fm. Valado, de morfologia do tipo 'A'a; d) Detalhe da porção inferior brechada do derrame do tipo 'A'a da Fm. Valado; e) Cone de escórias do Vulcão do Paredão; f) Sucessão de derrames melanafeliníticos intercalados com depósitos piroclásticos na porção distal do Vulcão do Paredão.	22
Figura 9: Curvas de variação do nível de base e de taxa de variação do nível de base ao longo do tempo, com a representação da regressão normal (RN), regressão forçada (RF) e transgressão, definidas pela interação entre a taxa de sedimentação e taxa de variação do nível de base.	24
Figura 10: Fluxograma das etapas de análise estratigráfica.	26

Figura 11: Fluxograma para comparação da metodologia de análise estratigráfica em sistemas sedimentares e vulcânicos.	29
Figura 12: Variação lateral de fácies (proxima-distal) em depósito vulcânico. Depósito de cinza e blocos formado pelo colapso de lavas clastogênicas, originalmente formada pela aglutinação de partículas. O retrabalhamento do depósito de cinza e blocos é representado pelo fluxo de massa distal.	31
Figura 13: Arquitetura de fácies vulcânicas descritas por Waichel et al. (2012) na calha de Torres.	32
Figura 14: Tipos de superfícies estratigráficas: desconformidade, não-conformidade, discordância angular e paraconformidade.	34
Figura 15: Discordância angular, que pode ser considerada uma discordância maior de acordo com Marti et al. (2018), separando duas unidades estratigráficas na Ilha da Trindade, a Sequência Desejado da subsequente Fm. Morro Vermelho.	35
Figura 16: Superfícies que separam depósitos piroclásticos de derrames no Vulcão do Paredão, representando discordâncias moderadas.	36
Figura 17: Discordância intra-formação gerada pelo colapso gravitacional de parte do cone de escórias da Fm. Morro Vermelho, e continuidade do vulcanismo com a deposição das camadas em outra direção.	37
Figura 18: Representação gráfica feita em campo dos depósitos do Vulcão do Paredão através do levantamento de seção colunar no ponto TRV-01 (esquerda) e TRV-04 (direita), acompanhada da descrição litológica na coluna da direita. Outras informações importantes foram inseridas na seção, como conteúdo de fenocristais e padrões de vesiculação. As letras à esquerda indicam fotos e amostragens.	39
Figura 19: Fotomicrografia da lâmina TRV-04B, impregnada com resina azul à luz natural.	41
Figura 20: Interface do software <i>Hardledge</i> na seção da descrição da composição e contagem modal de 300 pontos.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Superfícies limítrofes entres os tratos de Sistema.....	24
Tabela 2: Tabela comparativa das premissas básicas da estratigrafia de sequências sedimentares aplicadas à análise estratigráfica de sucessões vulcânicas.	28
Tabela 3: Exemplo do código de fácies proposto por Miall (1977).	30
Tabela 4: Tabela de pontos amostrados.	40

SUMÁRIO

SOBRE A ESTRUTURA DESTA DISSERTAÇÃO	11
CAPÍTULO I.....	12
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	14
2 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	16
3 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS	23
3.1 CONCEITOS BÁSICOS	23
3.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA.....	25
3.3 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS APLICADA ÀS SUCESSÕES VULCÂNICAS	26
CAPÍTULO II.....	38
4 METODOLOGIA.....	38
4.1 ETAPA PRÉ-CAMPO.....	38
4.2 ETAPA DE CAMPO	38
4.3 ETAPA PÓS-CAMPO.....	41
CAPÍTULO III.....	43
5 RESULTADOS.....	43
CAPÍTULO IV.....	87
ANEXOS	87
A - SEÇÕES COLUNARES	87
B - DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS E FOTOMICROGRAFIAS.....	94
C - TRABALHOS APRESENTADOS EM EVENTOS.....	116
REFERÊNCIAS.....	129

SOBRE A ESTRUTURA DESTA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está estruturada na forma do artigo "*Lithofacies association and stratigraphy of the Paredão Volcano, Trindade Island, Brazil.*" publicado na revista *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Sendo assim, sua organização compreende as seguintes partes principais:

CAPÍTULO I: Introdução sobre o tema e descrição do objeto da pesquisa de mestrado, onde estão sumarizados os objetivos, a filosofia de pesquisa e o estado da arte sobre o tema.

CAPÍTULO II: Materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento das atividades propostas.

CAPÍTULO III: Artigo científico publicado em periódico com corpo editorial permanente e revisores independentes, escrito pelo autor durante o desenvolvimento de seu Mestrado. O artigo apresenta os resultados obtidos, a discussão e conclusão.

CAPÍTULO IV: Anexos, compreendendo: A) Seções colunares completas; B) descrições petrográficas que auxiliaram na caracterização e interpretação das litofácies identificadas em campo; C) Resumos e artigos publicados em eventos, relacionados ao tema central da dissertação.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo inclui a principal problemática abordada no trabalho, a justificativa do projeto, objetivos gerais e específicos e localização da área de estudo.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A construção de um arcabouço estratigráfico em sistemas vulcânicos é uma ferramenta fundamental para o entendimento da evolução de terrenos vulcânicos, da dinâmica eruptiva e para o gerenciamento e aplicação de medidas preventivas em áreas de risco de atividade vulcânica (SULPIZIO et al., 2010; PEDRAZZI; MARTI; GEYER, 2013; BOLÓS; PLANAGUMA; MARTÍ, 2014; MARTÍ; GROPELLI; DA SILVEIRA, 2018). Além disso, uma análise estratigráfica detalhada de sistemas vulcânicos recentes tem sido extensamente aplicada na geração de análogos para a exploração de recursos minerais, como em depósitos de sulfetos maciços vulcanogênicos (VMS) (e.g. STIX et al., 2003; ROGERS et al., 2014; DEWOLFE; PITTMAN, 2018) ou na exploração de hidrocarbonetos associados a reservatórios não convencionais em bacias vulcano-sedimentares (e.g. SCHUTTER, 2003; FAROOQUI et al., 2009; LIU et al., 2012; WANG; CHEN, 2015; ROSSETTI et al., 2019).

Apesar da intensa discussão acerca da aplicação dos termos e metodologias utilizados na estratigrafia de sequências sedimentares às sucessões vulcânicas (e.g. WRIGHT; SELF; FISHER, 1981; WILSON; WALKER, 1982; FISHER; SCHMINCKE, 1984; CAS; WRIGHT, 1987; GROPELLI; VIERECK-GOETTE, 2010; MARTÍ et al. 2018), a descrição sistemática de litofácies e associação destas têm sido utilizadas tanto para sistemas fissurais como em condutos centrais por diversos autores em todo o mundo, servindo de base para a interpretação da sucessão vulcânica e para o estabelecimento da evolução espacial e temporal destes terrenos (SPARKS; WALKER, 1973; CAS; WRIGHT, 1987; NÉMETH et al., 2012; ÓSKARSSON; RIISHUUS, 2013; 2014; ROSSETTI et al. 2014; SIMÕES et al., 2018; FORNERO et al., 2019).

Desta forma, a principal problemática abordada neste trabalho é a compreensão dos processos envolvidos na geração dos depósitos do Vulcão do Paredão (Ilha da Trindade), o último vulcão subaéreo brasileiro, e a proposição de

um modelo evolutivo para o vulcanismo através de uma análise estratigráfica detalhada dos depósitos. A partir dos resultados obtidos também será possível avaliar até que ponto os conceitos da estratigrafia de sequências convencional podem ser aplicados no estudo de sistemas vulcânicos.

Esta dissertação complementa as discussões iniciadas no Trabalho de Conclusão de Curso, da presente autora, intitulado: “Estratigrafia, petrologia e padrões de porosidade do Vulcão do Paredão, Ilha da Trindade, Brasil”, trazendo um aprofundamento na interpretação faciológica e na discussão da análise estratigráfica e a complementação dos dados com a caracterização petrográfica de todas as litofácies identificadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A geologia da Ilha da Trindade foi inicialmente descrita por Almeida (1961) envolvendo os aspectos petrológicos, geomorfológicos, estruturais, geoquímicos e geocronológicos. Recentemente, Pires e Bongiolo (2016) propuseram uma revisão da estratigrafia da ilha baseada em novos dados de campo e de petrografia, no entanto, a construção de um arcabouço estratigráfico que incluía a descrição e interpretação de litofácies para as diferentes unidades geológicas ainda não foi realizado. O trabalho de mestrado de Luz (2019) aplica esta metodologia à Fm. Morro Vermelho, terceira unidade a ser formada na ilha. Tendo em vista essa nova abordagem, este trabalho propõe a análise estratigráfica do Vulcão do Paredão.

A Ilha da Trindade é o ponto mais a leste do território brasileiro em latitude próxima às principais bacias petrolíferas e o Vulcão do Paredão representa o último episódio de vulcanismo no Brasil, com parte do conduto central ainda preservado. Além do fácil acesso à unidade na ilha, o alto grau de exposição e preservação dos depósitos permite o detalhamento das litofácies vulcânicas e da sua distribuição espacial. A análise da associação de fácies do Vulcão do Paredão permite a criação de um análogo para o melhor entendimento da distribuição lateral de fácies e geometria dos corpos rochosos em reservatórios não convencionais vulcânicos e de suas características petrográficas que possam ser comparados às amostras de testemunhos de sondagem.

1.3 OBJETIVOS

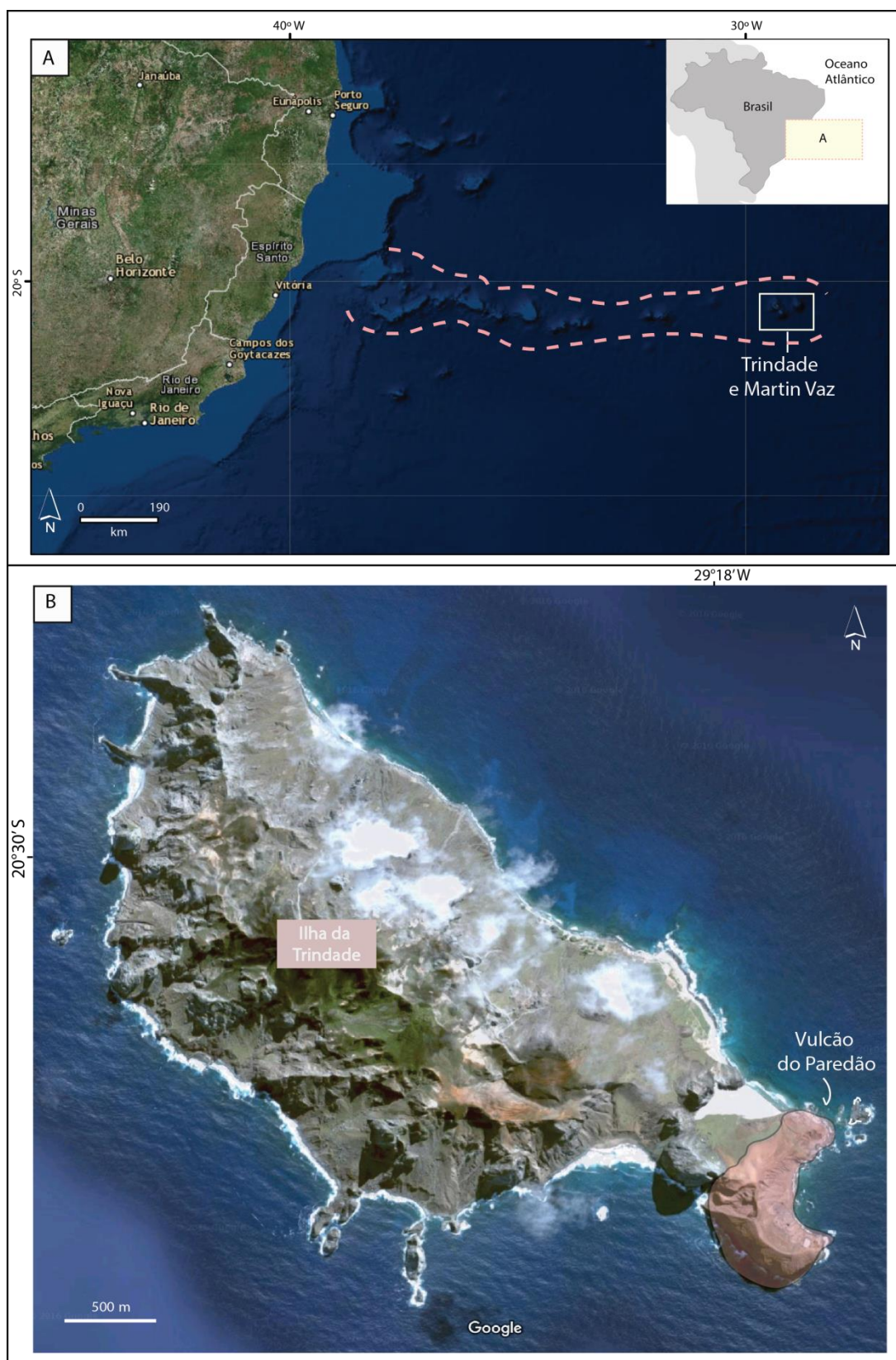
Este trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise estratigráfica detalhada do Vulcão do Paredão a partir da identificação de litofácies e propor um modelo evolutivo para o vulcanismo. Como objetivos específicos, pretende-se:

- 1) Descrever e interpretar as litofácies e associações destas para a construção de um arcabouço estratigráfico do Vulcão do Paredão;
- 2) Caracterizar a petrografia das diferentes litofácies de forma a corroborar os dados de campo.

1.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Ilha da Trindade localiza-se no Oceano Atlântico Sul, a aproximadamente 1.260 km da costa do Espírito Santo, entre os paralelos 20° 29' e 20° 32' S e os meridianos de 29° 17' e 29° 21' W (ALMEIDA, 1961, 2002, 2006) (Fig.1A). Juntamente ao arquipélago de Martim Vaz, situado 48 km a leste de Trindade, representa a porção mais a leste do território brasileiro. O Vulcão do Paredão está localizado na porção sul-sudeste da ilha (Fig.1B) e boa parte dos seus depósitos ocorrem na Praia das Tartarugas.

Figura 1: a) Localização das ilhas da Trindade e Martin Vaz indicada pela caixa branca. O tracejado rosa mostra a extensão da Cadeia Vitória-Trindade. b) Imagem da Ilha da Trindade com a localização da área de estudo indicada na porção Sudeste da Ilha.

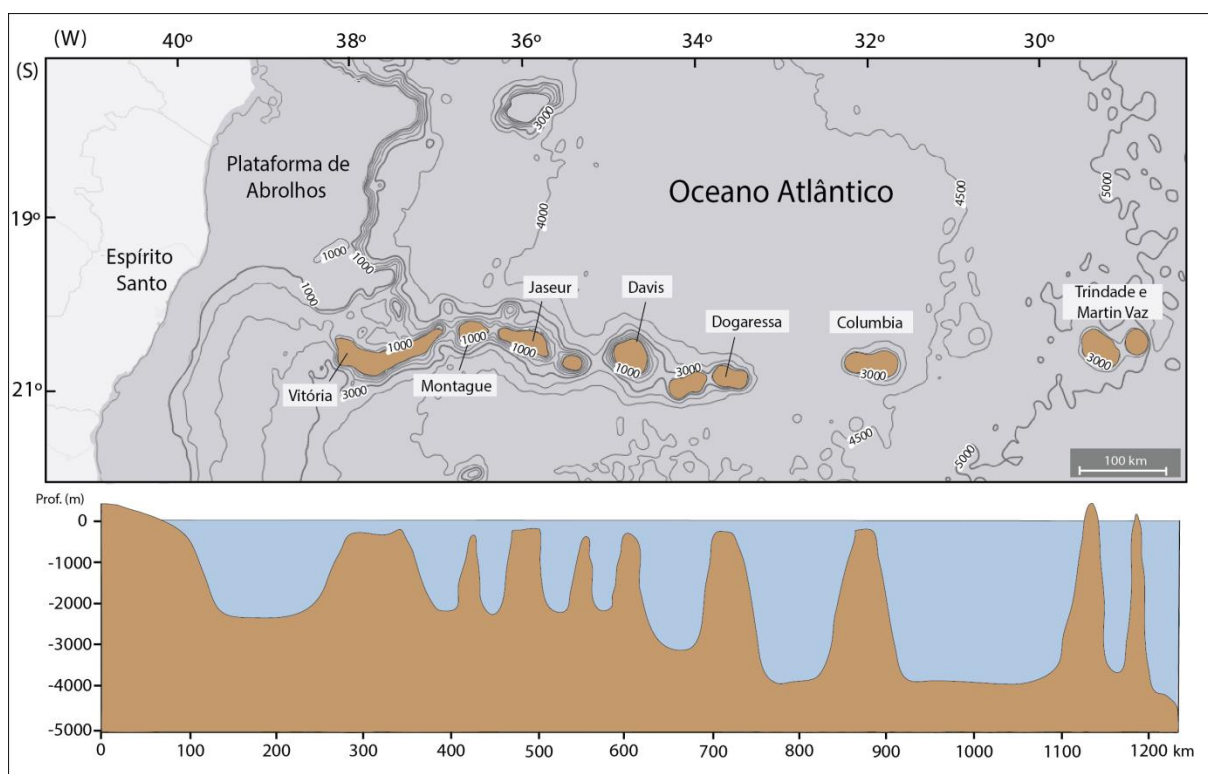


Fonte: Google Earth.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A Ilha da Trindade tem aproximadamente 13,5 km² de área e altitude máxima de 640 m, formando um edifício vulcânico com cerca de 50 km de diâmetro que se eleva a aproximadamente 5.000 m do assoalho oceânico (ALMEIDA, 2002). A ilha faz parte da cadeia vulcânica submarina Vitória-Trindade, que está encaixada na Zona de Fraturas Vitória-Trindade (ZFVT) com alinhamento leste-oeste e é formada por uma série linear de montes submarinos e *guyots*, estendendo-se por cerca de 1200 km da costa (Fig.2).

Figura 2: Mapa batimétrico e perfil esquemático da Cadeia Vitória-Trindade.

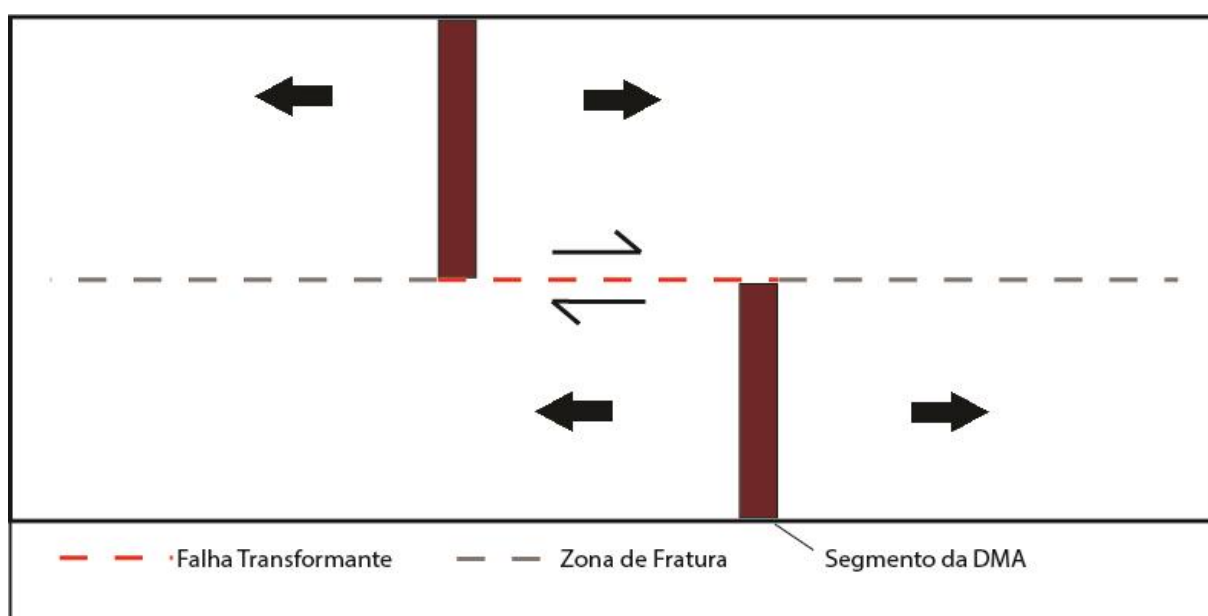


Fonte: Extraído de Pasqualon et al. (2019) e modificado de Alves et al. (2006).

A ZFVT foi gerada a partir da formação da Dorsal Meso-Atlântica (ALVES et al., 2006). O rifte da Dorsal Meso-Atlântica é seccionado por falhas transformantes que são ativas entre dois segmentos da dorsal e fora destes se prolongam como zonas de fraturas (WILSON, 1965) (Fig. 3). Com o espalhamento do assoalho oceânico e deriva para oeste da placa Sul-Americana, a ZFVT passou sobre o *hot spot*/pluma de Trindade (MINSTER et al., 1974; SIEBEL et al., 2000; FODOR;

HANAN, 2000), que é um ponto de anomalia termal relacionada ao movimento de convecção do manto (WILSON, 1965). A zona de fraturas serviu como conduto do magma para a superfície, originando uma série de ilhas vulcânicas e montes submarinos. Com a continuidade da cinemática da placa, as ilhas vulcânicas se afastaram do ponto quente, tornando-se inativas, e submergiram formando bancos submarinos de topo truncado pela erosão subaérea e marinha (Fig. 2). Outros exemplos de ilhas vulcânicas formadas por sistemas de *hot spot*/pluma são as ilhas do Hawaí, Açores e Islândia.

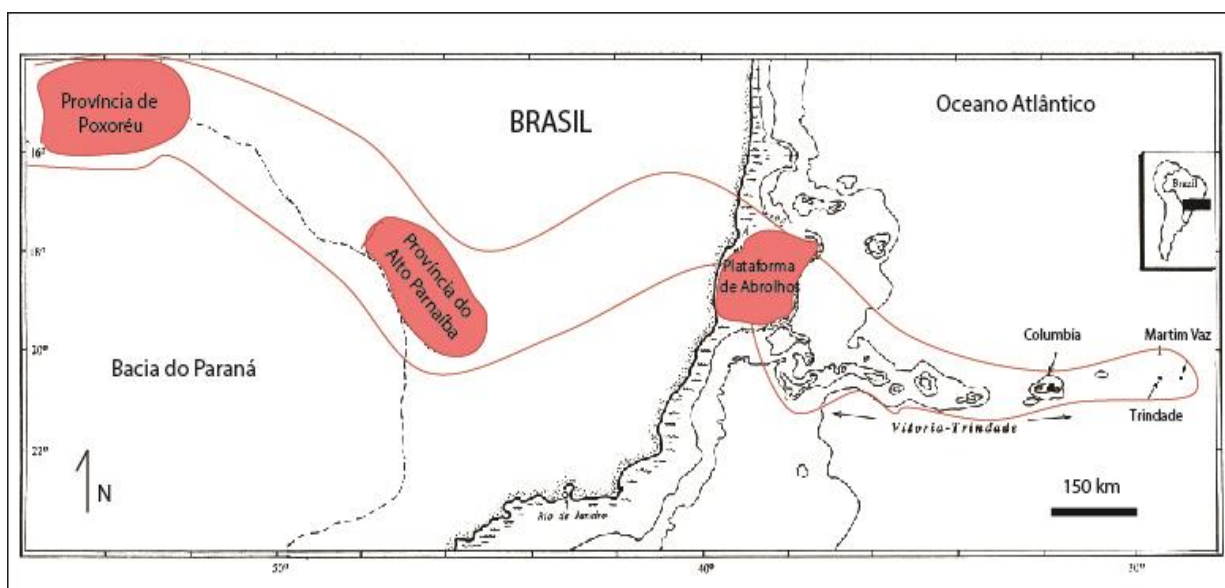
Figura 3: Figura esquemática de dois segmentos consecutivos da Dorsal Meso-Atlântica seccionados por uma falha transformante e as zona de fraturas associadas.



Fonte: Extraído de Pasqualon (2017) e modificado de Wilson (1965).

Guazelli e Carvalho (1978) consideraram o prolongamento da cadeia para a porção continental especulativo e de difícil comprovação. No entanto, outros autores (GIBSON et al., 1995, 1997; FODAR, 1989; FODOR; HANAN, 2000) correlacionaram as províncias alcalinas do Alto Parnaíba (MG) e do Poxoréu (GO) de ~85 Ma (GIBSON et al., 1995, 1997) e a plataforma de Abrolhos com idades entre 40-50 Ma (CORDANI; BLAZEKOVIĆ, 1970) ao restante da cadeia por conta da afinidade geoquímica, como a composição isotópica Sr-Nd e Pb e o alto teor de Ti (Fig.4). Desta forma, essas áreas estariam relacionadas à migração da placa sobre a pluma de Trindade.

Figura 4: Mapa destacando as províncias alcalinas continentais do Poxoréu e do Alto Parnaíba e a plataforma de Abrolhos, interpretados como o traço da pluma da Trindade a oeste da Cadeia Vitória-Trindade.



Fonte: Modificado de Fodor e Hanan (2000).

2.1 Geologia da Ilha da Trindade

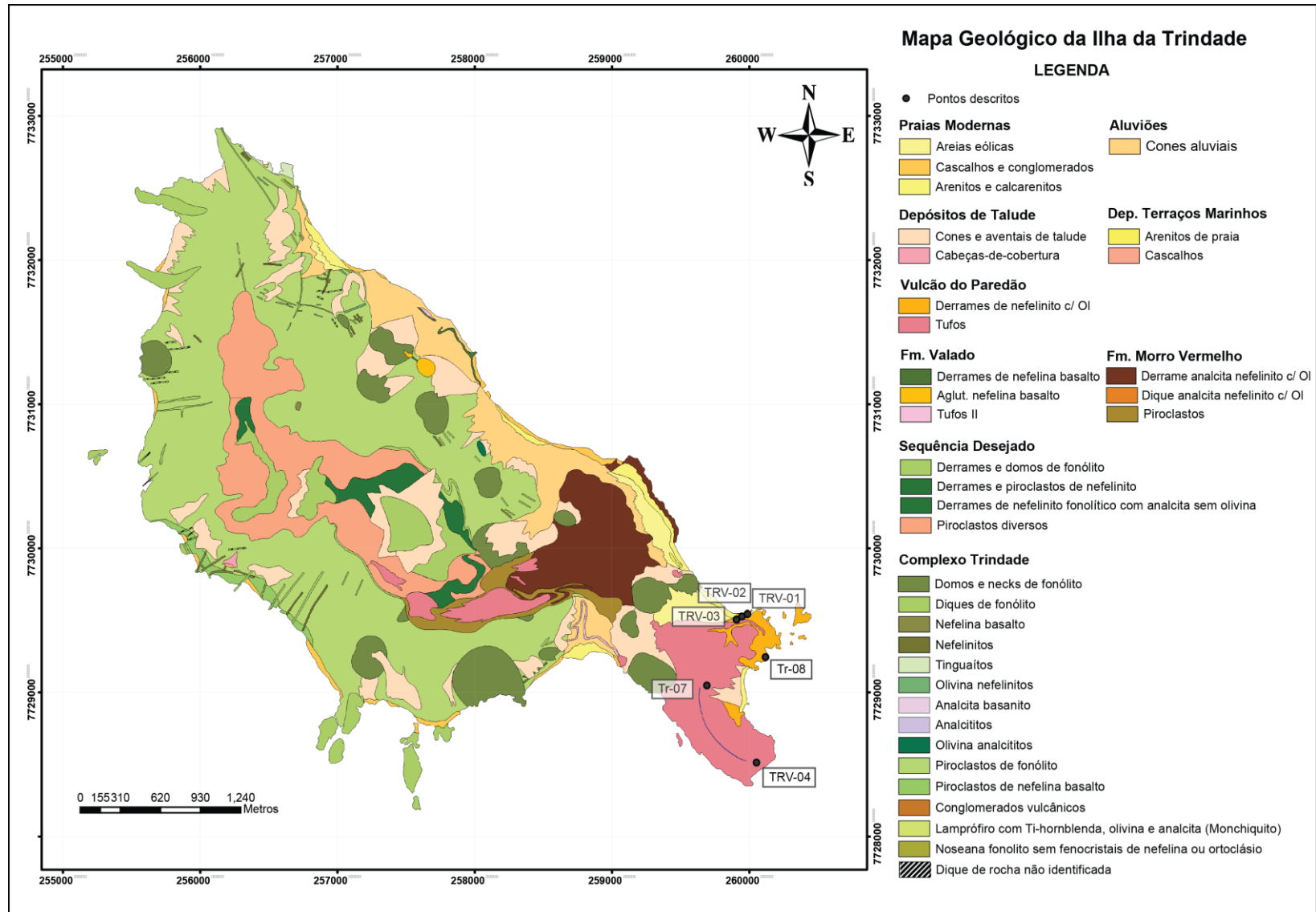
A atividade vulcânica teve início no Plioceno Médio com duração até o Pleistoceno (CORDANI, 1970; HANSEN et al., 1998; PIRES et al., 2016) originando um relevo acidentado com picos de até cerca de 600 metros (Fig. 5). A ilha é constituída por derrames, intrusões e rochas piroclásticas fortemente alcalinas e subsaturadas em SiO_2 , subdivididas em 5 unidades distintas: Complexo Trindade, Sequência Desejado, Formação Morro Vermelho, Formação Valado e Vulcão do Paredão (Fig. 6) (ALMEIDA, 1961; PIRES et al., 2016).

Figura 5: Vista da porção NE da ilha, com destaque para o relevo acidentado.



Fonte: do Autor.

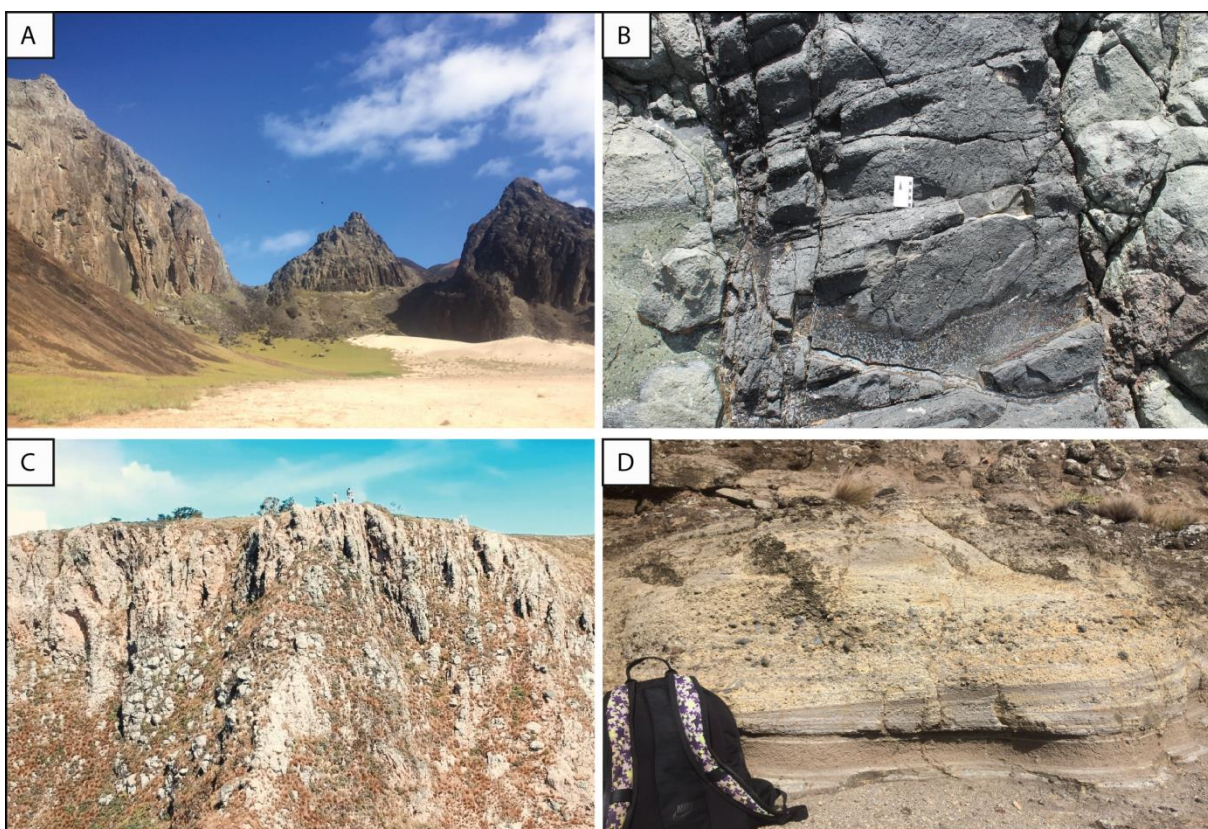
Figura 6: Mapa geológico da ilha com a representação das cinco unidades descritas por Almeida (1961) e com a localização dos pontos de levantamento de seção colunar e amostragem.



Fonte: Modificado de Almeida (1961) e Luz (2019).

A unidade mais antiga da ilha é o Complexo Trindade, com idades entre 3,9 Ma (Ar/Ar – PIRES et al., 2016) e 1,1 Ma (K/Ar - CORDANI, 1970), sendo a maior parte da atividade vulcânica do Complexo Trindade anterior a 2,5 Ma e constitui o maior volume de rochas da ilha. Esta unidade é composta por *necks* e *plugs* fonolíticos e diques e rochas piroclásticas de composições variadas (Figs. 7A e 7B). O vulcanismo da Sequência Desejado sucedeu o Complexo Trindade e é constituído por derrames de fonólito e nefelinito intercalados com rochas piroclásticas de mesma composição (Figs. 7C e 7D), com idades entre 2,63 e 1,5 Ma (K/Ar - CORDANI, 1970).

Figura 7: a) Necks fonolíticos do Complexo Trindade expostos na praia das Tartarugas; b) Dique melanefelinítico do Complexo Trindade intrudindo um neck, próximo a Crista do Galo; c) Derrames fonolíticos da Sequência Desejado, que compõe o topo do platô do Desejado; d) Depósitos piroclásticos do tipo surge da base da Sequência Desejado.



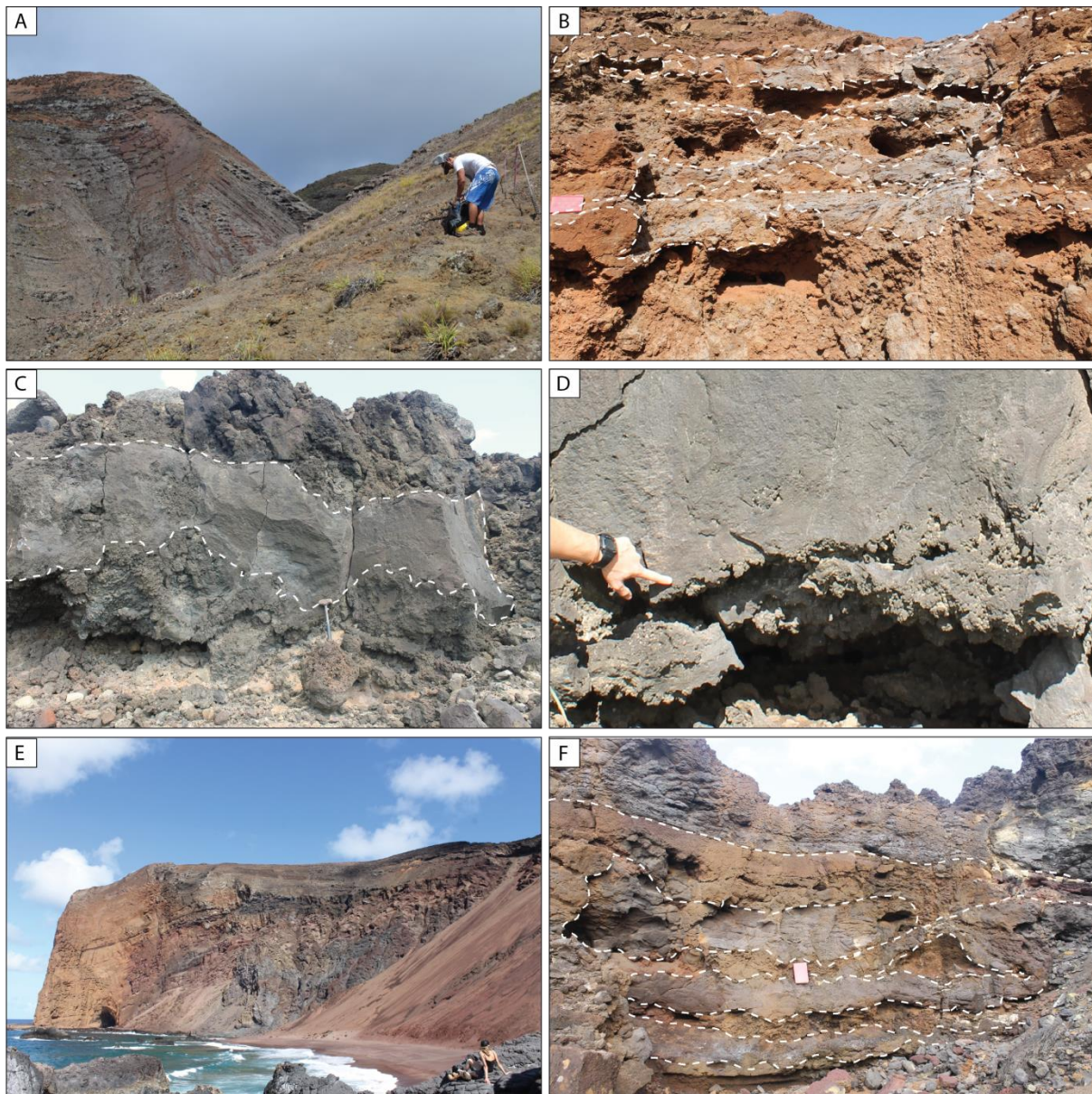
Fonte: do Autor

Após a quiescência do vulcanismo da Sequência Desejado, ocorreu um episódio de vulcanismo estromboliano na porção centro-oriental da ilha, com a geração de rochas piroclásticas e derrames de olivina melanefelinitos com biotita, agrupados na Formação Morro Vermelho (Figs. 8A e 8B). A Formação Morro

Vermelho foi datada por Cordani (1970) por K/Ar em 0.27-0.17 Ma, porém Pires et al. (2016) obtiveram idades de 1.18 e 1.11 Ma (Ar/Ar) em diques nefeliníticos/basaníticos que estariam relacionados ao vulcanismo da Formação Morro Vermelho ou Valado. A Formação Valado não pôde ser datada com precisão até o momento, porém, através da geomorfologia e disposição dos depósitos, infere-se que esta unidade é contemporânea ou posterior ao vulcanismo da Formação Morro Vermelho. Esta formação é composta predominantemente por derrames melaneferiníticos do tipo 'A'a (tanbuschiitos - ALMEIDA, 1961) (Figs. 8C e 8D), situados entre a praia das Cabritas e dos Portugueses.

O Vulcão do Paredão constitui o último episódio de vulcanismo no Brasil e seus depósitos ocorrem na porção sudeste da ilha, onde é possível observar parte do cone de escórias preservado, como a borda da sua cratera original (Fig. 8E). Recentemente, Pires et al. (2016), dataram uma amostra de olivina nefelinito do Vulcão do Paredão através de sistemática Ar/Ar em 0.25 ± 0.19 Ma. O cone piroclástico formou-se pelo processo de *fire fountaing*, atingindo cerca de 200 metros de altura (ALMEIDA 1961, 2002, 2006), e é constituído por tufos lapilíticos contendo bombas, blocos, aglomerados e aglutinados de lava nefelinítica, basanítica e tefrítica (MARQUES et al., 1999). Os derrames que ocorrem na Praia das Tartarugas (Fig. 8F) foram descritos por Almeida (1961) como ankaratritos, termo originalmente definidos por Lacroix (1916) em Ankaratra (Madagascar) como rochas caracterizadas pela predominância de minerais ferromagnesianos, tendo olivina como fenocristais, uma matriz microlítica de titanoaugita e com biotita e ilmenita como acessórios, com menos de 10-15% de nefelina.

Figura 8: a) Cone piroclástico da Fm. Morro Vermelho; b) Derrames melanefelíníticos da Fm. Morro Vermelho; c) Derrames melanefelíníticos da Fm. Valado, de morfologia do tipo 'A'a'; d) Detalhe da porção inferior brechada do derrame do tipo 'A'a' da Fm. Valado; e) Cone de escórias do Vulcão do Paredão; f) Sucessão de derrames melanefelíníticos intercalados com depósitos piroclásticos na porção distal do Vulcão do Paredão.



Fonte: do Autor.

3 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS

Esta seção tem como objetivo apresentar conceitos da estratigrafia de sequências, bem como a aplicação destes para a análise de sucessões vulcânicas, com a finalidade de prover embasamento teórico para a análise estratigráfica do Vulcão do Paredão.

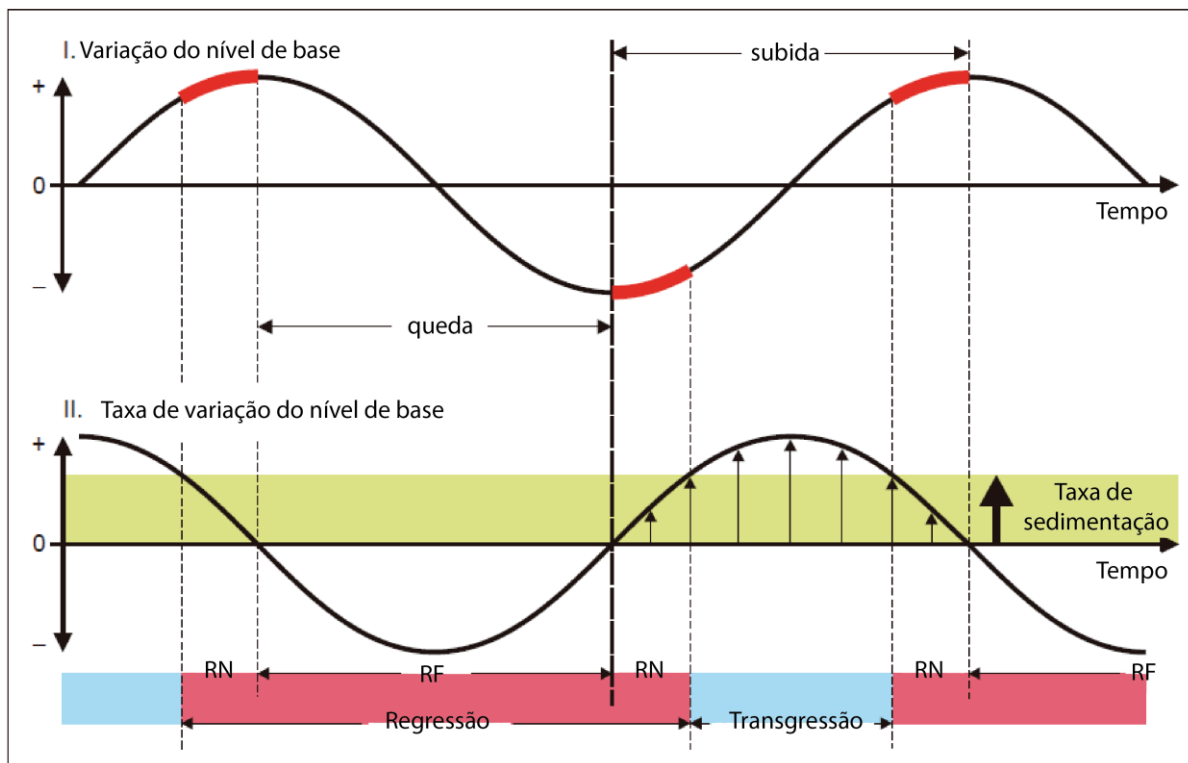
3.1 CONCEITOS BÁSICOS

Uma *sequência* representa uma sucessão de estratos depositados durante um ciclo completo de variação na acomodação e/ou suprimento sedimentar (CATUNEANU et al., 2009), limitada por discordâncias e suas conformidades correlatas (MITCHUM, 1977). A estratigrafia de sequências sedimentares foi definida por Van Wagoner et al. (1987) como o estudo da interação das rochas em um arcabouço cronoestratigráfico, tendo como objetivo subdividir o preenchimento de uma bacia sedimentar em pacotes de rochas geneticamente relacionadas, limitados por superfícies de erosão ou não-deposição e por suas conformidades correlatas. Enquanto a litoestratigrafia correlaciona tipos similares de rochas, a estratigrafia de sequências correlaciona rochas depositadas em um mesmo intervalo temporal, independentemente da litologia, enfatizando as superfícies-chave com significado cronoestratigráfico.

A estratigrafia de sequências é baseada na ciclicidade das sucessões, na variação do nível relativo do mar (NRM) ao longo do tempo (função da tectônica e eustasia) e no influxo sedimentar como controles do preenchimento de uma bacia. A variação do NRM controla a maior ou menor disponibilidade de espaço para o acúmulo de sedimentos (espaço de acomodação) em um determinado ponto no tempo. A interação entre a taxa de acomodação e de influxo sedimentar determina a trajetória de deslocamento da linha de costa (transgressões e regressões normais e forçadas), os padrões de empilhamento e os tratos de sistema (Fig. 9). Os *tratos de sistemas* (BROWN; FISCHER, 1977), definidos pela sua posição dentro da sequência e seus padrões de empilhamento, representam um conjunto de sistemas deposicionais contemporâneos. Os Tratos de Sistema de Nível Baixo (TSNB) e Alto (TSNA) são decorrentes de uma regressão normal, o Trato de Sistema de Estágio

de Queda (TSEQ) de uma regressão forçada e o Trato de Sistema Transgressivo (TST) de uma transgressão.

Figura 9: Curvas de variação do nível de base e de taxa de variação do nível de base ao longo do tempo, com a representação da regressão normal (RN), regressão forçada (RF) e transgressão, definidas pela interação entre a taxa de sedimentação e taxa de variação do nível de base.



Fonte: Modificado de Catuneanu (2006).

Os tratos de sistema são, por sua vez, subdivididos por superfícies limítrofes, definidas de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 1: Superfícies limítrofes entres os tratos de Sistema.

Limite entre tratos	Superfícies limítrofes
TSNA/TSEQ	Superfície erosiva de regressão marinha (SERM) e superfície de base de regressão forçada (SBRRF)
TSEQ/TSNB	Discordância subaérea (DS) e concordância correlata (CC)
TSNB/TST	Superfície de regressão máxima (SRM)
TST/TSNA	Superfície de inundação máxima (SIM), superfície de ravinamento por onda/maré (SR)

Fonte: Modificado de Catuneanu (2006).

As sequências estratigráficas podem ser de três tipos de acordo com a superfície limítrofe em evidência: Sequência Depositional, Sequência Transgressiva-Regressiva (T-R) e Sequência Genética.

A sequência deposicional é definida como uma unidade estratigráfica limitada pela discordância subaérea e sua conformidade correlata (MITCHUM, 1977; POSSAMENTIER; JERVEY; VAIL, 1988; HUNT; TUCKER, 1992), tendo sua gênese associada ao rebaixamento do nível de base de uma bacia, independentemente do influxo sedimentar. A sequência T-R proposta por Embry e Johannessen (1992) é limitada por superfícies de regressão máxima e corresponde a um ciclo completo de transgressão e regressão da linha de costa. Em contrapartida, o limite da sequência genética é a superfície de máxima inundação (FRAZIER, 1974; GALLOWAY, 1989), marcando uma mudança na distribuição paleogeográfica dos sistemas deposicionais e do depocentro da bacia. As sequências T-R e genética dependem do influxo sedimentar, sendo diácronas na bacia, mas são facilmente reconhecidas em perfis, testemunhos e sísmica, diferentemente da sequência deposicional.

3.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA

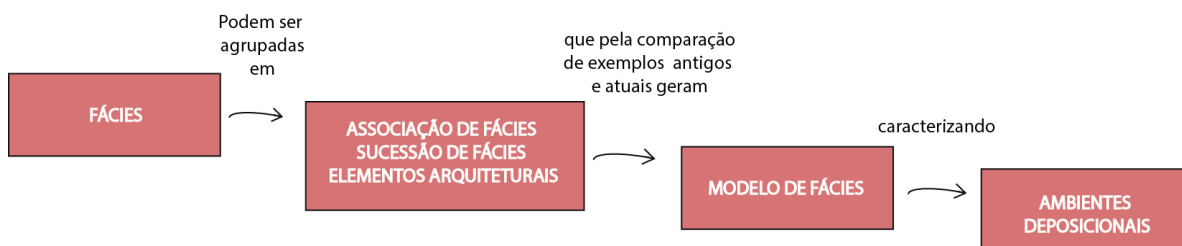
A primeira etapa para a análise estratigráfica é a análise faciológica, que é uma metodologia de descrição sedimentológica utilizada para caracterizar sedimentos e rochas sedimentares em alforamentos, testemunhos ou ambientes modernos. O termo *fácies* (MIDDLETON, 1978; SELLEY, 1978; WALKER, 1984) é utilizado para descrever estratos depositados em um mesmo intervalo temporal que têm um conjunto de características particulares que os distinguem dos adjacentes e resultam de uma combinação entre a litologia, estruturas sedimentares e biológicas.

As fácies identificadas podem ser agrupadas em diferentes *associações de fácies* (COLLINSON, 1969), que caracterizam fácies geneticamente relacionadas entre si, ou ainda em uma sucessão lateral ou vertical de fácies, na qual ocorre a variação gradual em uma direção de um ou mais parâmetros faciológicos específicos. Quando recorrentes e típicas de um ambiente deposicional específico, algumas associações de fácies podem constituir um elemento arquitetural do ambiente, que são subdivisões morfológicas de

grande escala de sistemas deposicionais, caracterizados pela associação e geometria de fácies e pelos processos deposicionais (ALLEN, 1983).

A comparação das associações e sucessões de fácies e elementos arquiteturais de sistemas antigos e atuais permite gerar um *modelo de fácies* que caracteriza um *sistema deposicional* específico (FISHER; MCGOWAN, 1967) (Fig. 10).

Figura 10: Fluxograma das etapas de análise estratigráfica.



Fonte: Extraído de Pasqualon (2017) e modificado de Walker e James (1992).

3.3 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS APLICADA ÀS SUCESSÕES VULCÂNICAS

Devido à ampla variedade de tipos de rochas e processos em terrenos vulcânicos, o mapeamento de sucessões vulcânicas, a interpretação da origem dos depósitos e suas relações estratigráficas são bastante complexos (CAS; WRIGHT, 1987). Desta forma, é necessário estabelecer uma metodologia sistemática de levantamento estratigráfico aplicado aos terrenos vulcânicos, que possa fornecer uma descrição organizada e compreensível da evolução temporal e espacial destes sistemas (BISSON et al., 2013; AIELLO; MARSELLA, 2015; EVANS et al., 2016; MOLES et al., 2018; NÉMETH; PALMER, 2018).

Martí et al., (2018) propuseram recentemente uma revisão da estratigrafia vulcânica, explorando diferentes metodologias aplicadas ao estudo destes sistemas e propondo a aplicação de modelos de fácies adaptados que permitam a definição de unidades litoestratigráficas formais e a hierarquização das principais superfícies. De acordo com estes autores, uma unidade

estratigráfica vulcânica representando uma única unidade eruptiva precisa ser definida com os limites superiores e inferiores bem marcados, diretamente em contato com as unidades estratigráficas mais antigas e mais jovens, respectivamente. Alguns critérios utilizados para identificação destas superfícies são paleosolos, superfícies erosivas, discordâncias estratigráficas e dados geocronológicos. Caso não identificados, outros critérios como variações petrológicas podem ser utilizados para a distinção das unidades.

No mapeamento de rochas sedimentares, a litoestratigrafia é usada para correlacionar pacotes de rocha com as mesmas características litológicas, independentemente da sua relação temporal, e permite correlações em uma área pequena com intervalos agradacionais, nos quais as variações faciológicas variam simultaneamente (CATUNEANU et al., 2011). A aloestratigrafia usa para a correlação as discontinuidades e superfícies com significado temporal e a estratigrafia de sequências correlaciona os tratos de sistema e as superfícies-chave, fornecendo o intervalo temporal para a formação da sequência (CATUNEANU et al., 2011).

Algumas premissas e conceitos básicos da estratigrafia de sequências sedimentares precisam ser revistos quando aplicadas às sucessões vulcânicas. Tanto em terrenos sedimentares quanto nos vulcânicos são utilizados análogos para a comparação das sucessões, o que permite uma perspectiva de escala e a comparação das características semelhantes e distintas entre o modelo e a sucessão real. Além disso, em ambos há a necessidade de estabelecer elementos de referência que auxiliem na interpretação da distribuição espacial das fácies (proximais / distais), como por exemplo, a linha de costa no estudo de sistemas plataformais e o centro eruptivo nos sistemas vulcânicos.

No entanto, a ciclicidade dos eventos, a dependência da variação do NRM e o aporte sedimentar essenciais para a formação de uma sequência sedimentar, não são indispensáveis na construção de uma sequência vulcânica (Tabela 2). Nos ambientes sedimentares, há um equilíbrio dinâmico que torna fácil a previsão da sucessão de fácies, que geralmente é característica de um ambiente deposicional específico. Nas sucessões vulcânicas a identificação de um modelo previsível se torna mais difícil, por conta da aleatoriedade dos eventos em termos temporais e espaciais, de intensidade e volume de material

produzido. Mesmo que eventos individuais gerem depósitos que sirvam para um modelo de fácies geral, isto não se aplica a sucessão vulcânica como um todo.

Tabela 2: Tabela comparativa das premissas básicas da estratigrafia de sequências sedimentares aplicadas à análise estratigráfica de sucessões vulcânicas.

PREMISSAS	ESTRATIGRAFIA SEDIMENTAR	ESTRATIGRAFIA VULCÂNICA
Ciclicidade das sucessões	Eventos cíclicos (transgressão/regressão).	Eventos predominantemente episódicos.
Espaço de acomodação	Necessário para o acúmulo de sedimentos; função da variação do NRM (tectônica x eustasia).	Não é necessário para a ocorrência de depósitos vulcânicos primários, não depende da variação do NRM.
Influxo sedimentar/vulcânico	Depende da taxa de denudação.	Depende do estilo eruptivo e da taxa de denudação (termos epiclásticos).

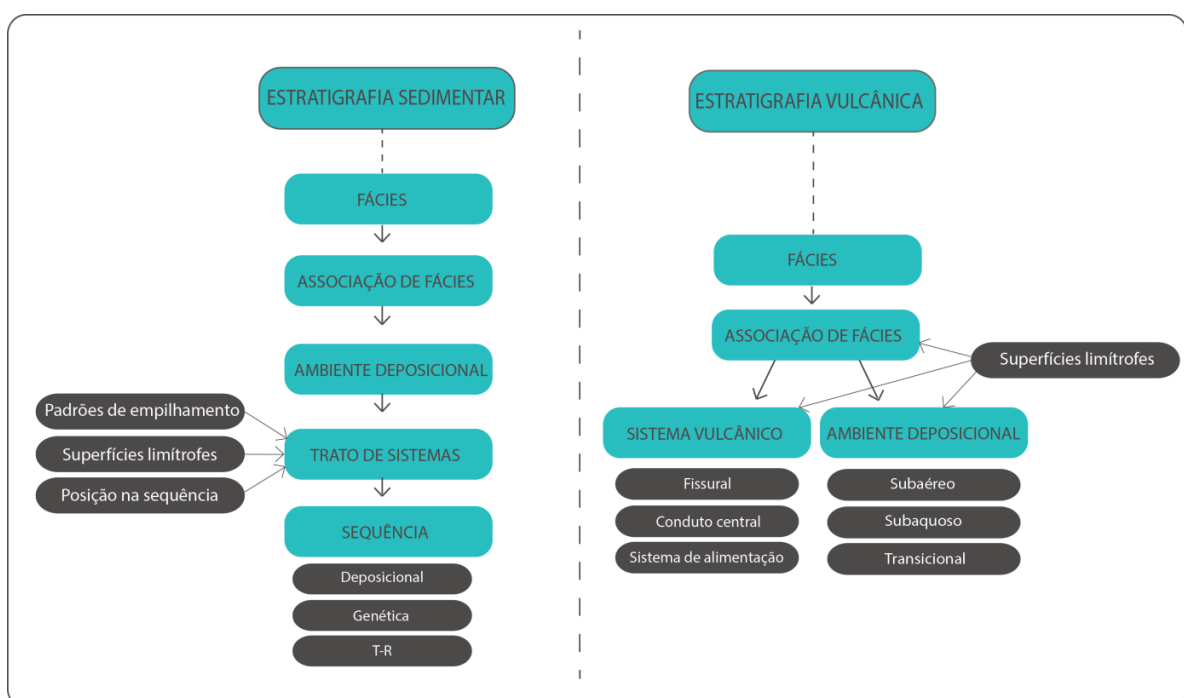
Fonte: Extraído de Pasqualon (2017).

Apesar das divergências, a metodologia para a construção de um arcabouço estratigráfico em sistemas vulcânicos é baseada na estratigrafia sedimentar, incluindo a análise faciológica, a associação de fácies e sucessão vertical e lateral destas que possibilitam a interpretação do sistema vulcânico e a definição de unidades estratigráficas distintas. A partir da associação de fácies vulcânicas é possível caracterizar se o ambiente deposicional é subaéreo, subaquoso ou transicional e se o sistema vulcânico é fissural, de conduto central, ou um sistema de alimentação (Fig.11). As superfícies em sistemas vulcânicos podem separar diferentes associações de fácies, ambientes deposicionais ou sistemas vulcânicos mais complexos, podendo representar variações no estilo eruptivo intra-sistema, eventos catastróficos,

como o colapso de uma caldeira, eventos erosivos ou hiatos temporais significativos.

O conceito de tratos de sistemas não pode ser aplicado à estratigrafia vulcânica, pois estes são definidos com base nos padrões de empilhamento, posição dentro da sequência e tipos de superfícies limítrofes, correspondendo às variações na linha de costa ao longo do tempo (BROWN; FISHER, 1977; VAIL, 1987; HUNT; TUCKER, 1992; GALLOWAY, 2004).

Figura 11: Fluxograma para comparação da metodologia de análise estratigráfica em sistemas sedimentares e vulcânicos.



Fonte: do Autor.

3.1.1 Análise faciológica

De acordo com Selley (1978), os cinco elementos essenciais para a descrição de uma fácies são: geometria, litologia, estruturas sedimentares, paleocorrentes e conteúdo fossilífero. Miall (1977) criou um código de fácies para rochas sedimentares a partir da análise de depósitos fluviais constituído pelo identificador de fácies (granulometria + estrutura) seguido pela descrição da litofácies, das estruturas sedimentares e de uma possível interpretação do processo (Tabela 3).

Cas e Wright (1987) descreveram uma tabela de classes de tamanho de grão de rochas vulcanoclásticas, suas características diagnósticas e possível processo de origem, de acordo com a lógica proposta por Miall (1977).

Tabela 3: Exemplo do código de fácies proposto por Miall (1977).

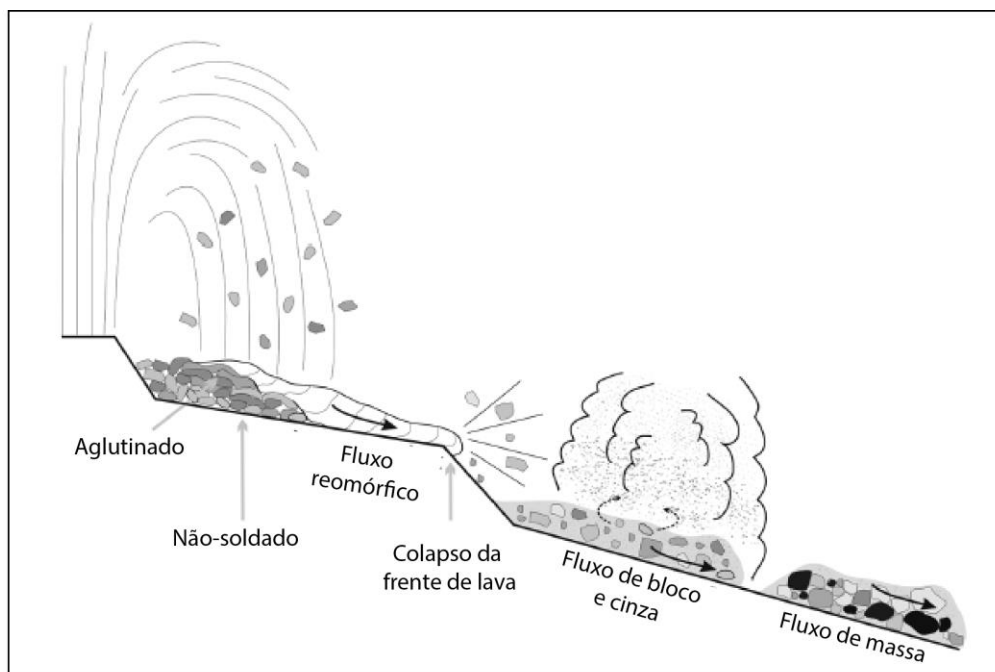
Código de fácies	Litofácies	Estruturas sedimentares	Interpretação
Sh (Sand horizontal)	Arenito fino a grosso, podendo ser conglomerático.	Estratificação plano-paralela.	Fino - Regime de fluxo inferior Grosso – Regime de fluxo superior.

Fonte: Extraído de Pasqualon et al. (2017).

A descrição de fácies em sistemas vulcânicos assemelha-se aos sedimentares para os termos piroclásticos e epiclásticos, com variação apenas na nomenclatura do tamanho das partículas: cinza (<2 mm), lúpili (2-64 mm), bomba e bloco (>64 mm). Seguindo o proposto por McPhie (1993), a descrição de fácies coerentes e autoclásticas é baseada na composição/litologia (cristais, fenocristais, micrólitos, vidro vulcânico, vesículas e xenólitos) seguido pelas estruturas como o grau de massividade, fraturas, disjunções colunares/tabulares, padrões de vesiculação, estrias de fluxo e bandamento.

Uma vez descritas e interpretadas, as diferentes litofácies são agrupadas em associações de litofácies, que podem representar variações nas taxas de efusão, condições paleotopográficas, variações no estilo eruptivo, composicionais, de saturação em voláteis ou nas taxas de ascensão do magma. Além da variação vertical de fácies, estas ainda podem variar lateralmente (Fig. 12), representando variações nas condições de transporte de partículas e da dinâmica interna de uma corrente de densidade piroclástica.

Figura 12: Variação lateral de fácies (proxima-distal) em depósito vulcânico. Depósito de cinza e blocos formado pelo colapso de lavas clastogênicas, originalmente formada pela aglutinação de partículas. O retrabalhamento do depósito de cinza e blocos é representado pelo fluxo de massa distal.




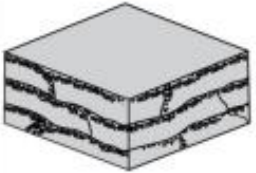

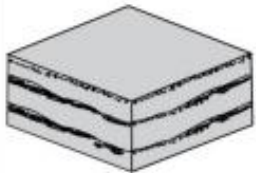
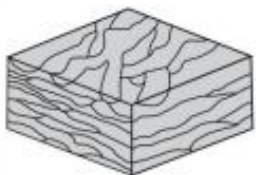
Fonte: Modificado de Martí et al. (2018).

A metodologia de análise faciológica foi recentemente utilizada por Rossetti et al. (2018) para a construção de um arcabouço estratigráfico regional para os derrames da Província Ígnea Paraná-Etendeka. Estes autores elaboraram uma nova proposta estratigráfica que subdivide a sucessão vulcânica de acordo com a arquitetura de fácies, morfologia dos derrames, posição e marcadores estratigráficos aliados às características petrográficas em 4 unidades: Fm. Torres, Fm. Vale do Sol, Fm. Palmas e Fm. Esmeralda, compondo o Grupo Serra Geral. A morfologia dos derrames que representam cada uma das unidades corresponde a um tipo de associação de litofácies distinto.

Trabalhos anteriores (JERRAM, 2002; SINGLE, 2004; WAICHEL et al., 2012) já haviam proposto com base nesta metodologia a arquitetura de fácies para derrames em províncias basálticas continentais. Waichel et al. (2012) descreveram a arquitetura de fácies para os derrames do Grupo Serra Geral, na calha de Torres (Fig.12). Single (2004) hierarquizou a arquitetura de fácies em micro, meso e macro-escala para os basaltos da Ilha de Skye. A micro-

escala consistiu no estudo das heterogeneidades intrafaciológicas, a meso nas heterogeneidades geométricas dos derrames em um campo de derrames, e a macro na arquitetura de fácies em escala de bacia, através da correlação de seções estratigráficas ou uso de fotogrametria.

Figura 13: Arquitetura de fácies vulcânicas descritas por Waichel et al. (2012) na calha de Torres.

Arquitetura da Fácies Vulcânica	Bloco Diagrama	Tipo de Derrame (Predominante)	Espessura Média (por derrame)	Espessura máxima
Derrames Tabulares		derrames tabulares ácidos	~20 m	~150m
Tabular/ Lobular Escorreácea		derrames 'a'a	10 - 15 m	~250 m
Domos de Lava		domos ácidos	até 30 m	~150 m
Tabular Clássica		derrames <i>pahoehoe</i> simples	10 - 20 m	~500 m
Composta Anastomosada		derrames <i>pahoehoe</i> compostos (área de duna)	0,3 - 1,0 m	100-200 m
		derrames <i>pahoehoe</i> pondeados (áreas de interdunas)	até 40 m	

Fonte: Tradução extraída de Barreto et al. (2016).

Além da extensa aplicação desta metodologia em grandes províncias ígneas, esta abordagem também tem sido amplamente utilizada no estudo de vulcões monogenéticos. Németh e White (2003) reconstruíram os processos eruptivos de vulcões monogenéticos no campo vulcânico de Waipiata, na Nova

Zelândia, a partir do levantamento de seções colunares, identificação de litofácies e associações de litofácies e de sua interpretação. O trabalho de Kereszturi e Németh (2016) descreve a arquitetura de fácies vulcânicas para oito cones de escória no campo vulcânico de Auckland, também na Nova Zelândia, com o objetivo de interpretar os mecanismos eruptivos e processos deposicionais envolvidos em sua formação.

Diversos outros vulcões monogenéticos no mundo como, por exemplo, Lathrop Wells, em Nevada (VALENTINE et al., 2005), a Montanha Pelada em Tenerife (CARMONA et al., 2011) e a Montanha Vermelha no Arizona (RIGGS e DUFFIELD, 2008), também foram descritos e interpretados com base na metodologia de análise estratigráfica.

Os trabalhos apresentados, mesmo que representando diferentes contextos geotectônicos, aplicam a metodologia de análise estratigráfica em sucessões vulcânicas e serviram como base teórica para o levantamento estratigráfico do Vulcão do Paredão.

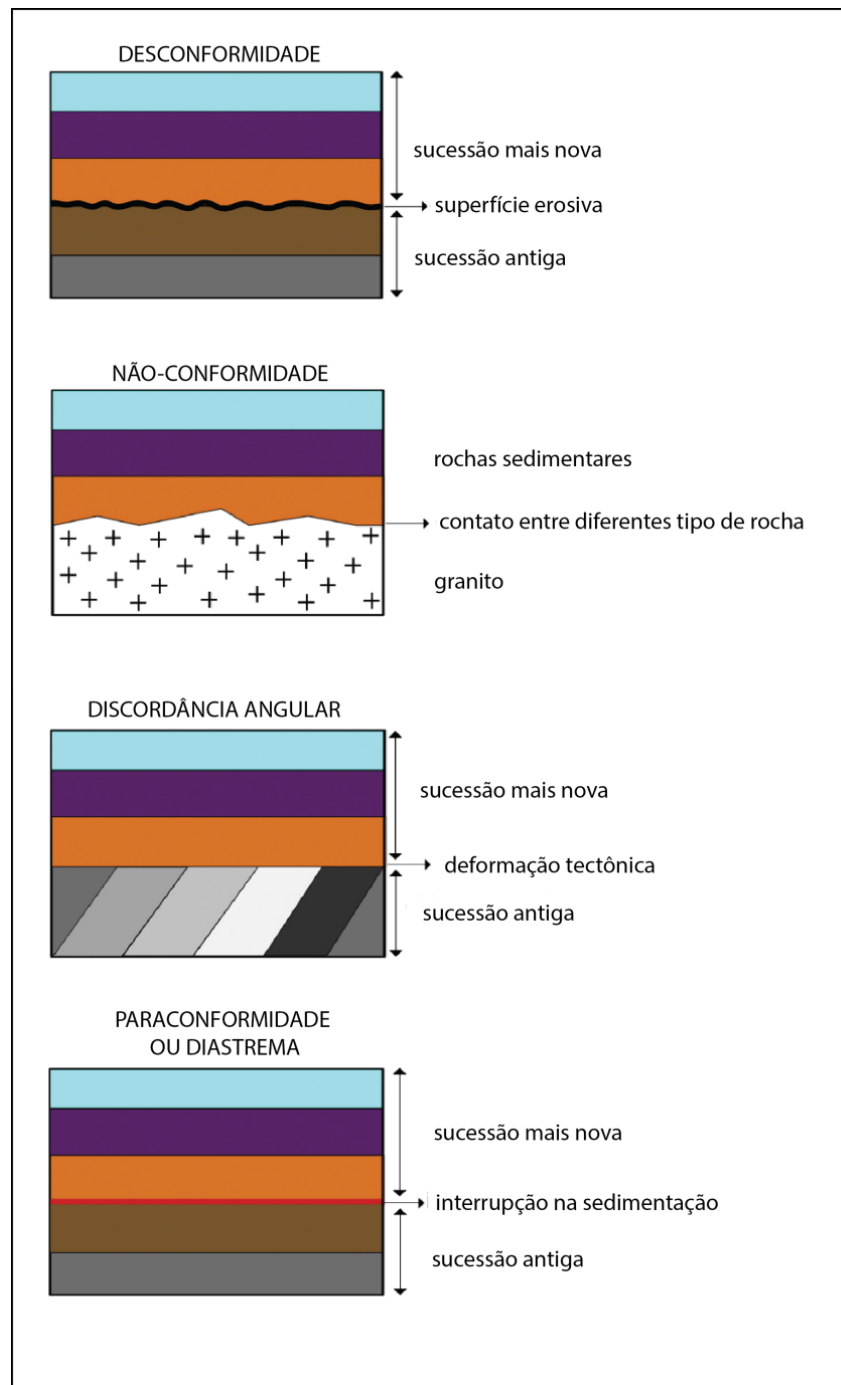
3.1.2 Superfícies vulcânicas

Na estratigrafia clássica, uma discordância é definida como uma superfície de erosão ou não deposição separando dois corpos rochosos que representa um hiato temporal significativo na sucessão estratigráfica (SALVADOR, 1994), podendo ser de 4 tipos principais: desconformidade, não-conformidade, discordância angular e paraconformidade (Fig.14). Em terrenos sedimentares, além de representarem um hiato temporal significativo, estas superfícies tendem a ocorrer em escala regional ou interregional. A estratigrafia de sequências, conforme exposto na seção 3.1, é baseada no reconhecimento de superfícies limítrofes, que representam discordâncias erosivas significativas e suas concordâncias correlatas (CATUNEANU, 2006).

Em terrenos vulcânicos, estas discordâncias também podem ser identificadas, mas diferentemente da estratigrafia sedimentar, podem ocorrer em depósitos originados da mesma erupção ou entre produtos de erupções sucessivas de um mesmo vulcão, não necessariamente sendo representativas de um hiato temporal ou ação tectônica, e são localmente restritas. Martí et al. (2018) propuseram três grupos de discordâncias vulcânicas:

- 1) Discordâncias maiores (*major unconformities*)
- 2) Discordâncias moderadas (*moderate unconformities*)
- 3) Discordâncias menores (*minor unconformities*)

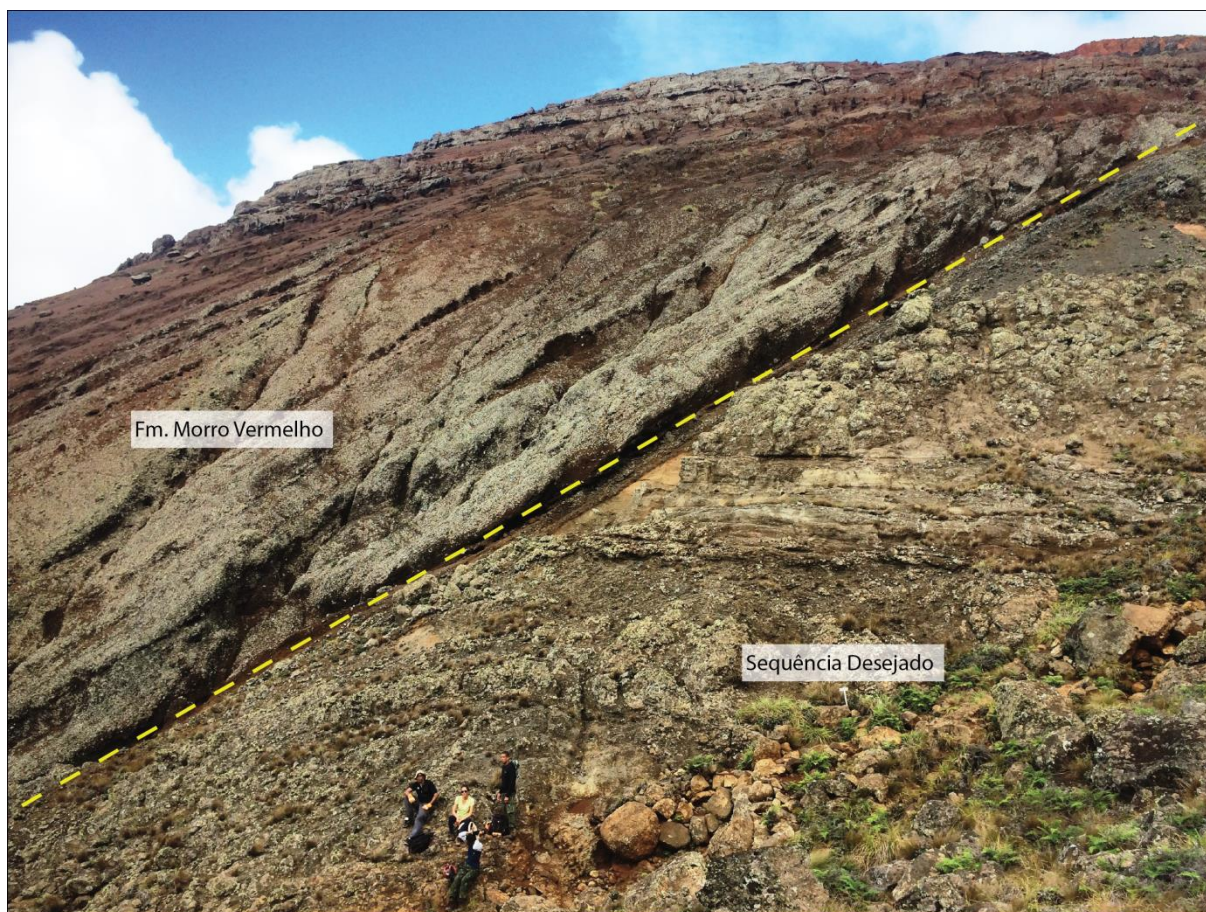
Figura 14: Tipos de superfícies estratigráficas: desconformidade, não-conformidade, discordância angular e paraconformidade.



Fonte: Modificado de Martí et al. (2018).

As discordâncias maiores (1° ordem) marcam grandes variações na dinâmica do sistema vulcânico, podendo ser produzidas em processos destrutivos como o colapso de caldeiras ou falhamentos de grandes setores. Aplicando-se esta abordagem no contexto de uma grande província ígnea como a do Paraná-Etendeka, esta discordância poderia marcar a base do Grupo Serra Geral, no contato entre a Fm. Torres e a Fm. Botucatu, enquanto que no contexto da ilha da Trindade, esta superfície separaria as diferentes unidades, como, por exemplo, o contato entre a Fm. Morro Vermelho e a Sequência Desejado (Fig 15).

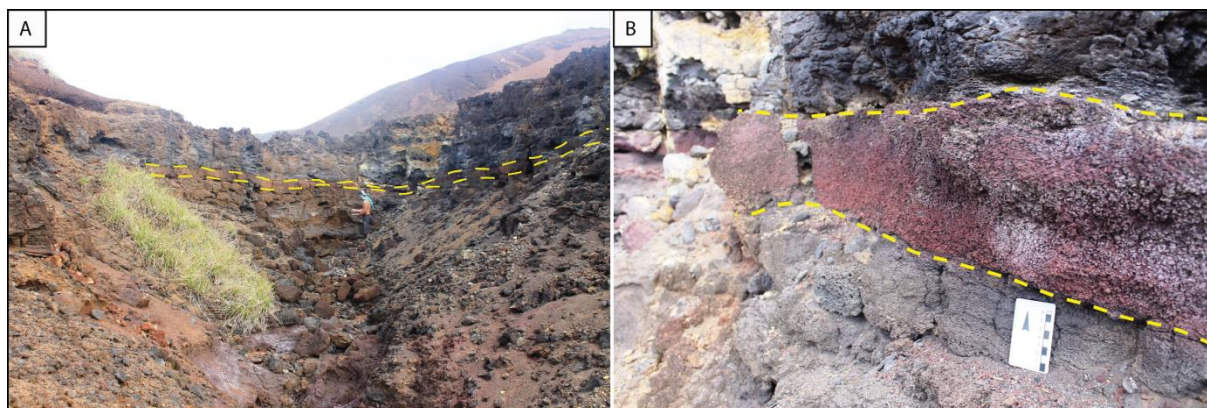
Figura 15: Discordância angular, que pode ser considerada uma discordância maior de acordo com Marti et al. (2018), separando duas unidades estratigráficas na Ilha da Trindade, a Sequência Desejado da subseqüente Fm. Morro Vermelho.



Fonte: do Autor.

As discordâncias moderadas (2° ordem) representam hiatos menores que os de primeira ordem que podem caracterizar estágios erosivos durante períodos de inatividade com a deposição de material retrabalhado ou ainda a formação de paleossolos. Estas superfícies não implicam em grandes variações na dinâmica do sistema vulcânico. No Grupo Serra Geral, estas superfícies podem estar marcada pelos níveis de sedimento interformacionais. Na ilha da Trindade, elas são intra-formacionais, podendo marcar variações no estilo eruptivo dentro de uma mesma unidade, como, por exemplo, na intercalação de depósitos piroclásticos com derrames nos depósitos do Vulcão do Paredão (Fig. 16).

Figura 16: Superfícies que separam depósitos piroclásticos de derrames no Vulcão do Paredão, representando discordâncias moderadas.



Fonte: do Autor.

As discordâncias menores (3° ordem) ocorrem entre erupções sucessivas separadas por curtos intervalos de repouso, ou entre diferentes pulsos de uma mesma erupção, e também não representam uma variação significativa na dinâmica do sistema vulcânico. Exemplos deste tipo de discordância seriam discordâncias angulares geradas pela variação na direção do vento e na forma e morfologia do conduto por colapso gravitacional local. Na ilha da Trindade este tipo de superfície pode ser exemplificada pelo deslizamento de parte do cone de escórias da Fm. Formação Morro Vermelho e a continuidade da deposição dos fragmentos em ângulo com as camadas que sofreram colapso. (Fig. 17).

Figura 17: Disordância intra-formação gerada pelo colapso gravitacional de parte do cone de escórias da Fm. Morro Vermelho, e continuidade do vulcanismo com a deposição das camadas em outra direção.



Fonte: do Autor.

CAPÍTULO II

4 METODOLOGIA

4.1 ETAPA PRÉ-CAMPO

Na etapa pré-campo foi feita a revisão bibliográfica e foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto.

4.1.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica envolveu a leitura de uma série de trabalhos com informações sobre contexto geológico, geocronologia e petrologia da Ilha da Trindade e dos depósitos do Vulcão do Paredão, além de uma revisão dos conceitos de vulcanologia e de estratigrafia. Esta etapa constituiu o embasamento teórico para o desenvolvimento do trabalho.

4.1.2 Sensoriamento remoto

Técnicas de sensoriamento remoto (ArcGis e Google Earth) foram utilizadas para a confecção de um mapa geológico e para o entendimento da distribuição dos depósitos do Vulcão do Paredão na ilha, essenciais para o desenvolvimento de uma boa etapa de campo.

4.2 ETAPA DE CAMPO

Foram realizadas três campanhas de campo que tiveram duração de aproximadamente 1 mês cada, em junho de 2016, 2017 e 2018. As etapas de campo envolveram a aquisição de dados geológicos dos depósitos do Vulcão do Paredão para a construção de um arcabouço estratigráfico e amostragem para a caracterização petrográfica das diferentes litofácies.

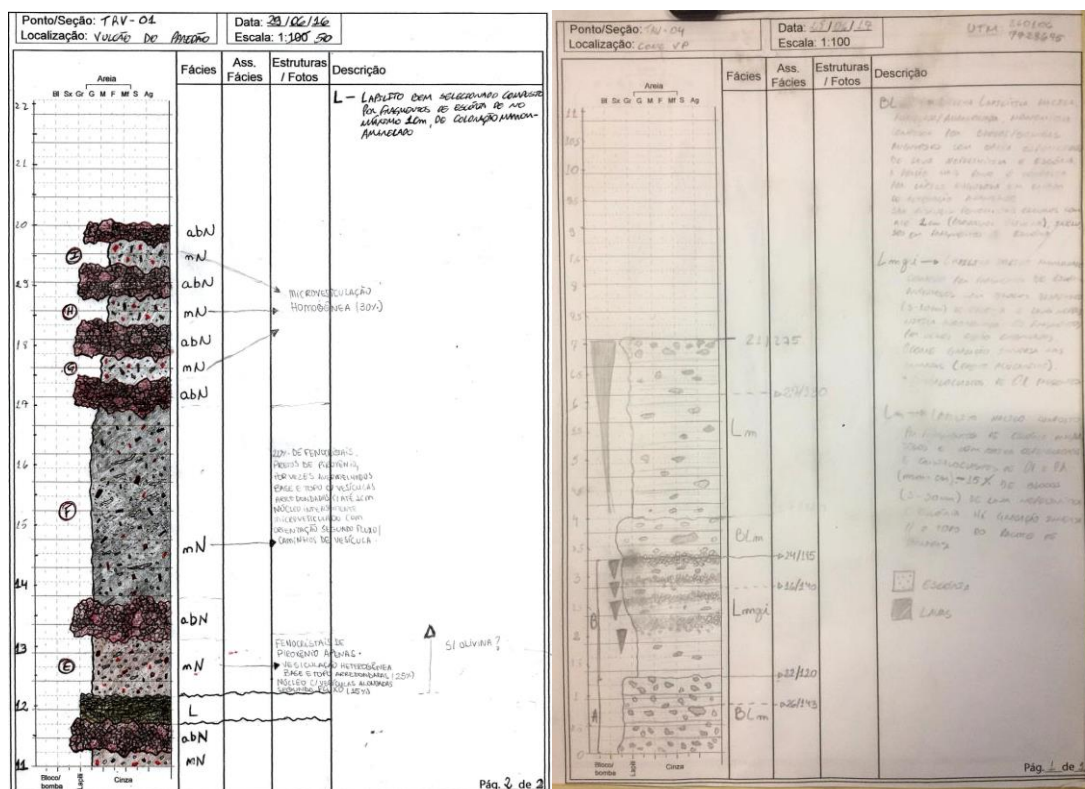
4.2.1 Levantamento de seções colunares

Uma seção colunar é uma representação gráfica da sucessão de litologias que ocorrem ao longo de uma área específica, acompanhada da descrição litológica e de estruturas, utilizada para a construção de um arcabouço estratigráfico. Para a análise estratigráfica do Vulcão do Paredão,

foram levantadas 4 seções colunares em escala 1:50, sendo 3 delas nos depósitos da Praia das Tartarugas (TRV-01, TRV- 02 e TRV-03), espaçadas lateralmente em ~25m, e uma delas no cone de escórias (TRV-04) (Fig. 6). Em cada seção foram medidas as espessuras das camadas e descritas as diferentes litofácies vulcânicas, com base na cor, mineralogia primária, textura e estrutura (Fig.18). Também foram utilizadas letras à esquerda da seção para a indicação de amostragem e fotos.

As seções da Praia das Tartarugas foram levantadas na campanha de 2016. Em 2017 foi realizado o levantamento da seção no cone de escórias e em 2018 as seções foram refinadas e as associações de fácies foram reinterpretadas.

Figura 18: Representação gráfica feita em campo dos depósitos do Vulcão do Paredão através do levantamento de seção colunar no ponto TRV-01 (esquerda) e TRV-04 (direita), acompanhada da descrição litológica na coluna da direita. Outras informações importantes foram inseridas na seção, como conteúdo de fenocristais e padrões de vesiculação. As letras à esquerda indicam fotos e amostragens.



Fonte: do Autor.

4.2.2 Amostragem

A amostragem foi realizada com o uso de marreta e talhadeira e de um GPS Garmin eTrex 10 com precisão de 3 m para a localização das amostras. Os pontos foram amostrados ao longo das seções TRV-01, TRV-03 e TRV-04 com exceção das amostras TR-07 e TR-08 (tabela 4), totalizando 16 amostras (9 de fácies coerentes, 4 piroclásticas e 3 autoclásticas) para análise petrográfica.

Tabela 4: Tabela de pontos amostrados.

Amostra	UTM (mE)	UTM (mN)	Altitude (m)	Descrição
TRV-01A	259989	7729542	1	Núcleo de derrame nefelinítico ('A'a)
TRV-01B	259989	7729542	3	Núcleo de derrame nefelinítico ('A'a)
TRV-01C	259989	7729542	6	Núcleo de derrame nefelinítico ('A'a)
TRV-01F1	259989	7729542	14	Núcleo de derrame nefelinítico ('A'a)
TRV-01F2	259989	7729542	16	Núcleo de derrame nefelinítico ('A'a)
TRV-03A	259909	7729503	11	Núcleo de derrame nefelinítico ('A'a)
VP-03A2	259909	7729503	11	Base de derrame nefelinítico ('A'a)
TRV-03B	259909	7729503	16	Núcleo de derrame nefelinítico ('A'a)
TRV-03D	259909	7729503	20	Lápili-tufo intercalado aos derrames
VP-03D1	259909	7729503	21	Base de derrame nefelinítico ('A'a)
TRV-03F	259909	7729503	25	Lapilito intercalado aos derrames
VP-03G	259909	7729503	26	Núcleo de derrame nefelinítico (Rubbly)
VP-03G2	259909	7729503	27	Topo de derrame nefelinítico (Rubbly)
TRV-04B	260106	7728675	1	Lapilito da base do cone de escórias
TR-07	259693	7729046	206	Lápili-tufo do topo do cone de escórias
TR-08	260120	7729243	10	Núcleo de derrame nefelinítico

4.3 ETAPA PÓS-CAMPO

A etapa pós-campo envolveu o tratamento das seções colunares, a preparação de amostras para a análise petrográfica e a integração dos dados para a construção do arcabouço estratigráfico.

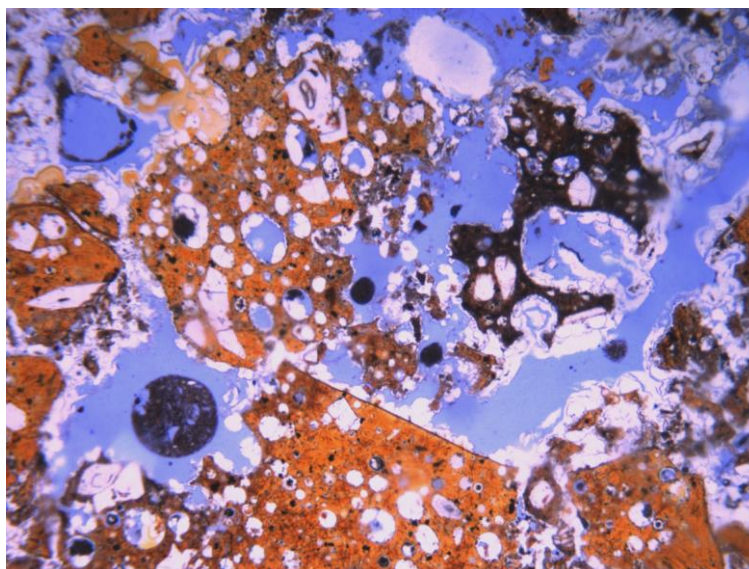
4.3.1 Tratamento dos dados de campo

As seções colunares foram digitalizadas e desenhadas através do programa *Adobe Illustrator*. As fotografias representativas das diferentes litofácies e associações de litofácies foram tratadas com *Adobe Photoshop* e colocadas em plates de fotos também com uso do *Illustrator*.

4.3.2 Preparação de amostras

As amostras coletadas foram preparadas para petrografia no laboratório de preparação de amostras do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IGEO-UFRGS). As amostras selecionadas para petrografia foram cortadas em uma serra diamantada e encaminhadas ao laboratório Petrografia BR para a confecção de lâminas delgadas com 30 μm de espessura e impregnadas com resina azul para a avaliação da microporosidade (Fig. 19).

Figura 19: Fotomicrografia da lâmina TRV-04B, impregnada com resina azul à luz natural.

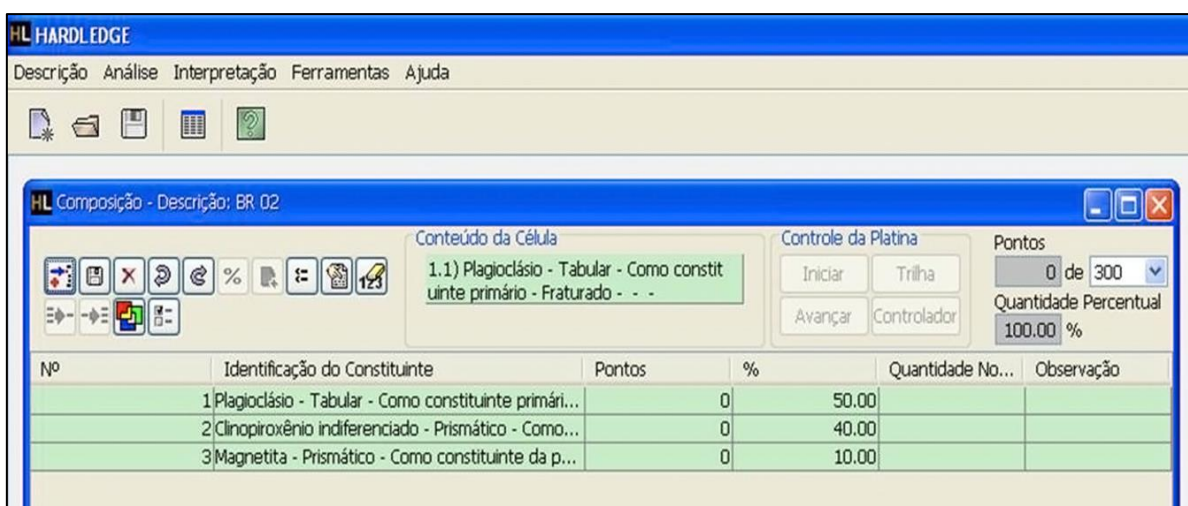


Fonte: do Autor

4.3.3 Petrografia

A descrição petrográfica das lâminas delgadas impregnadas foi realizada para a caracterização das fases minerais e da microporosidade dos depósitos do Vulcão do Paredão. Para isso, foi utilizado o microscópio petrográfico Leitz Laboulux 12 com uma câmera digital colorida *Scion Corporation* modelo CFW-1612C acoplada, sob luz transmitida polarizada, juntamente ao software *Hardledge* (Fig. 20). Este software permite a organização sistemática dos dados de acordo com a mineralogia primária, produtos de alteração, texturas principais e subordinadas, descrição dos tipos de poros, além da classificação da rocha e quantificação da microporosidade a partir da contagem modal de 300 pontos.

Figura 20: Interface do software *Hardledge* na seção da descrição da composição e contagem modal de 300 pontos.



CAPÍTULO III

5 RESULTADOS

Os resultados, a discussão e as conclusões da análise estratigráfica do Vulcão do Paredão são apresentados na forma de um artigo científico intitulado "*Lithofacies association and stratigraphy of the Paredão Volcano, Trindade Island, Brazil.*" publicado na *Journal of Volcanology and Geothermal Research* na versão final em 01 de Junho de 2019. De acordo com a norma 118 do PPGGeo-UFRGS, o artigo foi inserido na dissertação no formato do manuscrito aceito para publicação, para não violação dos direitos autorais da revista. O artigo no formato final publicado está disponível online no site do periódico através do link: <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2019.05.011> e no CD juntamente aos anexos da dissertação.

O artigo apresenta a proposta de um arcabouço estratigráfico para o Vulcão do Paredão, por meio da descrição e interpretação de litofácies e associações destas. Foram identificadas sete litofácies, sendo duas coerentes e cinco vulcanoclásticas. Os códigos de fácies apresentados no corpo desta dissertação foram mantidos em inglês, de acordo com o apresentado no artigo. As litofácies coerentes são de nefelinito porfírico maciço (Npm) e vesicular (Npv). A litofácies autoclástica é de brecha nefelinítica maciça (Nb). As litofácies piroclásticas são de lapilito e lúpili-brecha maciços (Lm e LBm), lúpili-tufo com estratificação plano-paralela (LTP) e lapilito com gradação inversa (Lrg).

As associações de litofácies permitiram a identificação de derrames do tipo 'A'a, *rubblly pahoehoe* e *pahoehoe*, de depósitos piroclásticos proximais, caracterizando o cone de escórias, e de depósitos piroclásticos distais, interpretados como depósitos de queda.

Através da interpretação da sucessão vertical e lateral dos depósitos propôs-se um modelo evolutivo para o vulcanismo, que teve como estágio inicial uma fase freatomagmática, sucedida por uma fase predominantemente estromboliana e uma fase final havaiana. Os fatores controladores da variação na dinâmica eruptiva são discutidos no artigo.

Your manuscript VOLGEO_2018_388_R1 has been accepted

De:Joan Marti (Journal of Volcanology and Geothermal Research)
(evisesupport@elsevier.com)

Para:nati_pasqualon@yahoo.com.br

Data:sexta-feira, 10 de maio de 2019 04:28 BRT

Ref: VOLGEO_2018_388_R1

Title: Lithofacies association and stratigraphy of the Paredão Volcano, Trindade Island, Brazil.

Journal: Journal of Volcanology and Geothermal Research

Dear Miss. Gauer Pasqualon,

I am pleased to inform you that your paper has been accepted for publication.

Your accepted manuscript will now be transferred to our production department. We will create a proof which you will be asked to check. You can read more about this [here](#). Meanwhile, you will be asked to complete a number of online forms required for publication. If we need additional information from you during the production process, we will contact.

Thank you for submitting your work to Journal of Volcanology and Geothermal Research. We hope you consider us again for future submissions.

Kind regards,

Joan Marti
Editor
Journal of Volcanology and Geothermal Research

Comments from the editors and reviewers:

Have questions or need assistance?

For further assistance, please visit our [Customer Support](#) site. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about EVISE® via interactive tutorials. You can also talk 24/5 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email.

Copyright © 2018 Elsevier B.V. | [Privacy Policy](#)

Elsevier B.V., Radarweg 29, 1043 NX Amsterdam, The Netherlands, Reg. No. 33156677.

Share your article [VOLGEO_6612] published in Journal of Volcanology and Geothermal Research

De:Elsevier - Article Status (article_status@elsevier.com)

Para:nati_pasqualon@yahoo.com.br

Data:sábado, 1 de junho de 2019 17:45 BRT

ELSEVIER

Share your article!

Dear Miss Pasqualon,

We are pleased to let you know that the final version of your article *Lithofacies association and stratigraphy of the Paredão Volcano, Trindade Island, Brazil* is now available online, containing full bibliographic details.

To help you access and share this work, we have created a Share Link – a personalized URL providing **50 days' free access** to your article. Anyone clicking on this link before July 21, 2019 will be taken directly to the final version of your article on ScienceDirect, which they are welcome to read or download. No sign up, registration or fees are required.



Your personalized Share Link:

<https://authors.elsevier.com/a/1Z9JS1LkU3OD9->

Click on the icons below to share with your network:



We encourage you to use this Share Link to download a copy of the article for your own archive. The URL is also a quick and easy way to share your work with colleagues, co-authors and friends. And you are welcome to add the Share Link to your homepage or social media profiles, such as Facebook and Twitter.

You can find out more about Share Links on Elsevier.com.

Did you know, as an author, you can use your article for a wide range of scholarly, non-commercial purposes, and share and post your article online in a

variety of ways? For more information visit www.elsevier.com/sharing-articles.

Kind regards,
Elsevier Researcher Support

Increase your article's impact

Our [Get Noticed](#) guide contains a range of practical tips and advice to help you maximize visibility of your article.

Have questions or need assistance?

Please do not reply to this automated message.

For further assistance, please visit our [Elsevier Support Center](#) where you search for solutions on a range of topics and find answers to frequently asked questions.

You can also talk to our researcher support team by phone 24 hours a day from Monday-Friday and 24/7 by live chat and email.

© 2018 Elsevier Ltd | **Privacy Policy** <http://www.elsevier.com/privacypolicy>

Elsevier Limited, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, United Kingdom, Registration No. 1982084. This e-mail has been sent to you from Elsevier Ltd. To ensure delivery to your inbox (not bulk or junk folders), please add article_status@elsevier.com to your address book or safe senders list.

1
2 **Lithofacies association and stratigraphy of the Paredão Volcano,**
3 **Trindade Island, Brazil.**

4 Natália Gauer Pasqualon^{1*}, Evandro Fernandes de Lima¹, Claiton Marlon dos Santos
5 Scherer¹, Lucas de Magalhães May Rossetti¹, Fernando Rodrigues da Luz¹

6 *Corresponding author. E-mail: nati_pasqualon@yahoo.com.br

7 ¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Geosciences institute, Campus do
8 Vale, Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brazil.

9 ***Abstract***

10 A stratigraphic framework can be constructed through lithofacies description and
11 interpretation. The application of this method in volcanic systems is a fundamental tool for
12 understanding their evolution and eruptive dynamics and for establishing hazard
13 assessments in active volcanic areas. This work presents and discusses a detailed
14 stratigraphy of the Paredão Volcano, allowing the understanding of the lateral and vertical
15 distribution of volcanic facies and the 3D geometry of the deposits, generating a model for
16 the volcanism and discussing the erupting mechanisms. The Paredão Volcano is a scoria
17 cone located in the southeast of Trindade Island and represents the youngest subaerial
18 volcanic episode (Pleistocene) recorded in Brazil. Its stratigraphic organization indicates
19 nephelinitic flows alternate with lapillistones and lapilli-tuffs of same composition at the
20 base and a pyroclastic cone with nearly 200 m high above the sea level. Through lithofacies
21 description and association 4 stratigraphic columns were constructed in scale 1:50, three of
22 them at the Tartarugas beach (TRV-01, TRV-02, TRV-03) and the other one at the
23 pyroclastic cone (TRV-04). The petrographic characterization of facies was carried through
24 conventional optical microscopy. The stratigraphic analysis resulted in the distinction of
25 seven lithofacies, divided into two coherent and five volcanoclastic (one autoclastic and
26 four pyroclastic). The coherent lithofacies are of massive (Npm) and vesicular porphyritic
27 nephelinite (Npv). Texturally, the lavas are holocrystalline and vesicular, composed by
28 olivine phenocrysts in a very fine matrix of clinopyroxene, nepheline, zeolite and
29 titanomagnetite, at times with phlogopite. The autoclastic lithofacies of nephelinitic breccia
30 (Nb) is composed of fragments (2 mm – 15 cm) of vesicular nephelinite and the pyroclastic
31 ones are composed mainly of lapillitic scoria fragments with subordinate bombs and
32 volcanic ash. The pyroclastic lithofacies are of massive lapillistone (Lm) and lapilli-breccia
33 (LBm), planar stratified lapilli-tuff (LTP), and reverse grading lapillistone (Lrg). The
34 lithofacies associations characterize ‘A’ a, rubbly pahoehoe and pahoehoe flow types, distal
35 and proximal pyroclastic deposits. The interpretation of the vertical and lateral facies
36 distribution leads to the conclusion that the volcanism occurred with an initial
37 phreatomagmatic stage, succeeded by a Strombolian stage (pyroclastic with primary
38 fragments domain) and a final Hawaiian stage (lava flows domain).

39 **KEYWORDS:** VOLCANIC STRATIGRAPHY, RECENT VOLCANISM, TRINDADE
40 ISLAND

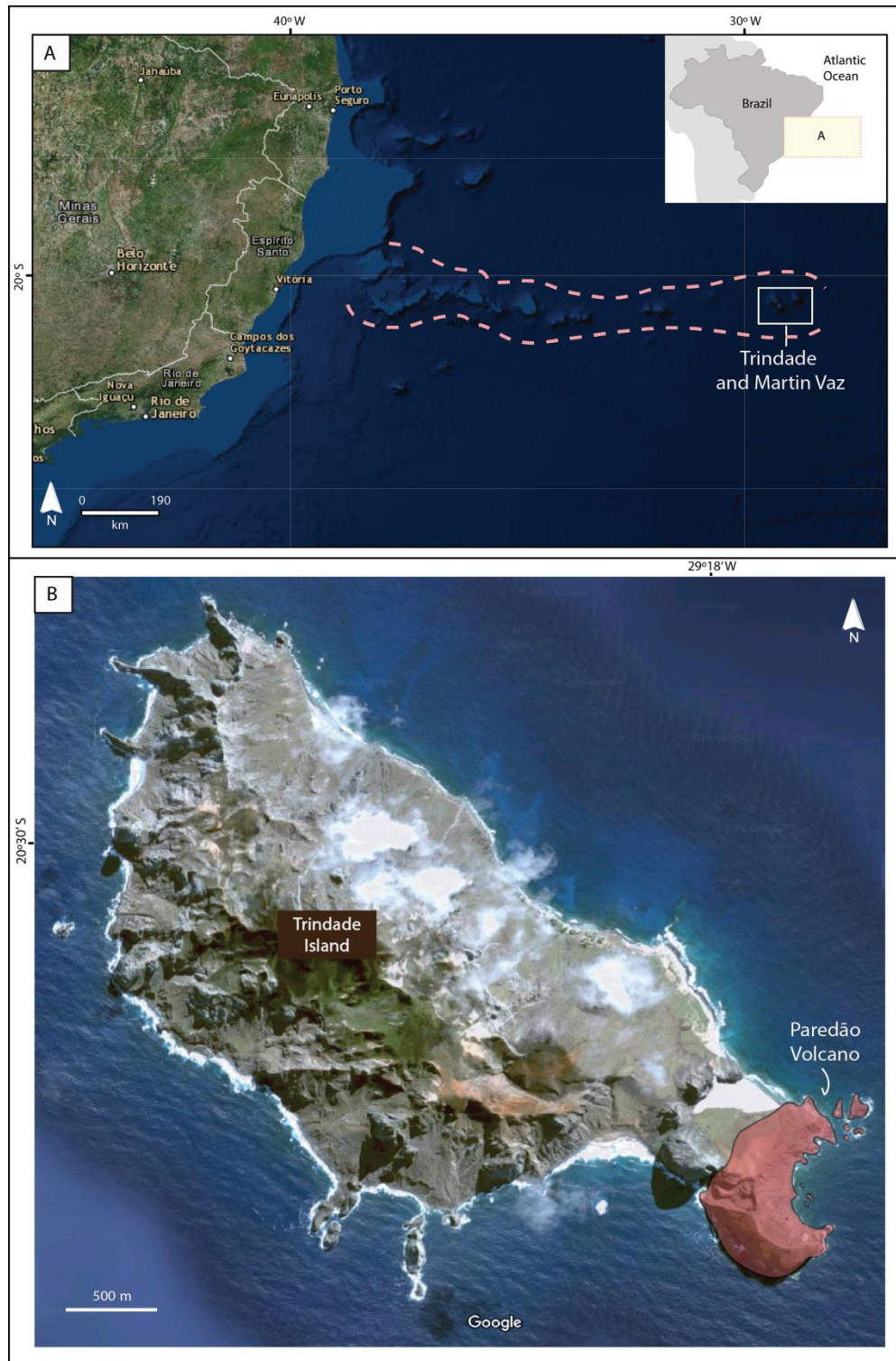
41 **1. Introduction**

42
43 The construction of a stratigraphic framework in volcanic systems is a fundamental
44 tool for understanding their evolution and eruptive dynamics and for establishing
45 hazard assessments in volcanic areas (Sulpizio et al., 2010; Pedrazzi et al., 2013; Bolós
46 et al., 2014; Martí et al., 2018). Besides the need of understanding volcanic systems to
47 predict their future behavior, a detailed stratigraphic study of recent volcanic terrains is
48 essential for generating field analogues for the exploitation of mineral resources
49 associated to volcanic systems (e.g. Stix et al., 2003; Rogers et al., 2014; De Wolfe and
50 Pittman, 2018) or unconventional volcanic reservoirs in volcano-sedimentary basins
51 (e.g. Schutter, 2003; Farooqui et al., 2009; Liu et al., 2012; Wang and Chen, 2015).

52 Despite of intense debate concerning the application of conventional sedimentary
53 sequence stratigraphy terms and methods to the construction of volcanic stratigraphy
54 (e.g. Wright et al., 1981; Wilson and Walker, 1982; Fisher and Schmincke, 1984; Cas
55 and Wright, 1987; Groppelli et al., 2010; Martí et al. 2018), the systematic description
56 of lithofacies and their association has been widely used and can provide the basis for
57 the interpretation of volcanic successions, establishing the temporal and spatial
58 evolution of the volcanic field (Sparks and Walker, 1973; Cas and Wright, 1987;
59 Jerram, 2002; Németh et al., 2012; Óskarsson and Riishuus, 2013; 2014; Rossetti et al.
60 2014; Fornero et al., 2018; Simões et al., 2018).

61 Furthermore, this methodology has recently been applied to the study of scoria
62 cones with primary pyroclastic successions to various rafting and collapse events (e.g.
63 Németh et al., 2011; Kereszturi and Németh, 2016; Kósik et al., 2016; Báez et al., 2017;
64 Sparice et al., 2017), the most common monogenetic subaerial volcanos in the world
65 (Cas and Wright, 1987). The construction of scoria cones usually alternate Hawaiian
66 fire-fountain episodes and Strombolian phases and the study of their textural
67 characteristics and facies distribution are a key to understand the processes involved in
68 the depositional mechanisms and the variations in the eruptive style (Di Traglia et al.,
69 2009; Kereszturi and Németh, 2016).

70 The remnants of pyroclastic cones are well preserved and exposed in the
71 easternmost portion of the Brazilian territory, the Trindade Island. Trindade (ca. 10 km²
72 - Almeida, 2006) is a volcanic island in the south Atlantic Ocean, located at
73 approximately 1.100 km east from the Brazilian coast (lat. 20°30' S; long. 29°22')
74 (Fig.1A). Together with the archipelago of Martin Vaz, it represents the emerged
75 portions of the submarine Vitória-Trindade Ridge, rising around 5000 m above the
76 seafloor (Almeida, 2006). The geology of Trindade Island was first described through a
77 geochemical and geochronological approach by Almeida (1961) and others (e.g.
78 Cordani, 1970; Marques et al. 1999). Recently, Pires and Bongiolo (2016) proposed a
79 revision of the stratigraphy of the island based on new field and petrographic data,
80 though a detailed stratigraphic framework involving the description of lithofacies and
81 association for the different geological units remains undone. Therefore, this work
82 presents and discusses a detailed analysis of the stratigraphy of the Paredão Volcano, the
83 last Brazilian subaerial volcanic episode (Pleistocene) located in the southeast of
84 Trindade Island (Fig.1B), allowing the understanding of the lateral and vertical
85 distribution of facies and the geometry of the deposits, generating an evolutionary model
86 for the volcanism and discussing the erupting mechanisms.



87

88 **Fig. 1.** A) Location of Trindade Island and Martim Vaz marked by the white box (ESRI Image).

89 The dashed line indicates the extension of the Vitória-Trindade Ridge. B) Trindade Island satellite

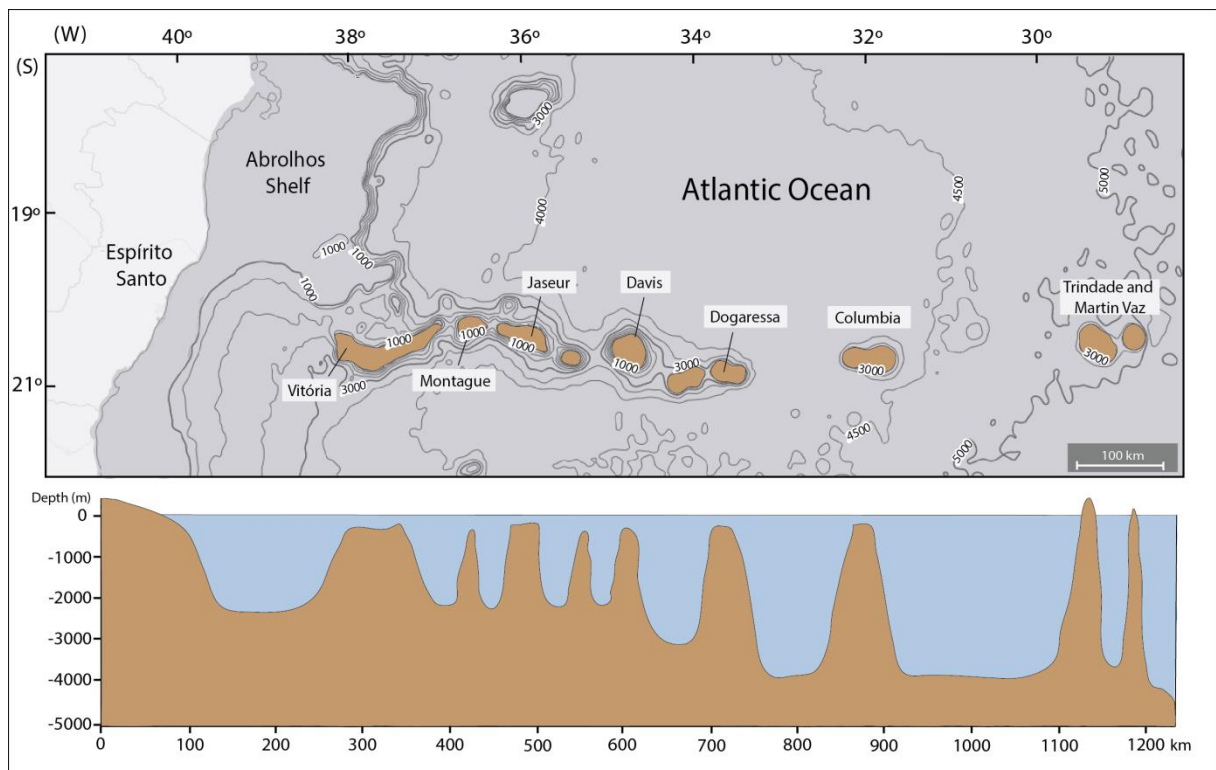
90 image obtained from Google Earth (2018), highlighting the location of the Paredão Volcano in the

91 southeastern portion.

92 **2. Geology of Trindade Island**

93 Trindade and Martin Vaz represent the emerged portions of the Vitória-Trindade
 94 Ridge, whose W–E trend is believed to represent the volcanic track left by the Trindade
 95 hotspot on the overriding South American Plate since the Tertiary (Hartnady and Le
 96 Roex, 1985; O’Connor and Duncan, 1990; Gibson et al., 1995, 1997; Siebel et al., 2000)
 97 (Fig.2). Given their isotopic similarity, this submarine volcanic chain is considered to be
 98 the extension of the alkaline continental magmatism of the Alto Parnaíba and Alto
 99 Poxoréu provinces, ~85 Ma, and the Abrolhos shelf, 40-50 Ma (Cordani and Blazekovic,
 100 1970; Gibson et al., 1995, 1997; Fodar, 1989; Fodor and Hanan, 2000).

101



102

103 **Fig. 2.** Vitória-Trindade Ridge bathymetric map and profile. The highlighted features represent
 104 the submarine mounts and guyots. Contour lines are of 500 m deep. Data from NGDC (2018)
 105 and bathymetric profile modified from Almeida (2006) and Alves et al. (2006).

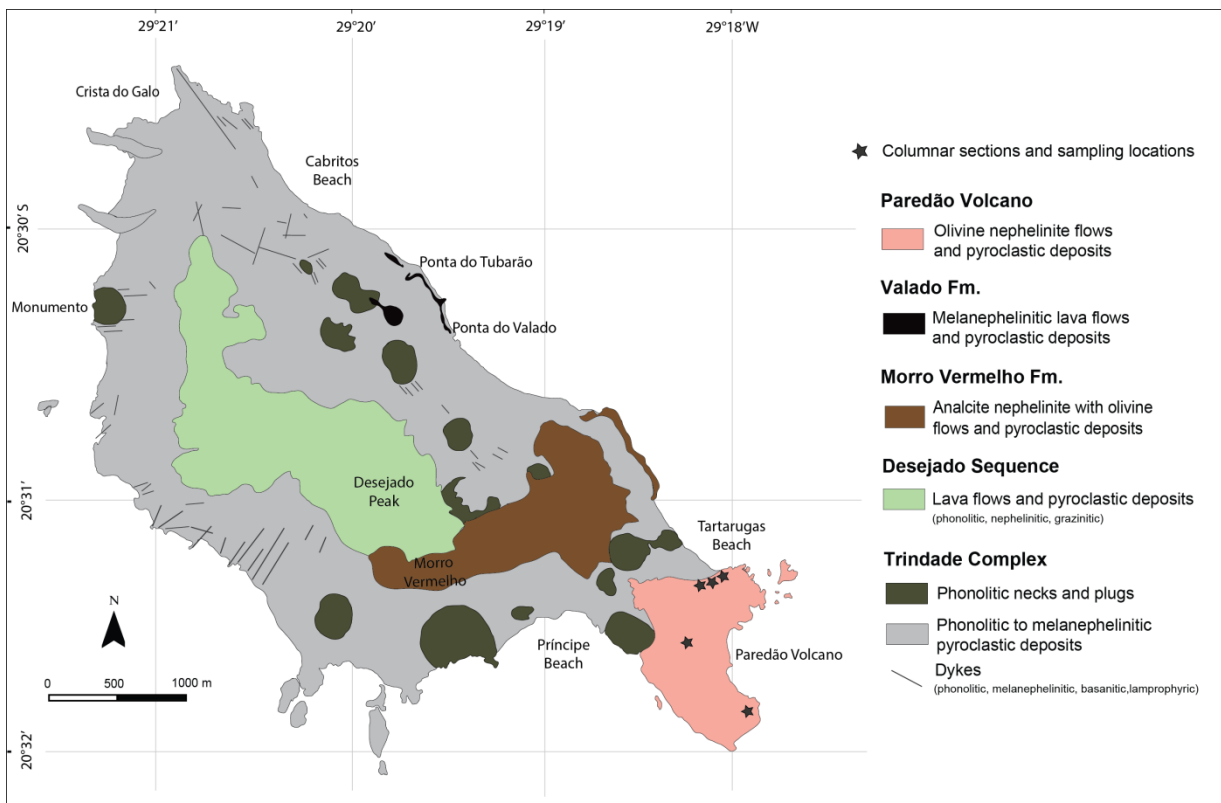
106

107 Trindade Island is elongated along a NW-SE axis, with most of its structures
108 indicating a NW direction of σ_1 during its formation, compatible with an ENE-WSW to
109 E-W right-lateral binary (Ferrari and Riccomini, 1999). Volcanic activity started at the
110 mid-Pliocene, lasting until the Pleistocene (Cordani, 1970; Hansen et al., 1998; Pires et
111 al., 2016). The island is formed by lava flows, intrusions and pyroclastic rocks of
112 strongly sodic alkaline, SiO_2 undersaturated nature, firstly divided by Almeida (1961)
113 into five geological units: Trindade Complex, Desejado Sequence, Morro Vermelho
114 Formation, Valado Formation and Paredão Volcano (Fig. 3).

115 The *Trindade Complex* volcanism started around 3.9 Ma (Ar/Ar - Pires et al., 2016)
116 until 1.1 Ma (K/Ar - Cordani, 1970) and consists of heterogeneous pyroclastic deposits
117 (melanephelinites to phonolites) and phonolitic subvolcanic intrusions (Marques et al.
118 1999) that formed the basement of the island. Its most expressive features are the
119 phonolitic *necks* and *plugs*, which are widespread and can reach up to 600 m height.
120 This unit is also composed of dykes of variable compositions including olivine and
121 clinopyroxene melanephelinites, monchiquites and analcime basanites. The *Desejado*
122 *Sequence* (2,6 - 1,5 Ma - K/Ar, Cordani, 1970) covers the Trindade Complex in the
123 central part of the island, especially in the Desejado peak, and consists of phonolitic and
124 subordinate nephelinitic lava flows interlayered with pyroclastic rocks of similar
125 composition. The *Morro Vermelho Formation* succeeded the Desejado Sequence in the
126 central-east portion of the island and is represented by a 200 m thick pile of
127 melanephelinitic and ankaratritic lava flows succeeded by pyroclastic deposits. This
128 volcanic event was firstly dated by Cordani (1970) through K/Ar on whole rock in 0.27-
129 0.17 Ma. However, Pires et al. (2016) obtained ages around 1.2 Ma (Ar/Ar on whole
130 rock) in nephelinitic and basanitic dykes probably related to this volcanism. The *Valado*
131 *Formation* is not precisely dated, however, through the geomorphology and field
132 relations, it has been inferred to be contemporary/posterior to the Morro Vermelho
133 Formation. This unit is restricted to the area between the Ponta do Tubarão and Ponta
134 do Valado (Fig.3), and it is composed mainly of melanephelinitic lava flows. The
135 youngest unit of the Trindade Island, the *Paredão Volcano*, was recently dated through
136 the method Ar/Ar in 0.25 ± 0.19 Ma (Pires et al., 2016) and recognized as the last

137 subaerial volcanic manifestation in the Brazilian territory. The deposits are constituted
 138 of lava flows that outcrop in the Tartarugas Beach and a pyroclastic cone and are
 139 restricted to the southeastern portion of the island (Fig. 3). According to Almeida
 140 (1961; 2002; 2006), the cone was constructed through fire fountain process, reaching
 141 around 200 m height above the sea level. It is constituted by lapilli-tuffs, bombs,
 142 blocks, agglomerated and agglutinated of nephelinitic, basanitic and tephritic lava
 143 (Marques et al., 1999). The lava flows were described by Almeida (1961) as
 144 ankaratrites, defined by Lacroix (1916) as rocks dominantly formed by iron-magnesium
 145 minerals, with olivine as phenocrysts, a microlithic matrix of titanomagnetite, with biotite
 146 and ilmenite as accessory minerals, with less than 10-15% of nepheline. This unit will
 147 be detailed in the following sections.

148



149

150 **Fig. 3.** Simplified geological map of Trindade Island with columnar sections and sampled localities
 151 represented by the dark stars; After Almeida (1961).

152

153 3. Analytical Procedures

154 Fieldwork and petrography were carried out for the general description of the
155 Paredão Volcano. Conventional optical microscopy was applied for petrographic
156 characterization using the petrographic microscope Leitz Labourlux 12 under
157 transmitted light and the software [Hardledge](#). This software allows a systematic data
158 organization according to the primary mineralogy, alteration products, main and
159 subordinate textures, pores types, rock classification and porosity quantification through
160 the modal counting of 300 points.

161 For the stratigraphic analysis, 4 columnar sections were constructed at scale 1:50, of
162 which 3 were located at the Tartarugas Beach, laterally spaced in approximately 25
163 meters, and 1 at the southeast corner of the scoria cone (Fig.3). For each section, the
164 deposits were represented in a vertical log succession combined with the description of
165 the lithofacies and facies association.

166 *Lithofacies* represent beds classified on the basis of their depositional attributes,
167 including bedding, grain size, texture and sedimentary structures, reflecting a specific
168 depositional process (Miall, 1992). Miall (1977) created a facies code for sedimentary
169 rocks constituted by the facies identification, its description and interpretation. In
170 sedimentary stratigraphy, the facies identification is represented by a capital letter
171 followed by the structure in lowercase (e.g. Sm - massive sands). In this work, the
172 description of lithofacies for the pyroclastic deposits follows the criteria adopted for
173 sedimentary rocks, with the adaption of the the grain size nomenclature to volcanic
174 particles (e.g. ash, lapilli, bomb and block), following the classification proposed by
175 Schmidt (1981). For the lava flows and autoclastic rocks, the lithofacies description was
176 based on the primary composition followed by the textures and rock structures (e.g.
177 porphyritic, aphyric, massive, vesicular, fractured) as suggested by McPhie et al.,
178 (1993).

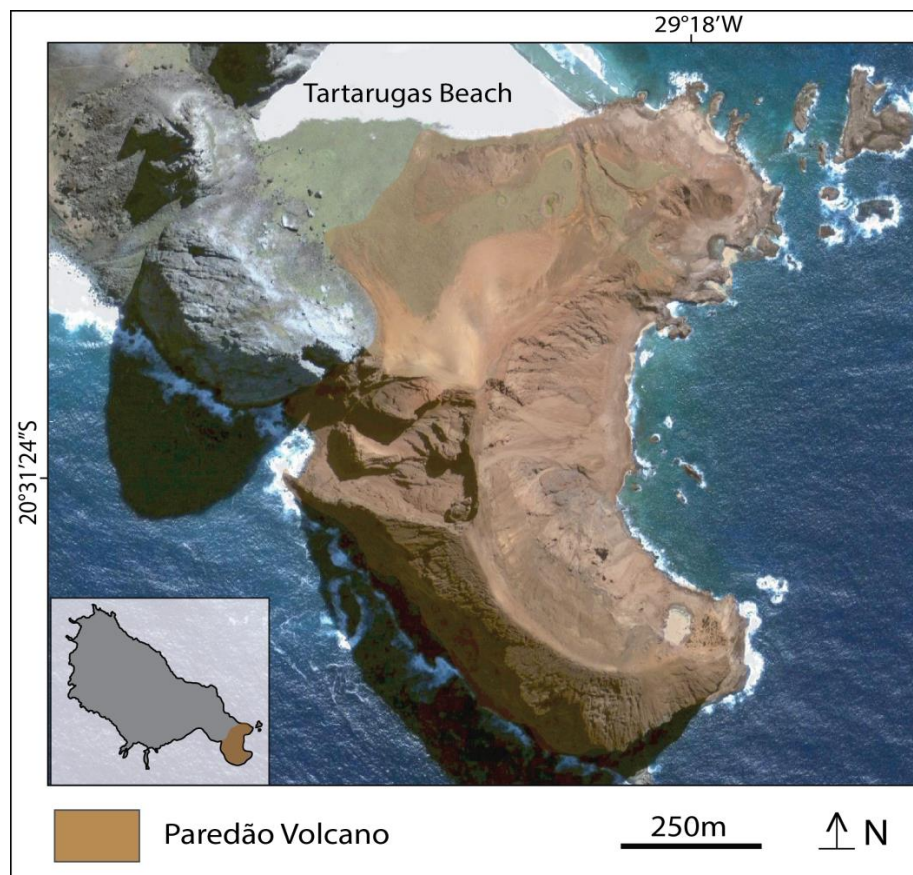
179 The lithofacies were grouped in *facies associations*, which correspond to a group of
180 facies genetically related to one another, which have some environmental
181 significance (Collinson, 1969; 1996; Dalrymple, 2010). Through the description and
182 association of lithofacies, it is possible to recognize or reconstruct the volcanic

183 processes that occurred during the genesis of the Paredão Volcano, and these provide
 184 the basis for constructing an evolutionary stratigraphic model for the area.

185

186 4. The Paredão Volcano

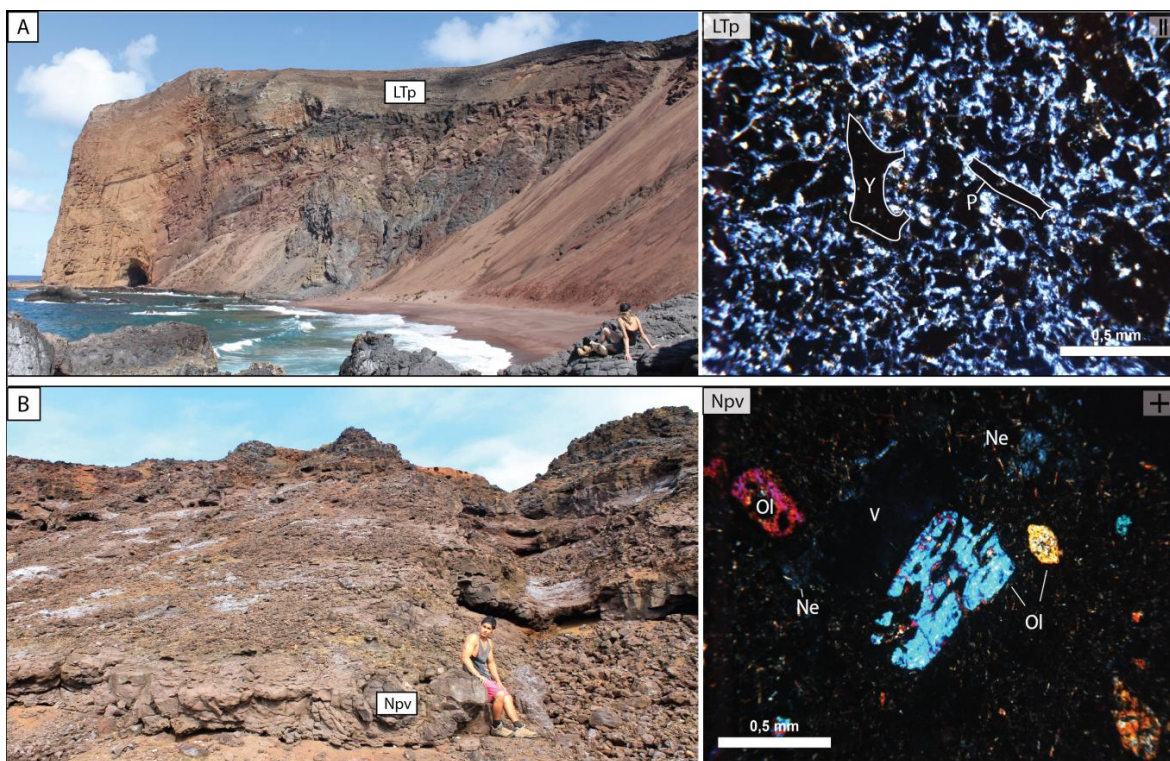
187 The Paredão Volcano is located in the southeastern portion of Trindade Island
 188 occupying an area of approximate 0.6 km^2 and volume of circa 0.04 km^3 (Fig.4),
 189 calculated using the approximate area of the original cone ($\sim 1.2 \text{ km}^2$), assuming the
 190 height as 200 m (Almeida, 1961; 2002; 2006) and then subtracting half of the total
 191 volume found. Besides the preserved part of its central cone (Fig.5A), it is possible to
 192 identify a sequence of nephelinitic flows interbedded with minor layers of pyroclastic
 193 deposits of similar composition (Fig.5B), which are well exposed along the Tartarugas
 194 Beach (Fig. 4).



195

196 **Fig. 4.** Paredão Volcano location and areal distribution of deposits. Google Earth Image (2018).

197 Petrographically, the pyroclastic deposits are mainly composed of Y, P and X shape
 198 shards and subangular, low sphericity scoria fragments ranging from ash to lapilli size, with
 199 incipient horizontal lamination marked by grain size variations (LTp – Fig.5A). The
 200 particles have tangential and long contacts in a grain supported, loose framework. It is
 201 possible to observe completely oxidized olivine phenocrysts within the scoria fragments
 202 and intra or interparticle pores partially or completely filled by zeolite. The lava flows are
 203 vesicular porphyritic olivine nephelinites (Npv - Fig.5B). Texturally, the lavas are
 204 holocrystalline and vesicular, composed of olivine phenocrysts in a very fine/microlithic
 205 matrix of titanomagite, nepheline, analcime and titanomagnetite, at times with phlogopite.



206

207 **Fig. 5.** Deposits of the Paredão Volcano associated with their petrographic characterization. A)
 208 Preserved portion of the Paredão Volcano scoria cone composed of lapilli-tuff with incipient
 209 horizontal lamination (LTp) of Y, P and X shards and scoria fragments. B) Nephelinitic lava flows
 210 (Npv) exposed at the Tatarugas beach, composed of olivine phenocrysts in a very fine matrix of
 211 clinopyroxene, titanomagnetite, analcime and phlogopite. II – Parallel polarizers; + – Perpendicular
 212 polarizers; Ol – olivine; Ne – nepheline; V- vesicles.

213

214 **5. Lithofacies**

215 Seven lithofacies were recognized during the construction of the Paredão Volcano
 216 stratigraphic framework, divided into two coherent and five volcanoclastics (one autoclastic
 217 and four pyroclastics), following a similar systematic adopted by Sohn and Chough (1992)
 218 and Rossetti et al. (2014). The coherent lithofacies are of massive or vesicular porphyritic
 219 nephelinite, the autoclastic facies is of fragments (2 mm – 15 cm) of vesicular nephelinite
 220 and the pyroclastic facies can be massive, with reverse gradation or planar stratification,
 221 composed mainly of lapilli-size scoria fragments with subordinate bombs and volcanic
 222 ashes. Lithofacies are described and interpreted in Table 1 and illustrated in Fig.6 and
 223 Fig.7.

224

225 **Table 1:** Paredão Volcano facies description and interpretation.

Facies	Figures	Description	Interpretation
Npm	6A, 8C, 9B	Massive porphyritic nephelinite* - Dark gray coherent volcanic rock, porphyritic, with euhedral to subhedral olivine phenocrysts (7-25%), sometimes oxidized, ranging from 2 mm to 1.5 cm of diameter in a microlithic matrix.	Fast cooling of nephelinitic lava, with high rates of nucleation and low rates of crystal growth during emplacement.
Npv	6B, 6C, 8B, 9A	Vesicular porphyritic nephelinite* - Dark gray coherent volcanic rock, vesicular and porphyritic, with euhedral to subhedral olivine phenocrysts (7-25%), sometimes oxidized, ranging from 2 mm to 1.5 cm of diameter in a microlithic matrix. Vesicles are rounded or elongated, connected forming vesicles paths. Vesiculation can reach up to 30% of the total rock volume, varying in size from 1 mm to 4 cm.	Volatiles supersaturation of nephelinitic lava with high rates of nucleation and low rates of crystal growth during emplacement. The elongation of vesicles indicates an increase of the shear strain rates.
Nb	6C, 6D, 8B, 8C, 8D, 9A	Monolithic breccia composed by fragments of scoriaceous nephelinite*. Fragments are subrounded, oxidized, with dimensions varying from 2 mm up to 15 cm.	<i>In situ</i> fragmentation of the flow's upper crust during lava flow due to an increase in its apparent viscosity provoked by cooling, degassing, higher degree of crystallinity and shear strain rates.

LTp	6F, 7D, 8A	Oxidized lapilli-tuff with planar stratification, composed by volcanic ashes and lapilli (up to 1 cm in diameter) angular scoria fragments of low sphericity.	Fall deposits from an ash cloud and ballistic trajectory.
Lm	6E, 6F, 8A, 8D, 9A, 9B, 9C	Massive yellowish/oxidized lapillistone, composed exclusively of angular scoria fragments of low sphericity up to 1 cm of diameter.	Fall deposits from a ballistic trajectory.
LBm	7A, 7B, 7C, 10A, 10 B,	Massive brown lapilli-breccia, composed of angular scoria fragments (0.3 - 6 cm) of low sphericity and subordinate millimetric to centimetric olivine and phlogopite cristal fragments. The breccia fraction varies from 5-30% and is represented by subangular nephelinitic lava bombs and scoria fragments (10 - 80 cm) of moderate sphericity, which are sometimes imbricate and present impact features.	Fall deposits from a ballistic trajectory and direct debris jets. Changes in particles size evidence variation in the system explosivity. Lapillitic fragments represent high explosivity and bombs low explosivity.
Lrg	7E, 7F, 10A, 10B, 10 C	Reverse grading brown lapillistone, composed by angular oxidised scoria fragments (0.2 – 2 cm) of low sphericity and altered olivine cristal fragments of ~ 3 mm of diameter. Contains ~ 5% of subangular and of low sphericity scoria and subordinate nephelinitic bombs (7 cm), which are sometimes imbricate.	Mass-flow deposits formed by avalanching and rolling of scoria and bombs down unstable slopes as the cone built up.



227

228

229

230

231

232

233

234

Fig. 6. Lithofacies identified in the deposits of Praia das Tartarugas: A) Massive porphyritic nephelinite (Npm); B) Vesicular porphyritic nephelinite (Npv); C) Interface between nephelinitic breccia (Nb) and vesicular porphyritic nephelinite (Npv); D) Nephelinitic breccia (Nb); E) Massive lapillistone (Lm); F) Lapilli-tuff with planar stratification (LTp) over massive lapillistone (Lm).

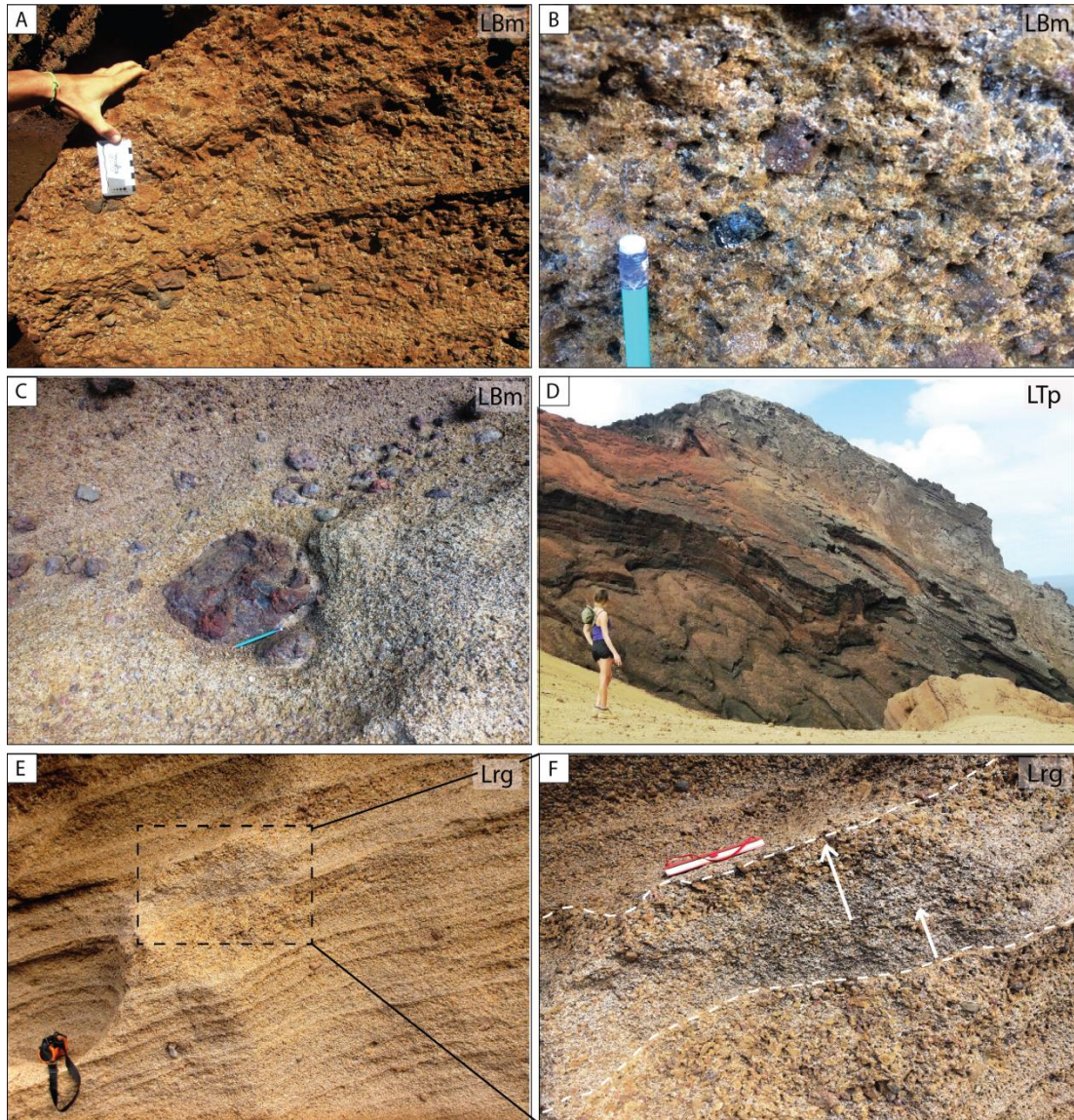


Fig. 7. Lithofacies identified in the scoria cone: A) Massive lapilli-breccia (LBm); B) Lapillitic portion of LBm, with brown scoria fragments and black fragments of oxidised olivine; C) Level of bombs concentration of facies LBm; D) Succession of lapilli-tuff layers with planar stratification (LTp) at the upper portion of the scoria cone; E) Irregular layers of reverse grading lapillistone (Lrg); F) Detail of reverse grading of Lrg indicated by the white arrow.

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247 6. Lithofacies Associations

248

249 The Paredão Volcano comprises five genetic facies associations: (1) 'A'a lavas; (2)
250 Rubbly pahoehoe lavas; (3) Pahoehoe lavas; (4) Distal pyroclastic deposits and (5)
251 Proximal pyroclastic deposits (Table 2).

252

253 6.1 'A'a lava flows

254

6.1.1 Description

255

256

257

258

259

260

261

262

263

The 'A'a lava flow facies association is formed by packages of sheet flows that can reach up to 4 m in thickness and extend laterally for at least 50 m. The flow core consists of massive (Npm) (Fig.8B) or vesicular porphyritic nephelinite (Npv) (Fig.8C), with thicknesses varying from 0.5 m to 3 m, with nephelinitic breccias (Nb) of up to 1 m in thickness at the base and top. The vesicular porphyritic nephelinite (Npv) usually occurs in the peripheral portions of the core, with elongated vesicles marking the flow direction. The basal nephelinitic breccias (Nb) can be poorly developed, with less than 10 cm, when emplaced over pyroclastic fall deposits (Fig. 8D).

264

6.1.2 Interpretation

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

The presence of a massive/vesicular core with irregular shape vesicles and a fragmented top and bottom indicates 'A' a flows (MacDonald, 1953; Rowland and Walker, 1987; Belousov and Belousova, 2018). These flows are transported as open systems, avoiding the generation of an external crust, with a rapid heat loss (Rowland and Walker, 1990). The heat loss promotes crystallization and thus an increase in apparent viscosity and shear strain rates (Sehlke et al., 2014), favoring the fragmentation of the flow upper crust. As the flow advances, the upper brecciated/scoriaceous portion of the lava is transported to the base through the caterpillar effect (Peterson and Tilling, 1980; Rowland and Walker, 1987; Looock et al., 2010), forming breccia at the top and base of these flows. The occurrence of 'A'a flows in the Paredão volcano suggests high effusion rates ($> 5 - 10 \text{ m}^3/\text{s}$) and high declivity of the terrain ($>5^\circ$) (Macdonald, 1953;

277 Rowland and Walker, 1987; 1990; Harris and Rowland, 2001; Soldati et al.,
278 2016). We suggest that the small thickness of basal breccia in the contacts with
279 pyroclastic fall deposits may be related to variations in the volumetric flow rates
280 at moments of transition in the eruptive style from Strombolian to Hawaiian.
281 The stretched vesicles of the vesicular porphyritic nephelinite (Npv) facies in
282 the upper and basal cores are a result of the Bingham fluid behavior of these
283 flows (Shaw et al., 1968; Hulme, 1974).

284

285 **6.2 Rubbly pahoehoe lava flows**

286 6.2.1 Description

287 The rubbly pahoehoe lava flows facies association is formed by thin sheets
288 with up to 2.5 m in thickness, which extend laterally for at least 5 m. The flow
289 core consists of vesicular porphyritic nephelinite (Npv), of 1.5 m thick (Fig.
290 9A). Vesicles are dominantly spherical and homogeneously distributed. The
291 lava upper crust is brecciated (Nb) and is composed of subangular vesicular
292 fragments with 0.2 to 15 cm in diameter forming a 0.75 m thick layer of rubble
293 while the basal portion of the core is texturally coherent and presents a sharp
294 contact with the underneath layer (Fig. 9C).

295 6.2.2 Interpretation

296 The identification of a vesicular core and bottom associated to an upper
297 fragmented crust suggests rubbly pahoehoe flows (Murcia et al., 2014). This
298 flows are formed in transitional conditions between pahoehoe and 'A'a and have
299 been described by several authors in different localities including the historical
300 eruption of Laki, in Iceland (Guilbaud et al., 2005), and particularly in
301 continental flood basalt provinces such as the Deccan Trapps, in India
302 (Duraismwami et al., 2008; Duraismwami et al., 2014), part of the Columbia River
303 basalts (Keszthelyi et al., 2001) and in the Paraná-Etendeka province (Rossetti
304 et al., 2018). Due to its evolution from a pahoehoe flow, with thickening of the
305 flow by coalescence of small lobes into broad sheet lobes and continuous lava
306 supply (Guilbaud et al., 2005), its central and basal portions remain texturally

307 coherent. The genesis of rubbly pahoehoe lavas is associated to changes in
308 eruption dynamics, such as consistently higher effusion rates and terrain
309 declivity than pahoehoe, besides degassing and cooling that increased
310 crystallization and apparent viscosity (Sehlke et al., 2014), disrupting the lava
311 crust (Guilbaud et al., 2005; Duraiswami et al., 2008; Murcia et al., 2014;
312 Óskarsson and Riishuus, 2014; Marshall et al., 2016).

313

314 **6.3 Pahoehoe lava flows**

315 6.3.1 Description

316 Pahoehoe lava flows facies association is composed of packages of lava
317 flows with thin sheets of the order of 1.5 m thick, which extend laterally for at
318 least 5 m. The central part of the flow core, 1 m thick, consists of massive
319 porphyritic nephelinite (Npm) and the upper crust is of vesicular porphyritic
320 nephelinite (Npv) with 0.5 m in thickness (Fig. 9B). Vesicles are spherical, and
321 their sizes decrease towards the top of the flow. The flow surface is smooth and
322 is overlaid by pyroclastic fall deposits.

323 6.3.2 Interpretation

324 The presence of a massive/vesicular core with spherical vesicles and a
325 smooth surface characterizes a pahoehoe lava flow (MacDonald, 1953; Walker,
326 1987; Self et al., 1998). As well documented in Hawaii (e.g. MacDonald, 1953;
327 Hon et al., 1994; Self et al., 1998), and other volcanos around the world (e.g.
328 Thorarinsson et al., 1973; Pinkerton and Sparks, 1976; Cañón-Tapia et al., 1995;
329 Vetere et al., 2015; Linnell et al., 2016; Belousov and Belousova, 2018; Khalaf
330 et al., 2018) these flows form as closed systems and advance with the stagnation
331 and inflation of lava lobes into thicker flows due to continuous lava supply (Cas
332 and Wright, 1987; Hon et al., 1994; Cashman et al., 2014). The development of
333 pahoehoe flows indicates a horizontal paleotopography ($<5^\circ$ declivity) and low
334 effusion rates ($< 5 - 10 \text{ m}^3/\text{s}$), which favors the formation of a vitreous upper
335 crust and prevents the heat loss (Rowland and Walker, 1990; Belousov and
336 Belousova, 2018; Soldati et al., 2018). As they behave as Newtonian fluids

337 (Shaw et al., 1968) they can spread for long distances from the source and
338 maintain the spherical shape of the vesicles, which decrease in size and increase
339 in volume towards the top of the flow due to gradative cooling and increase in
340 the viscosity (Cashman and Kauahikaua, 1997).

341

342 **6.4 Distal pyroclastic deposits**

343 6.4.1 Description

344 This facies association has a tabular geometry and extends laterally for at
345 least 5 m, with a maximum observed extension of 50 m and of up to 1 meter in
346 thickness. These deposits usually occur interleaved with lava flows, distal ~1.5
347 km from the center of the crater. It consists of tabular layers of massive
348 lapillistone (Lm) of up to 1 m in thickness, composed exclusively of scoria
349 fragments of up to 1 cm in diameter. This can be isolated or interbedded with
350 centimetric layers of planar stratified lapilli-tuff (LTp), composed of volcanic
351 shards and scoria fragments (Fig. 8A).

352 6.4.2 Interpretation

353 The occurrence of tabular layers of well-sorted massive or planar-stratified
354 volcanic tuffs and lapillistones, indicates pyroclastic fall deposits, having
355 suspension as their main transport mechanism (Sparks and Walker, 1973). Their
356 presence in the Paredão volcano suggests magmatic pulses of higher explosivity,
357 with the burst of gas bubbles at the magma surface (Cas and Wright, 1987; Head
358 and Wilson, 1989). The high amount of fine material suggests a
359 phreatomagmatic origin for these deposits, evidencing a great degree of
360 magmatic gas expansion fragmentation alongside the magma-water interaction
361 (Valentine and Gregg, 2008; Agustín-Flores et al., 2015). The explosive process
362 generates an eruptive column and a convective plume (Blackburn et al., 1976),
363 from which the downwind fall of particles form planar stratified lapilli-tuff
364 (LTp), interleaved with lapillitic scoria fall deposits from the ballistic trajectory
365 (Lm). Due to the good sorting of the scoria fall deposits, they are apparently
366 massive.

367 **6.5 Proximal pyroclastic deposits**

368 6.5.1 Description

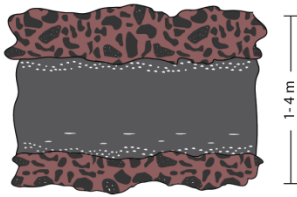

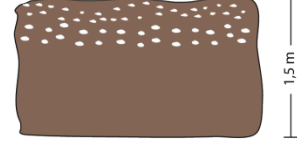


369 This facies association is formed by tabular layers with concentric strikes
370 which can be inclined at the maximum dip of 40°, constructing a conical
371 geometry that reaches up to 200 m in high. It is constituted of planar
372 centimetric layers of massive lapilli-breccias (LBm) composed of lapillitic
373 scoria and bombs of nephelinitic lava (Fig. 10C), interleaved with centimetric
374 discontinuous layers of reverse grading lapillistone (Lrg) composed mainly of
375 lapillitic scoria fragments ranging from fine lapilli (0.2 cm) to coarse lapilli (2
376 cm) towards the top of the layer (Fig. 10B). On the top of the volcanic edifice,
377 centimetric layers of planar stratified lapilli-tuff (LTp) composed of volcanic
378 ashes and lapillitic scoria occur associated.

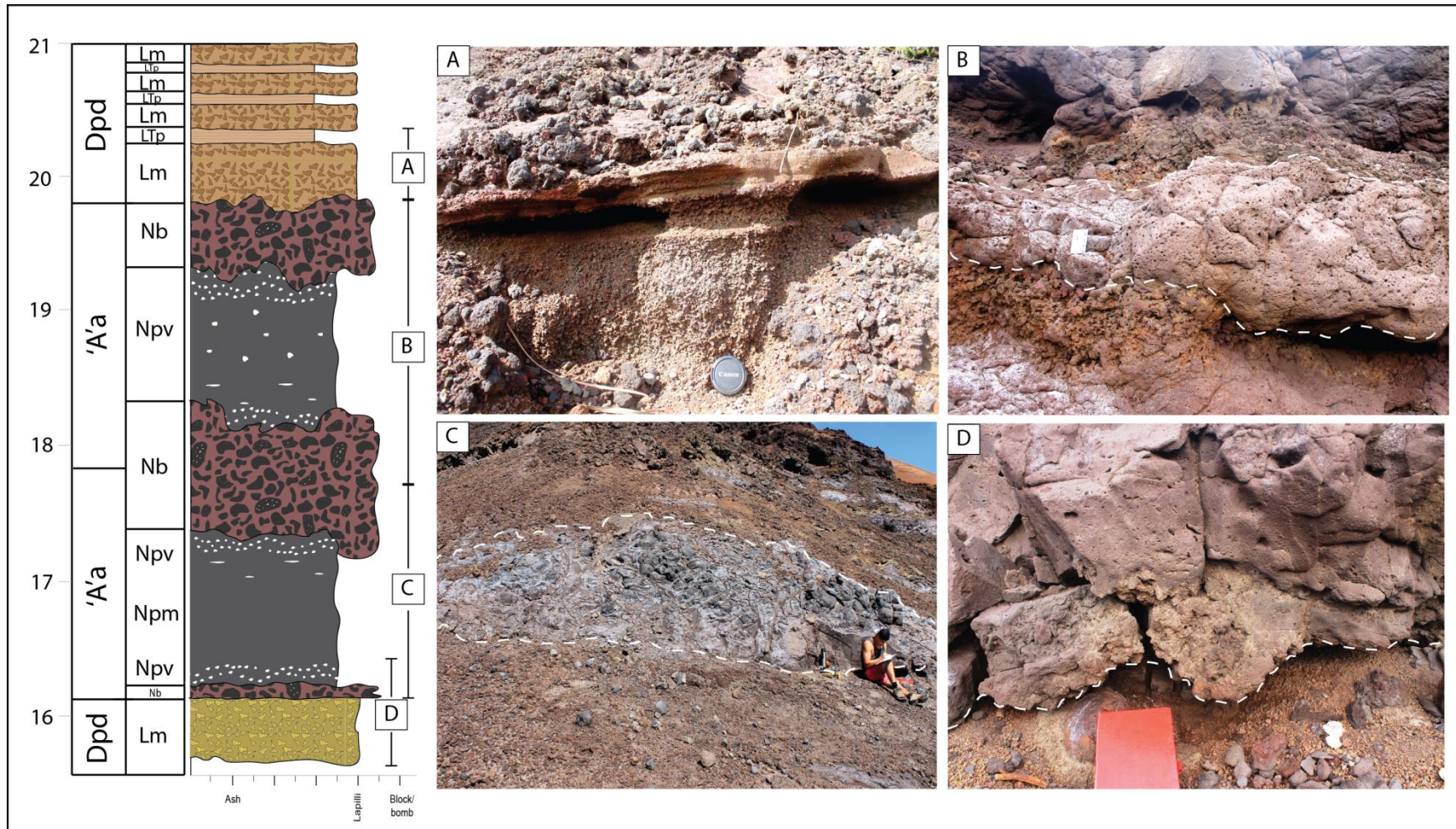
379 6.5.2 Interpretation

380 The association of tabular layers of massive lapilli-breccia, reverse grading
381 lapillistone and planar stratified lapilli-tuff allows to interpret these deposits as a
382 scoria cone. Scoria cones were described mainly as the product of the
383 Strombolian activity, such as Stromboli (Chouet et al., 1974) and Mount Etna
384 (McGetchin et al., 1974) in Italy, Heimaey in Iceland (Thorarinsson et al.,
385 1973), Mount Loyang in Indonesia (Harijoko et al., 2018), Cienega in New
386 Mexico (Foucher et al., 2018) and several other examples in the Auckland
387 Volcanic Field, New Zealand (Kereszturi and Németh, 2016), Southern Puna
388 plateau, Argentina (Báez et al., 2017), Chaîne des Puys in France and Sierra
389 Chichinautzin in Central México (Vörös et al., 2018) . This facies association is
390 formed due to intermittent bursts of gas and mainly coarse-grained pyroclasts
391 (e.g. LBm) as large gas bubbles rise to the top of a slow-moving or stationary
392 magma column (Head and Wilson, 1989; Riedel et al., 2003). During magmatic
393 fragmentation clasts are ejected and follow a ballistic trajectory, depositing a
394 ring around the vent (Blackburn et al., 1976; Valentine et al., 2016). A sustained
395 eruption column produces direct fallout of fine-grained material (LTp). Besides
396 air-fall layers, the construction of the cone may include laterally discontinuous

397 beds of mass-flow deposits (Lrg) formed by avalanching and rolling of scoria
398 down unstable slopes, which may be reverse grading due to the grain flow of the
399 loose granular material during downslope movement (Cas and Wright, 1987).
400 The presence of lithic-rich horizons with impact features in LBm facies at the
401 base of the scoria cone can be attributed to episodes of phreatomagmatic activity
402 (e.g., Houghton et al., 1996; Németh and Cronin, 2009; Ross et al., 2011; White
403 and Valentine, 2016).
404

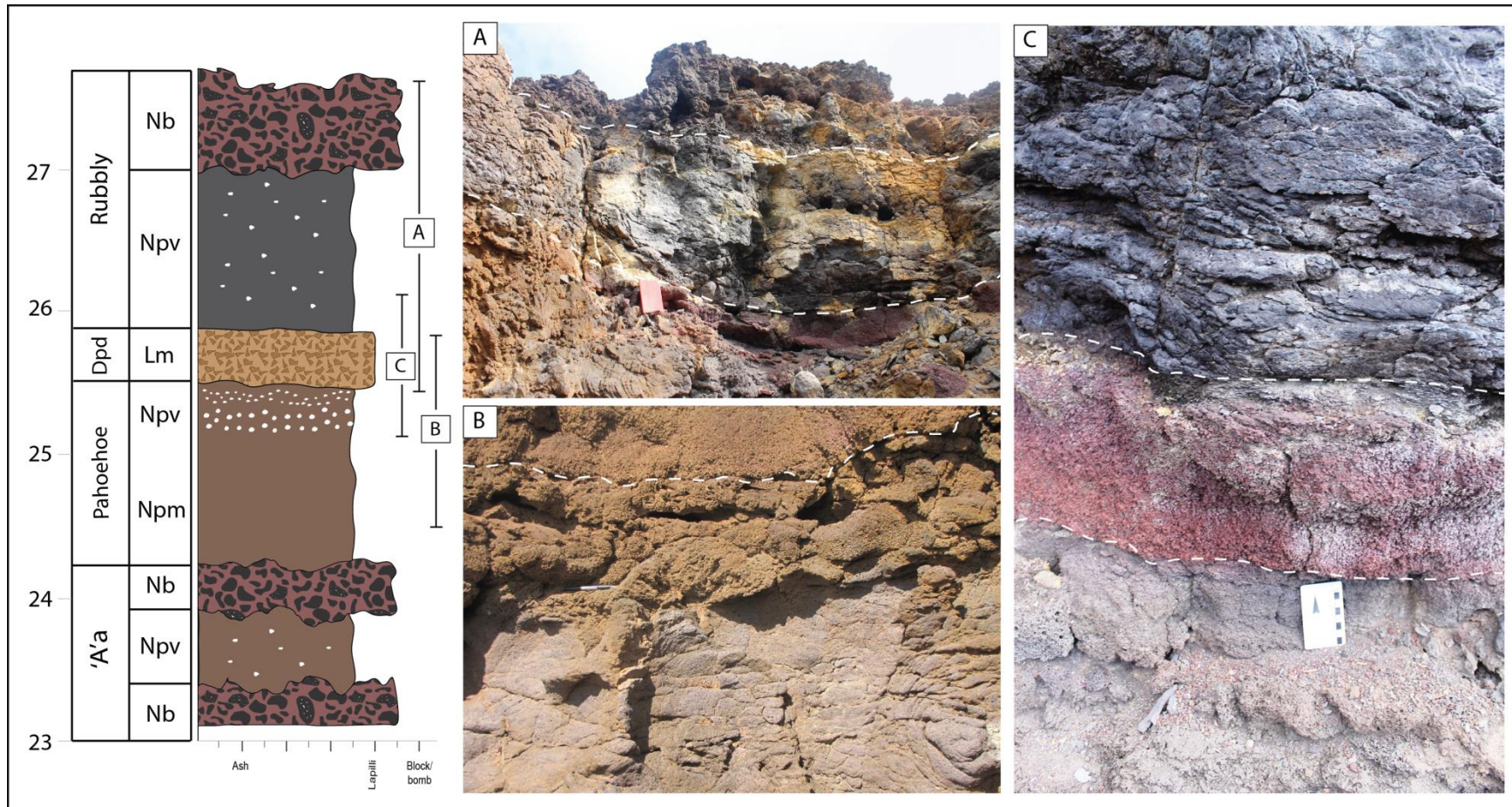
Table 2. Paredão Volcano lithofacies association description and interpretation.

Facies Association	Facies architecture and geometry	Description	Lithofacies	Interpretation
'A'a		Sheet flows with massive to vesicular cores varying from 0.5 m to 3 m thick. Breccia zones occur at the top and base of the flows, reaching up to 1 m thick. Flow structures marked by vesicles elongation.	Nb, Npv, Npm	High effusion rates and high ground slopes (>5°).
Rubblly Pahoehoe		Sheet flows with vesicular cores of 1.5 m thick. Breccia zones occur only at the top of the flow, of ~75 cm thick. The base is texturally coherent with an abrupt contact. Vesicles are rounded and homogeneously distributed.	Nb, Npv	Decrease in the effusion rates and peneplanation of the terrain.
Pahoehoe		Sheet flows of 1.5 m thick, with a massive core and a vesicular upper portion with vesicles sizes decreasing upwards.	Npv, Npm	Low effusion rates and flat topography.
Distal pyroclastic deposits		Tabular layers of massive lapillistone of up to 1 m thick that cab be isolated or interbedded with centimetric layers of planar stratified lapilli-tuff.	Lm, LTp	Pulses of increase in the system explosivity.
Proximal pyroclastic deposits		Planar centimetric layers of massive lapilli-breccia interlayered with centimetric layers of reverse grading lapillistone. On the top of the volcanic edifice centimetric layers of planar stratified lapilli-tuff occur associated. Layers maximum dip is of ~ 40°.	LBm, Lrg, LTp	Explosive stage caused by a rapid ascent rates and high gas content. Magmatic fragmentation in the upper portion of the volcanic edifice due to the burst of bubbles, with variations in the system explosivity.



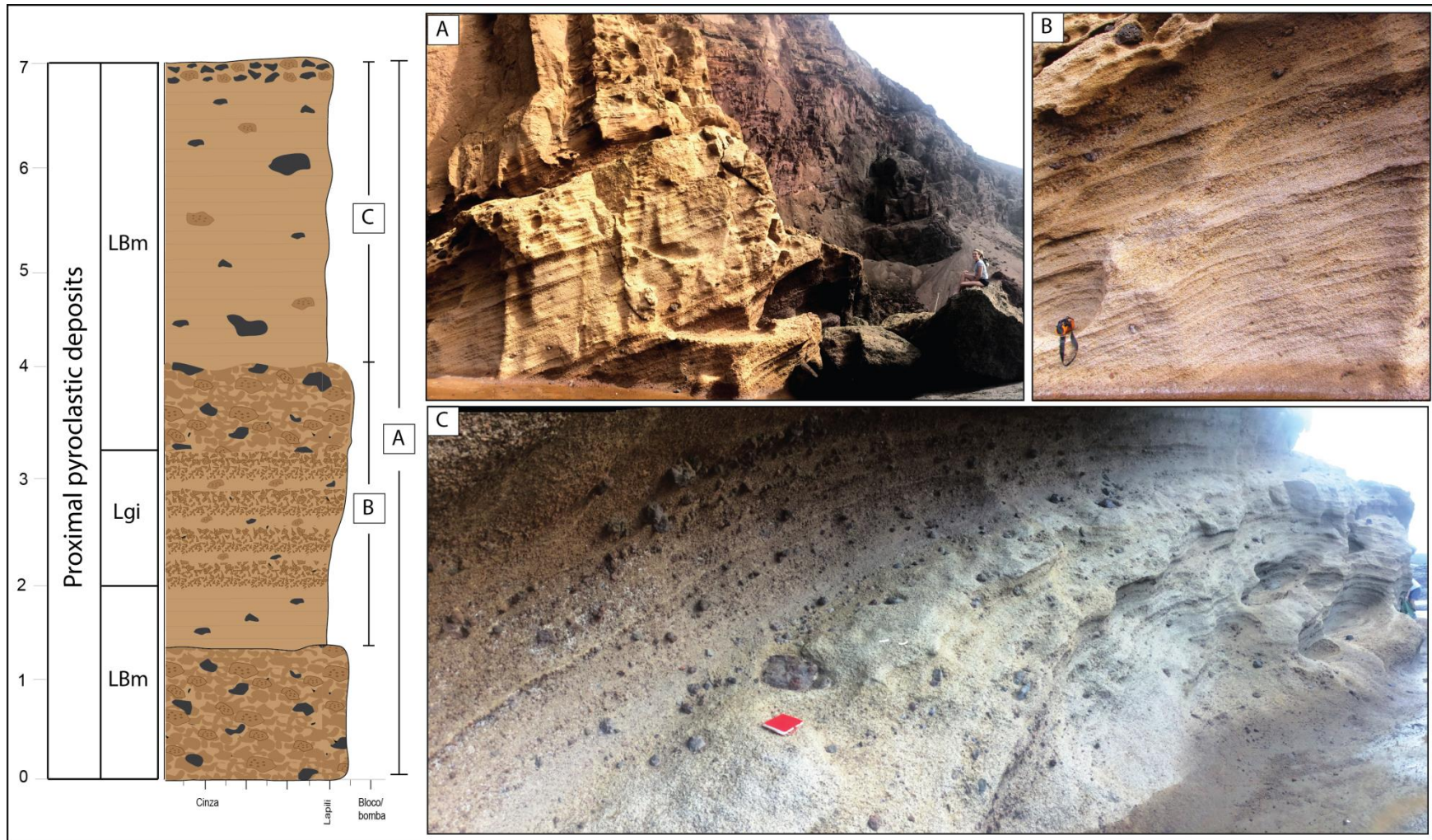
407

408 **Fig. 8.** 'A'a and distal pyroclastic deposits (Dpd) lithofacies associations. A) Distal pyroclastic deposits; B) 'A'a flow with a vesicular
 409 core (Npv); C) 'A'a flow with a massive core (Npm); D) Poorly developed basal breccia (Nb) of 'A'a flow emplaced over a
 410 pyroclastic fall deposit. The columnar section was extracted from the basal 5 meters of the section TRV-03. Numbers on the left of the
 411 column represent the altitude.



412

413 **Fig. 9.** Rubbly pahoehoe and pahoehoe lithofacies associations. A) Rubbly pahoehoe flow defined by the association of the lithofacies
 414 Npv (between the dashed lines) and Nb restricted to the top; B) Pahoehoe flow characterized by the central portion of the core of Npm
 415 an upper core of Npv, overlaid by a layer of Lm (dashed line); C) Massive lapillistone layer over the vesicular top of a pahoehoe flow
 416 and overlaid by a rubbly pahoehoe; note the sharp contact between the top of fall deposit and the rubbly pahoehoe, where basal breccia
 417 is absent. The columnar section was extracted from the last 4.5 meters of the section TRV-03. Numbers on the left of the column
 418 represent the altitude.



419

420 **Fig. 10.** A) Proximal pyroclastic deposits lithofacies association; B) Layers of Lrg at the base and LBm on the top; C) Planar layers of
 421 LBm, with a level of bomb concentration. The columnar section represents section TRV-04. Numbers on the left of the column
 422 represent the altitude.

423 7. Stratigraphic evolution of the Paredão Volcano

424 Through the description and interpretation of the lithofacies and their associations, it is possible to
425 reconstruct the stratigraphic evolution of the Paredão Volcano. The stratigraphic succession indicates
426 that volcanism was heterogeneous, with at least three stages of volcanic activity: (i)
427 Phreatomagmatic, (ii) Strombolian and (iii) Hawaiian.

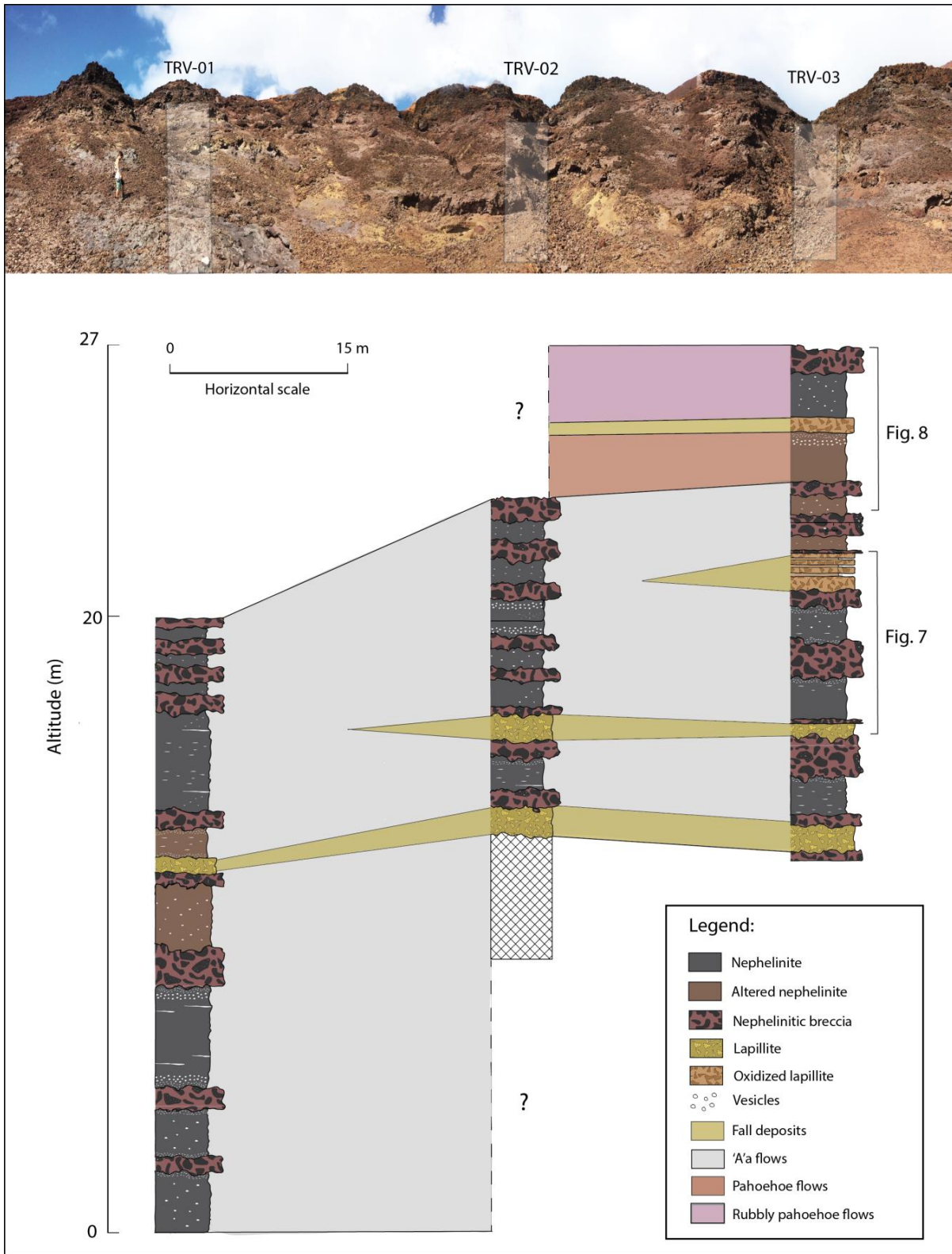
428 The first stages of a small-volume volcano evolution, such as a scoria cone, usually involve a
429 phreatomagmatic phase (e.g. Lorenz, 1987; White, 1991). The early stages of the Paredão Volcano
430 formation involved water, evidenced by the structures indicative of magma-water interaction
431 dominantly at the base of the succession and might also be preserved in the lower buried portions of
432 the volcano. The Strombolian activity, characterized by the ascension and rupture of large gas
433 bubbles in the upper portions of the volcanic conduit (Fisher and Schmincke, 1984; Cas and Wright,
434 1987), is represented by the scoria cone deposits (proximal pyroclastic deposits). According to the
435 model proposed by McGetchin et al. (1974), a scoria cone is composed mainly of bombs and lapilli
436 sized fragments which follow a ballistic trajectory and grain flow at higher deposition angles.
437 However, other authors (eg. Self, 1976; Riedel et al., 2003; Martin and Németh, 2006) consider fall
438 deposits from an ash cloud an important component involved in the construction of a scoria cone. The
439 lithofacies identified in the basal portion of the Paredão Volcano suggest that the main processes
440 acting in the construction of the Paredão Volcano is the same proposed by McGetchin et al. (1974),
441 though the identification of the facies LTp at the upper portions of the scoria cone indicates a final
442 stage of fall from an ash cloud in the eruptive activity.

443 The final Hawaiian stage is characterized by low-explosivity and mainly effusive activity. It is
444 represented by a succession of dominant 'A'a lava flows interlayered with minor pyroclastic fall
445 deposits (Fig. 11) found at Tartarugas beach (distal pyroclastic deposits). These lavas are succeeded,
446 at the final stages of the Hawaiian activity, by pahoehoe and rubbly pahoehoe flows, suggesting a
447 progressive decrease in the effusion rates at the end of the volcanic activity.

448 Thus, the construction of the Paredão Volcano deposits depended mainly on the volatile content
449 and on dry eruptive processes such as viscosity, temperature and magma flux (Németh, 2010). Some
450 authors (Parfitt and Wilson, 1995; Schmincke, 2004) suggested that the transition from Strombolian
451 to Hawaiian eruptions depends on the degree at which bubble coalescence occurs, mainly influenced
452 by the magma rise speed, and permeability. The rising speed at which the transition occurs and its
453 abruptness is dependent on magma viscosity and gas content (Parfitt and Wilson, 1995). Probably,

454 the early stages of the construction of the Paredão Volcano, the magma rise speed and gas content
455 were high, starting the construction of the scoria cone (Fig.12 – 1 and 2). The transition from
456 Hawaiian to Strombolian activity typically occurs at rising speeds of 0.01 to 0.3 m s^{-1} (Basaltic
457 Volcanism Study Project, 1981), with low velocities generating Strombolian activity. However,
458 higher gas contents may generate Strombolian activity because the high number density of gas
459 bubbles causes significant coalescence even when the magma is rising relatively rapidly (Parfitt and
460 Wilson, 1995).

461 Degassing and the opening of a lateral fissure in the cone, following the regional tectonic trend of
462 the island, may have conditioned the flow of ‘A’a lavas to NE, today restricted to the Tartarugas
463 Beach, characterizing the dominant Hawaiian volcanic activity (Fig. 12 – 3). The fall deposits
464 interleaved with the lava flows during the Hawaiian stage suggest that the transition of the eruptive
465 style was not abrupt and might have happened due to pulses of decreasing magmatic ascent rates,
466 higher gas content or due the interaction with water (Fig. 12 - 4). As lava effusion rates are related to
467 magma rise speed, the last flows identified in the Hawaiian succession, characterized as pahoehoe
468 and rubbly pahoehoe, indicate lower effusion rates and a flat topography at the end of the volcanism
469 (Fig.12 -5). Finally, occurred the quiescence of volcanic activity (Fig. 12 - 6). Active regional
470 tectonics and waves action may have provoked instability and the collapse of the original crater
471 generating the current crater morphology (Fig. 13).



472

473

474

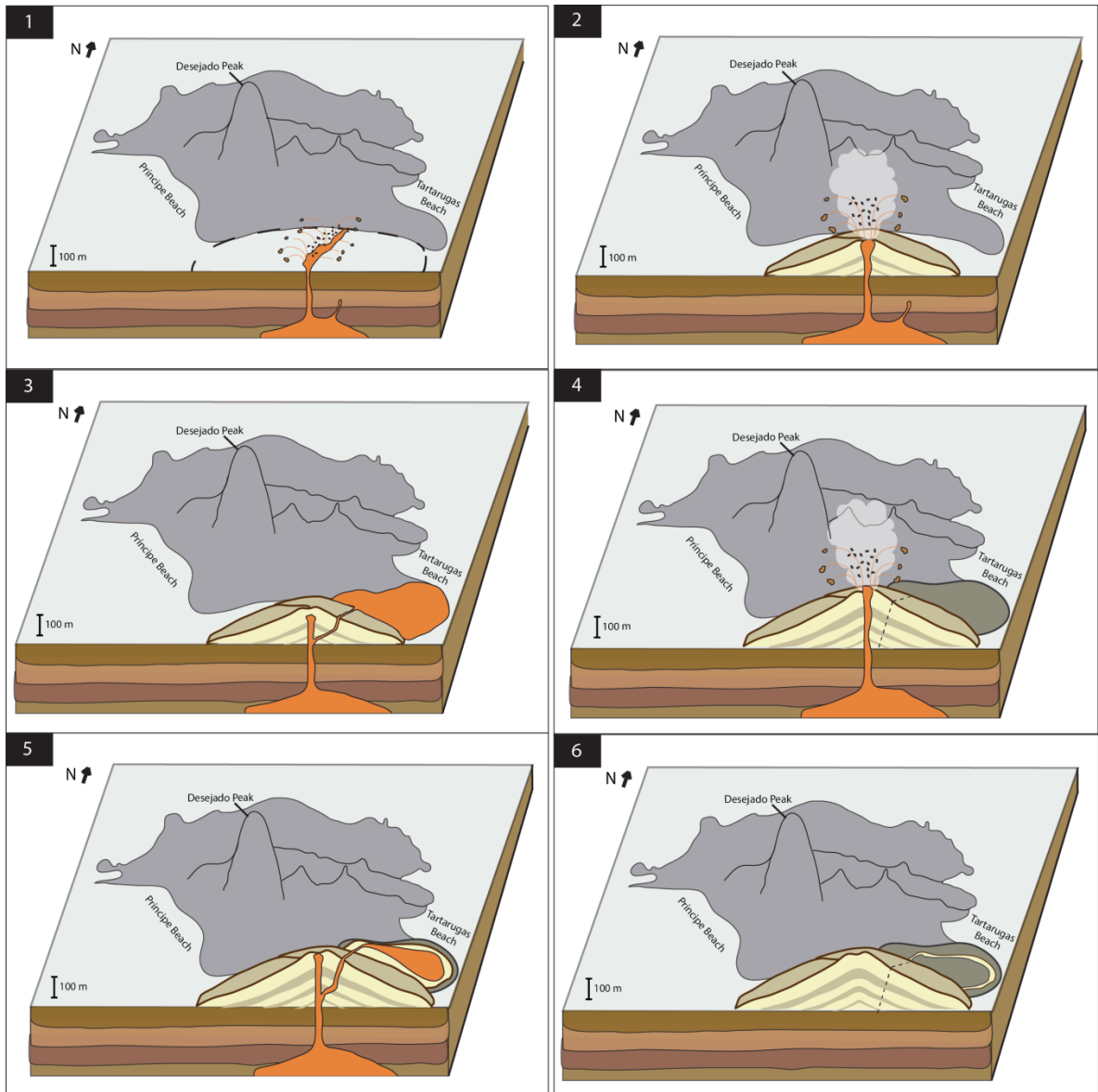
475

Fig. 11. Stratigraphic correlation between the three columnar sections constructed at Tartarugas beach (TRV-01, 02 and 03). The succession is dominated by 'A'a flows interbedded with fall deposits, the transitional flow types occur towards the top.

476 Therefore, the evolution of the Paredão Volcano can be summarized in the following stages and
477 illustrated in Figure 12:

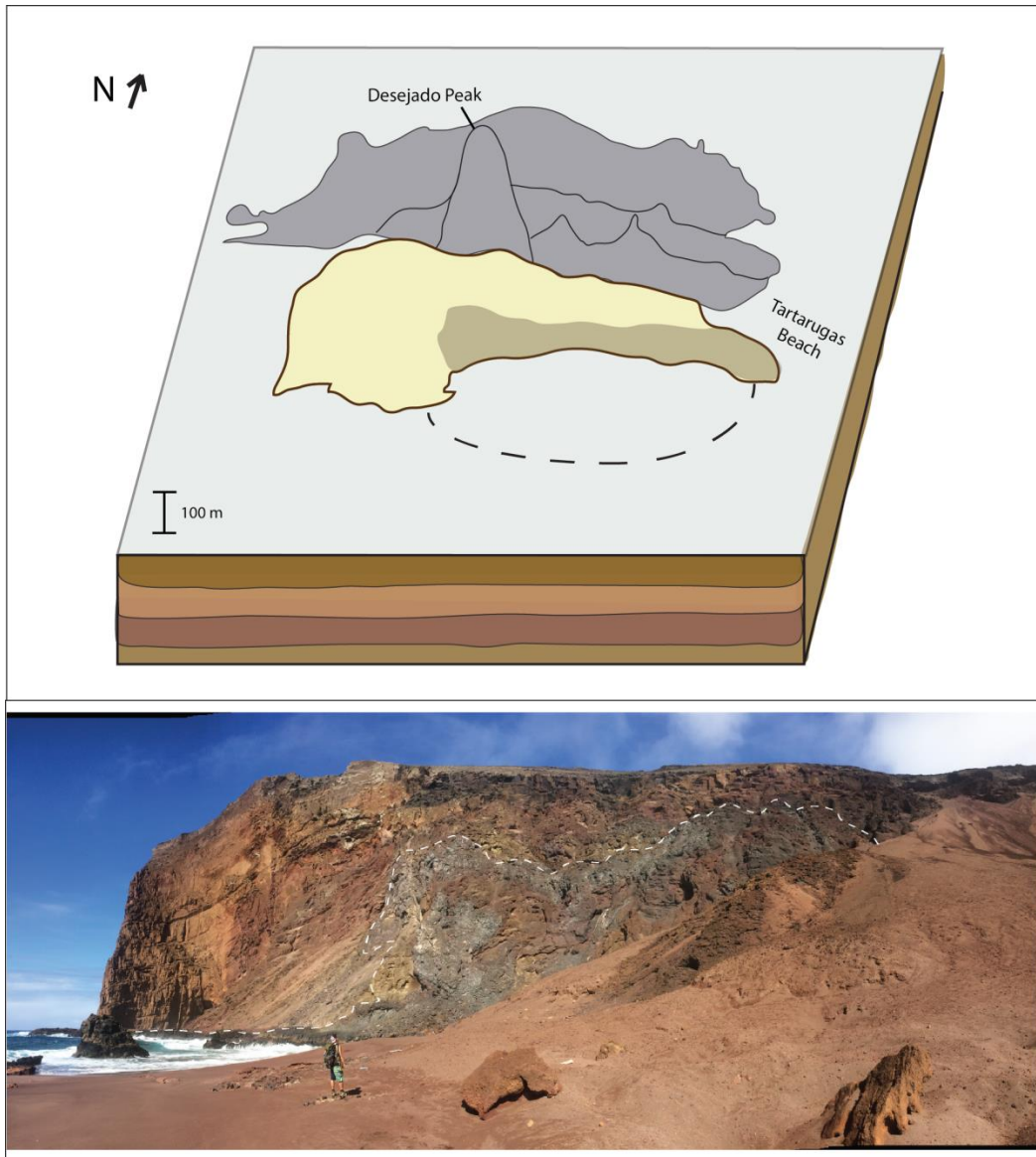
- 478 1) Onset of volcanic activity and early stages of the scoria cone construction during a
479 phreatomagmatic stage;
- 480 2) Fast magma rise speed and high volatile content generating Strombolian eruption and
481 construction of the main cone structure;
- 482 3) Degassing and the opening of a lateral fissure in the cone, favoring dominant Hawaiian-like
483 activity characterized by the emplacement of 'A'a lavas towards NE;
- 484 4) Pulses of Strombolian/phreatomagmatic activity generating distal fall deposits interleaved with
485 the lava flows and final stages of the construction of the volcanic edifice;
- 486 5) Latter stages of Hawaiian activity with the emplacement of pahoehoe and rubbly pahoehoe lava
487 flows at the final Hawaiian phase;
- 488 6) End of volcanic activity and current cone morphology formation.

489



490

491 **Fig. 12.** Stratigraphic evolution of the Paredão Volcano: 1) Early stages of volcanism with
 492 phreatomagmatic activity; 2) Period of dominant Strombolian activity; 3) Period of dominant Hawaiian
 493 activity; 4) Pulses of Strombolian/phreatomagmatic activity between dominant Hawaiian stage; 5) Latter
 494 stages of Hawaiian activity; 6) End of volcanic activity.



495

496 **Fig. 13.** Present-day remnants of the volcanic edifice. The dashed line borders lava flows in the inner portions of
 497 the scoria cone.

498

499 **8. Conclusion**

500 The Trindade Island is a volcanic island located in the South Atlantic Ocean, which is the
 501 easternmost portion of the Brazilian territory. Volcanic activity started to form the island at the mid-
 502 Pliocene, lasting until the Pleistocene through the action of the Trindade hotspot on the overriding
 503 South American Plate, generating lava flows, intrusions and pyroclastic rocks of strongly sodic

504 alkaline and SiO₂ undersaturated nature. The Paredão Volcano (Pleistocene) is the youngest unit of
505 the Trindade Island, recognized as the last subaerial volcanic manifestation in Brazil.

506 The stratigraphic study of the Paredão Volcano allowed the understanding of the lateral and
507 vertical distribution of facies and the geometry of the deposits, providing an evolutive model for the
508 volcanism and discussing the erupting mechanisms, which can be an important tool in assessing
509 volcanic hazards and for the exploration of mineral resources associated to volcanic systems.

510 The stratigraphic framework was constructed based on data acquired through lithofacies
511 description and association, permitting to conclude that the volcanism was heterogeneous with at
512 least three main distinct stages of (i) Phreatomagmatic, (ii) Strombolian and (iii) Hawaiian activity.
513 The Strombolian activity, characterized by magmatic fragmentation through the burst of large
514 bubbles, is represented by the scoria cone constructed at the onset of volcanic activity with its basal
515 portions evidencing an initial phreatomagmatic stage. The stage of dominant Hawaiian activity,
516 characterized by lava flows, is represented by a succession of 'Aa', pahoehoe and rubbly pahoehoe
517 flows, interleaved with minor pyroclastic fall deposits.

518

519 **9. Acknowledgements**

520 The authors acknowledge the financial support of the *Conselho Nacional de Desenvolvimento*
521 *Científico e Tecnológico* (CNPq) (Project CNPq-442812/2015-9) and *Agência Nacional do Petróleo*
522 (ANP) and the Brazilian Navy (Marinha do Brasil) for all the logistical arrangements during field
523 activities. We also thank the reviewers Karoly Németh and Dougal Jerram for their many insightful
524 comments and suggestions.

525

526

527

528

529

530

531

- 533 Agustín-Flores, J., Németh, K., Cronin, S. J., Lindsay, J. M., & Kereszturi, G. (2015). Construction of the
534 North Head (Maungauika) tuff cone: a product of Surtseyan volcanism, rare in the Auckland Volcanic
535 Field, New Zealand. *Bulletin of Volcanology*, 77(2), 11.
- 536
537 Almeida, F. F. M. (1961). Geologia e petrologia da Ilha da Trindade. 197f. Monografia XVIII,
538 DGM/DNPM, Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro.
- 539
540 Almeida, F. F. M. (2002). Ilha de Trindade: Registro de vulcanismo cenozóico no Atlântico Sul.
541 SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, DA; QUEIROZ, ET, WINGE, M, 369-377.
- 542
543 Almeida, F. F. M. (2006). Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. *Terræ*
544 *Didactica*, 2(1), 3-18.
- 545
546 Alves, E. D. C., Maia, M., Sichel, S. E., & Campos, C. M. P. D. (2006). Zona de fratura de Vitória-
547 Trindade no Oceano Atlântico sudeste e suas implicações tectônicas. *Revista Brasileira de Geofísica*,
548 24(1), 117-127.
- 549
550 Báez, W., Nuñez, G. C., Giordano, G., Viramonte, J. G., & Chiodi, A. (2017). Polycyclic scoria cones of
551 the Antofagasta de la Sierra basin, Southern Puna plateau, Argentina. *Geological Society, London*,
552 *Special Publications*, 446(1), 311-336.
- 553
554 Basaltic Volcanism Study Project (1981). Basaltic volcanism on the terrestrial planets, Pergamon, New
555 York.
- 556
557 Belousov, A., & Belousova, M. (2018). Dynamics and viscosity of ‘a’ and pahoehoe lava flows of the
558 2012–2013 eruption of Tolbachik volcano, Kamchatka (Russia). *Bulletin of Volcanology*, 80(1), 6.
- 559
560 Blackburn, E. A., Wilson, L., & Sparks, R. J. (1976). Mechanisms and dynamics of strombolian activity.
561 *Journal of the Geological Society*, 132(4), 429-440.
- 562
563 Bolós, X., Planaguma, L., & Martí, J. (2014). Volcanic stratigraphy of the Quaternary La Garrotxa
564 Volcanic Field (north-east Iberian Peninsula). *Journal of Quaternary Science*, 29(6), 547-560.
- 565
566 Cañón-Tapia, E., Walker, G. P., & Herrero-Bervera, E. (1995). Magnetic fabric and flow direction in
567 basaltic pahoehoe lava of Xitle volcano, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*,
568 65(3-4), 249-263.
- 569
570 Cas, R. A. F., & Wright, J. V. (1987). *Volcanic Successions, Modern and Ancient: A Geological*
571 *Approach to Processes, Products and Successions*, 528 pp.
- 572
573 Cashman, K. V., & Kauahikaua, J. P. (1997). Reevaluation of vesicle distributions in basaltic lava flows.
574 *Geology*, 25(5), 419-422.
- 575
576 Cashman, K. V., Mangan, M. T., Poland, M. P., Takahashi, T. J., & Landowski, C. M. (2014). A century
577 of studying effusive eruptions in Hawai‘i. *Characteristics of Hawaiian volcanoes*, 357.
- 578

- 579 Chouet, B., Hamisevicz, N., & McGetchin, T. R. (1974). Photoballistics of volcanic jet activity at
580 Stromboli, Italy. *Journal of Geophysical Research*, 79(32), 4961-4976.
581
- 582 Collinson, J. D. (1969). The sedimentology of the Grindslow Shales and the Kinderscout Grit: a deltaic
583 complex in the Namurian of northern England. *Journal of Sedimentary Research*, 39(1).
584
- 585 Collinson, J.D., (1996). Alluvial sediments. In: Reading, H.G. (Ed.), *Sedimentary Environments and*
586 *Facies*, Third ed. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 37–82.
587
- 588 Cordani, U. G. (1970). Idade do vulcanismo no oceano Atlântico Sul. *Boletim IGA*, 1, 09-75.
589
- 590 Cordani, U. G., & Blazekovic, A. (1970). Idades radiométricas das rochas vulcânicas dos Abrolhos.
591 *Cong. Bras. Geol*, 24, 265-270.
592
- 593 Dalrymple, R. W. (2010). Interpreting sedimentary successions: facies, facies analysis and facies
594 models. *Facies Models*, 4(2), 3-18.
595
- 596 DeWolfe, Y. M., & Pittman, N. (2018). Subaqueous strombolian eruptions, and eruption-fed pyroclastic
597 deposits in a Paleoproterozoic rifted-arc: Hidden formation, Flin Flon, Canada. *Precambrian*
598 *Research*, 316, 48-65.
599
- 600 Di Traglia, F., Cimarelli, C., De Rita, D., & Torrente, D. G. (2009). Changing eruptive styles in basaltic
601 explosive volcanism: examples from Croscat complex scoria cone, Garrotxa Volcanic Field (NE Iberian
602 Peninsula). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 180(2-4), 89-109.
603
- 604 Duraiswami, R. A., Bondre, N. R., & Managave, S. (2008). Morphology of rubbly pahoehoe (simple)
605 flows from the Deccan Volcanic Province: Implications for style of emplacement. *Journal of*
606 *Volcanology and Geothermal Research*, 177(4), 822-836.
607
- 608 Duraiswami, R. A., Gadpallu, P., Shaikh, T. N., & Cardin, N. (2014). Pahoehoe–a’ a transitions in the
609 lava flow fields of the western Deccan Traps, India-implications for emplacement dynamics, flood basalt
610 architecture and volcanic stratigraphy. *Journal of Asian Earth Sciences*, 84, 146-166.
611
- 612 Farooqui, M. Y., Hou, H., Li, G., Machin, N., Neville, T., Pal, A., & Zhao, J. (2009). Evaluating volcanic
613 reservoirs. *Oilfield Review*, 21(1), 36-47.
614
- 615 Ferrari, A. L., & Riccomini, C. (1999). Campo de esforços Plio-pleistocênico na Ilha da Trindade
616 (Oceano Atlântico Sul, Brasil) e sua relação com a tectônica regional. *Revista Brasileira de Geociências*,
617 29(2), 195-202.
618
- 619 Fisher, R. V., & Schmincke, H. U. (1984). *Pyroclastic rocks*, 472 pp. Springer, Berlin, doi, 10, 978-3.
620
- 621 Fodor, R. V., Mukasa, S. B., Gomes, C. B., & Cordani, U. G. (1989). Ti-rich Eocene basaltic rocks,
622 Abrolhos Platform, offshore Brazil, 18 S: petrology with respect to South Atlantic magmatism. *Journal of*
623 *Petrology*, 30(3), 763-786.
624
- 625 Fodor, R. V., & Hanan, B. B. (2000). Geochemical evidence for the Trindade hotspot trace: Columbia
626 seamount ankaramite. *Lithos*, 51(4), 293-304.
627

- 628 Fornero, S. A., Marins, G. M., Lobo, J. T., Freire, A. F. M., & de Lima, E. F. (2018). Characterization of
629 subaerial volcanic facies using acoustic image logs: Lithofacies and log-facies of a lava-flow deposit in
630 the Brazilian pre-salt, deepwater of Santos Basin. *Marine and Petroleum Geology*.
631
- 632 Foucher, M. S., Petronis, M. S., Lindline, J., & van Wyk de Vries, B. (2018). Investigating the Magmatic
633 Plumbing System of a Monogenetic Scoria Cone: A Field and Laboratory Study of the Cienega Scoria
634 Cone, Cerros del Rio Volcanic Field, New Mexico. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 19(7),
635 1963-1978.
636
- 637 Gibson, S. A., Thompson, R. N., Leonardos, O. H., Dickin, A. P., & Mitchell, J. G. (1995). The Late
638 Cretaceous impact of the Trindade mantle plume: evidence from large-volume, mafic, potassic
639 magmatism in SE Brazil. *Journal of Petrology*, 36(1), 189-229.
640
- 641 Gibson, S. A., Thompson, R. N., Weska, R. K., Dickin, A. P., & Leonardos, O. H. (1997). Late
642 Cretaceous rift-related upwelling and melting of the Trindade starting mantle plume head beneath
643 western Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126(3), 303-314.
644
- 645 Groppelli, G., & Viereck-Goette, L. (Eds.). (2010). *Stratigraphy and geology of volcanic areas* (Vol.
646 464). Geological Society of America.
647
- 648 Guilbaud, M. N., Self, S., Thordarson, T., & Blake, S. (2005). Morphology, surface structures, and
649 emplacement of lavas produced by Laki, AD 1783–1784. *Geological Society of America Special Papers*,
650 396, 81-102.
651
- 652 Hansen, M. A. F., Viramonte, J. G., Troian, F. L., Mizusaki, A. M. P., Becchio, R., & Fensterseifer, H. C.
653 (1998). Nuevas edades para el volcanismo de las islas Trindade y Martin Vaz, Brasil. In *Sixth*
654 *International Meeting: Colima Volcano, México*(Vol. 26, pp. 1-28).
655
- 656 Harijoko, A., Gunawan, R. M. P. P., Wibowo, H. E., Setiawan, N. I., Handini, E., Suryanto, W., & Mei,
657 E. T. W. (2018). Formation of Mount Loyang: Easternmost scoria cone of Slamet stratovolcano, Central
658 Java, Indonesia. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1987, No. 1, p. 020063). AIP Publishing.
659
- 660 Harris, A. J., & Rowland, S. (2001). FLOWGO: a kinematic thermo-rheological model for lava flowing
661 in a channel. *Bulletin of Volcanology*, 63(1), 20-44.
662
- 663 Hartnady, C. J. H., & Le Roex, A. P. (1985). Southern Ocean hotspot tracks and the Cenozoic absolute
664 motion of the African, Antarctic, and South American plates. *Earth and Planetary Science Letters*, 75(2-
665 3), 245-257.
666
- 667 Head III, J. W., & Wilson, L. (1989). Basaltic pyroclastic eruptions: influence of gas-release patterns and
668 volume fluxes on fountain structure, and the formation of cinder cones, spatter cones, rootless flows, lava
669 ponds and lava flows. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 37(3-4), 261-271.
670
- 671 Hon, K., Kauahikaua, J., Denlinger, R., & Mackay, K. (1994). Emplacement and inflation of pahoehoe
672 sheet flows: Observations and measurements of active lava flows on Kilauea Volcano, Hawaii.
673 *Geological Society of America Bulletin*, 106(3), 351-370.
674

- 675 Houghton, B. F., Wilson, C. J. N., Rosenberg, M. D., Smith, I. E. M., & Parker, R. J. (1996). Mixed
676 deposits of complex magmatic and phreatomagmatic volcanism: an example from Crater Hill, Auckland,
677 New Zealand. *Bulletin of Volcanology*, 58(1), 59-66.
678
- 679 Hulme, G. (1974). The interpretation of lava flow morphology. *Geophysical Journal International*, 39(2),
680 361-383.
681
- 682 Jerram, D. A. (2002). Volcanology and facies architecture of flood basalts. *Volcanic Rifted Margins*,
683 362, 119.
684
- 685 Kereszturi, G., & Németh, K. (2016). Sedimentology, eruptive mechanism and facies architecture of
686 basaltic scoria cones from the Auckland Volcanic Field (New Zealand). *Journal of Volcanology and*
687 *Geothermal Research*, 324, 41-56.
688
- 689 Keszthelyi, L., Thordarson, T., Self, S., 2001. Rubbly pahoehoe: implications for flood basalt eruptions
690 and their atmospheric effects. *Eos, Trans. Am. Geophys. Union* 82: F1407
691
- 692 Khalaf, E. E. D. A. H., Sano, T., & Tsutsumi, Y. (2018). Evolution of monogenetic rift-related alkaline
693 magmatism in south Egypt: Insight from stratigraphy, geochronology, and geochemistry of the Natash
694 volcanics. *Journal of African Earth Sciences*, 147, 450-476.
695
- 696 Kósik, S., Németh, K., Kereszturi, G., Procter, J. N., Zellmer, G. F., & Geshi, N. (2016).
697 Phreatomagmatic and water-influenced Strombolian eruptions of a small-volume parasitic cone complex
698 on the southern ringplain of Mt. Ruapehu, New Zealand: facies architecture and eruption mechanisms of
699 the Ohakune Volcanic Complex controlled by an unstable fissure eruption. *Journal of Volcanology and*
700 *Geothermal Research*, 327, 99-115.
701
- 702 Lacroix, A. (1916). La constitution des roches volcaniques de l'Extrême Nord de Madagascar et de Nosy
703 Bé; les ankaratrites de Madagascar en général. *Compt. Rend.*, 163, 253-8.
704
- 705 Linnell, T., Shane, P., Smith, I., Augustinus, P., Cronin, S., Lindsay, J., & Maas, R. (2016). Long-lived
706 shield volcanism within a monogenetic basaltic field: The conundrum of Rangitoto volcano, New
707 Zealand. *Bulletin*, 128(7-8), 1160-1172.
708
- 709 Liu, J., Wang, P., Zhang, Y., Bian, W., Huang, Y., Tang, H., & Chen, X. (2012). Volcanic rock-hosted
710 natural hydrocarbon resources: a review. In *Updates in Volcanology-New Advances in Understanding*
711 *Volcanic Systems*. InTech.
712
- 713 Looock, S., de Vries, B. V. W., & Hénot, J. M. (2010). Clinker formation in basaltic and trachybasaltic
714 lava flows. *Bulletin of volcanology*, 72(7), 859-870.
715
- 716 Lorenz, V. (1987). Phreatomagmatism and its relevance. *Chemical Geology*, 62(1-2), 149-156.
717
- 718 Macdonald, G. A. (1953). Pahoehoe, aa, and block lava. *American Journal of Science*, 251(3), 169-191.
719
- 720 Marques, L. S., Ulbrich, M. N., Ruberti, E., & Tassinari, C. G. (1999). Petrology, geochemistry and Sr-
721 Nd isotopes of the Trindade and Martin Vaz volcanic rocks (southern Atlantic Ocean). *Journal of*
722 *Volcanology and Geothermal Research*, 93(3), 191-216.
723

- 724 Marshall, P. E., Widdowson, M., & Murphy, D. T. (2016). The Giant Lavas of Kalkarindji: rubbly
725 pāhoehoe lava in an ancient continental flood basalt province. *Palaeogeography, Palaeoclimatology,*
726 *Palaeoecology*, 441, 22-37.
- 727
- 728 Martí, J, Groppelli G., & da Silveira A. B. "Volcanic stratigraphy: A review." *Journal of Volcanology*
729 *and Geothermal Research* (2018).
- 730
- 731 Martin, U., & Németh, K. (2006). How Strombolian is a “Strombolian” scoria cone? Some irregularities
732 in scoria cone architecture from the Transmexican Volcanic Belt, near Volcán Ceboruco,(Mexico) and Al
733 Haruj (Libya). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 155(1-2), 104-118.
- 734
- 735 McGetchin, T. R., Settle, M., & Chouet, B. A. (1974). Cinder cone growth modeled after northeast crater,
736 Mount Etna, Sicily. *Journal of Geophysical Research*, 79(23), 3257-3272.
- 737
- 738 McPhie, J. (1993). *Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*.
- 739
- 740 Miall, A. D. (1977). Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary.
- 741
- 742 Miall, A.D., (1992) Alluvial deposits, in Walker, R.G, and James, N.P., eds., *Facies Models: Response to*
743 *saa-Level Change*: Toronto, Geological Association of Canada, p. 119-142.
- 744
- 745 Murcia, H., Németh, K., Moufti, M. R., Lindsay, J. M., El-Masry, N., Cronin, S. J., Qaddah, A., Smith, I.
746 E. M. (2014). Late Holocene lava flow morphotypes of northern Harrat Rahat, Kingdom of Saudi Arabia:
747 implications for the description of continental lava fields. *Journal of Asian Earth Sciences*, 84, 131-145.
- 748
- 749 Németh, K. (2010). Monogenetic volcanic fields: Origin, sedimentary record, and relationship with
750 polygenetic volcanism. *What is a Volcano?*, 470, 43.
- 751
- 752 Németh, K., & Cronin, S. J. (2009). Phreatomagmatic volcanic hazards where rift-systems meet the sea, a
753 study from Ambae Island, Vanuatu. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 180(2-4), 246-
754 258.
- 755
- 756 Németh, K., Risso, C., Nullo, F., & Kereszturi, G. (2011). The role of collapsing and cone rafting on
757 eruption style changes and final cone morphology: Los Morados scoria cone, Mendoza,
758 Argentina. *Central European Journal of Geosciences*, 3(2), 102-118.
- 759
- 760 Németh, K., Risso, C., Nullo, F., Smith, I. E. M., & Pécskay, Z. (2012). Facies architecture of an isolated
761 long-lived, nested polygenetic silicic tuff ring erupted in a braided river system: The Los Loros volcano,
762 Mendoza, Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 239, 33-48.
- 763
- 764 O'Connor, J. M., & Duncan, R. A. (1990). Evolution of the Walvis Ridge-Rio Grande Rise hot spot
765 system: Implications for African and South American plate motions over plumes. *Journal of Geophysical*
766 *Research: Solid Earth*, 95(B11), 17475-17502.
- 767
- 768 Óskarsson, B. V., & Riishuus, M. S. (2013). The mode of emplacement of Neogene flood basalts in
769 Eastern Iceland: Facies architecture and structure of the Hólmar and Grjótá olivine basalt groups. *Journal*
770 *of Volcanology and Geothermal Research*, 267, 92-118.
- 771

- 772 Oskarsson, B. V., & Riishuus, M. S. (2014). The mode of emplacement of Neogene flood basalts in
773 eastern Iceland: Facies architecture and structure of simple aphyric basalt groups. *Journal of Volcanology*
774 *and Geothermal Research*, 289, 170-192.
775
- 776 Parfitt, E. A., & Wilson, L. (1995). Explosive volcanic eruptions—IX. The transition between Hawaiian-
777 style lava fountaining and Strombolian explosive activity. *Geophysical Journal International*, 121(1),
778 226-232.
779
- 780 Pedrazzi, D., Martí, J., & Geyer, A. (2013). Stratigraphy, sedimentology and eruptive mechanisms in the
781 tuff cone of El Golfo (Lanzarote, Canary Islands). *Bulletin of Volcanology*, 75(7), 740.
782
- 783 Peterson, D. W., & Tilling, R. I. (1980). Transition of basaltic lava from pahoehoe to aa, Kilauea
784 Volcano, Hawaii: field observations and key factors. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*,
785 7(3-4), 271-293.
786
- 787 Pinkerton, H., & Sparks, R. S. J. (1976). The 1975 sub-terminal lavas, Mount Etna: a case history of the
788 formation of a compound lava field. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1(2), 167-182.
789
- 790 Pires, G. L. C., & Bongiolo, E. M. (2016). The nephelinitic–phonolitic volcanism of the Trindade Island
791 (South Atlantic Ocean): Review of the stratigraphy, and inferences on the volcanic styles and sources of
792 nephelinites. *Journal of South American Earth Sciences*, 72, 49-62.
793
- 794 Pires, G. L. C., Bongiolo, E. M., Geraldés, M. C., Renac, C., Santos, A. C., Jourdan, F., & Neumann, R.
795 (2016). New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages and revised $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}^*$ data from nephelinitic–phonolitic volcanic
796 successions of the Trindade Island (South Atlantic Ocean). *Journal of Volcanology and Geothermal*
797 *Research*, 327, 531-538.
798
- 799 Riedel, C., Ernst, G. G. J., & Riley, M. (2003). Controls on the growth and geometry of pyroclastic
800 constructs. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 127(1-2), 121-152.
801
- 802 Rogers, R., Ross, P. S., Goutier, J., & Mercier-Langevin, P. (2014). Using physical volcanology,
803 chemical stratigraphy, and pyrite geochemistry for volcanogenic massive sulfide exploration: An
804 example from the Blake River Group, Abitibi Greenstone Belt. *Economic Geology*, 109(1), 61-88.
805
- 806 Ross, P. S., Delpit, S., Haller, M. J., Németh, K., & Corbella, H. (2011). Influence of the substrate on
807 maar–diatreme volcanoes—an example of a mixed setting from the Pali Aike volcanic field,
808 Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 201(1-4), 253-271.
809
- 810 Rossetti, L. M., Lima, E. F., Waichel, B. L., Scherer, C. M., & Barreto, C. J. (2014). Stratigraphical
811 framework of basaltic lavas in Torres Syncline main valley, southern Parana-Etendeka Volcanic
812 Province. *Journal of South American Earth Sciences*, 56, 409-421.
813
- 814 Rossetti, L., Lima, E. F., Waichel, B. L., Hole, M. J., Simões, M. S., & Scherer, C. M. (2018).
815 Lithostratigraphy and volcanology of the Serra Geral Group, Paraná-Etendeka Igneous Province in
816 Southern Brazil: towards a formal stratigraphical framework. *Journal of Volcanology and Geothermal*
817 *Research*, 355, 98-114.
818
- 819 Rowland, S. K., & Walker, G. P. (1987). Toothpaste lava: characteristics and origin of a lava structural
820 type transitional between pahoehoe and aa. *Bulletin of Volcanology*, 49(4), 631-641.

- 821
822 Rowland, S. K., & Walker, G. P. (1990). Pahoehoe and aa in Hawaii: volumetric flow rate controls the
823 lava structure. *Bulletin of Volcanology*, 52(8), 615-628.
824
- 825 Schmid, R. (1981). Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and
826 fragments. *Geologische Rundschau*, 70(2), 794-799.
827
- 828 Schmincke, H. U. (2004). *Volcanism* (Vol. 28). Springer Science & Business Media.
829
- 830 Schutter, S. R. (2003). Hydrocarbon occurrence and exploration in and around igneous rocks. Geological
831 Society, London, Special Publications, 214(1), 7-33.
832
- 833 Sehlke, A., Whittington, A., Robert, B., Harris, A., Gurioli, L., & Médard, E. (2014). Pahoehoe toaa
834 transition of Hawaiian lavas: an experimental study. *Bulletin of Volcanology*, 76(11), 876.
835
- 836 Self, S. (1976). The recent volcanology of Terceira, Azores. *Journal of the Geological Society*, 132(6),
837 645-666.
838
- 839 Self, S., Thordarson, T., Keszthelyi, L., Walker, G. P. L., Hon, K., Murphy, M. T., ... & Finnemore, S.
840 (1996). A new model for the emplacement of Columbia River basalts as large, inflated pahoehoe lava
841 flow fields. *Geophysical Research Letters*, 23(19), 2689-2692.
842
- 843 Shaw, H. R., Wright, T. L., Peck, D. L., & Okamura, R. (1968). The viscosity of basaltic magma; an
844 analysis of field measurements in Makaopuhi lava lake, Hawaii. *American Journal of Science*, 266(4),
845 225-264.
846
- 847 Siebel, W., Becchio, R., Volker, F., Hansen, M. A. F., Viramonte, J., Trumbull, R. B., ... & Zimmer, M.
848 (2000). Trindade and Martín Vaz Islands, South Atlantic: Isotopic (Sr, Nd, Pb) and trace element
849 constraints on plume related magmatism. *Journal of South American Earth Sciences*, 13(1), 79-103.
850
- 851 Simões, M. S., Lima, E. F., Sommer, C. A., & Rossetti, L. M. M. (2018). Structures and lithofacies of
852 inferred silicic conduits in the Paraná-Etendeka LIP, southernmost Brazil. *Journal of Volcanology and*
853 *Geothermal Research*, 355, 319-336.
854
- 855 Sohn, Y. K., & Chough, S. K. (1992). The Ilchulbong tuff cone, Cheju Island, South
856 Korea. *Sedimentology*, 39(4), 523-544.
857
- 858 Soldati, A., Harris, A. J. L., Gurioli, L., Villeneuve, N., Rhéty, M., Gomez, F., & Whittington, A. (2018).
859 Textural, thermal, and topographic constraints on lava flow system structure: the December 2010
860 eruption of Piton de la Fournaise. *Bulletin of Volcanology*, 80(10), 74.
861
- 862 Soldati, A., Sehlke, A., Chigna, G., & Whittington, A. (2016). Field and experimental constraints on the
863 rheology of arc basaltic lavas: the January 2014 Eruption of Pacaya (Guatemala). *Bulletin of*
864 *Volcanology*, 78(6), 43.
865
- 866 Sparice, D., Scarpati, C., Perrotta, A., Mazzeo, F. C., Calvert, A. T., & Lanphere, M. A. (2017). New
867 insights on lithofacies architecture, sedimentological characteristics and volcanological evolution of pre-
868 caldera (> 22 ka), multi-phase, scoria-and spatter-cones at Somma-Vesuvius. *Journal of Volcanology and*
869 *Geothermal Research*, 347, 165-184.

870

871 Sparks, R. S. J., & Walker, G. P. L. (1973). The ground surge deposit: a third type of pyroclastic rock.
872 *Nature physical science*, 241(107), 62.

873

874 Stix, J., Kennedy, B., Hannington, M., Gibson, H., Fiske, R., Mueller, W., & Franklin, J. (2003).
875 Caldera-forming processes and the origin of submarine volcanogenic massive sulfide deposits. *Geology*,
876 31(4), 375-378.

877

878 Sulpizio, R., Bonasia, R., Dellino, P., Mele, D., Di Vito, M. A., & La Volpe, L. (2010). The Pomici di
879 Avellino eruption of Somma–Vesuvius (3.9 ka BP). Part II: sedimentology and physical volcanology of
880 pyroclastic density current deposits. *Bulletin of Volcanology*, 72(5), 559-577.

881

882 Thorarinsson, S., Steinthórsson, S., Einarsson, T., Kristmannsdóttir, H., & Oskarsson, N. (1973). The
883 eruption on Heimaey, Iceland. *Nature*, 241(5389), 372.

884

885 Valentine, G. A., & Gregg, T. K. P. (2008). Continental basaltic volcanoes—processes and
886 problems. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 177(4), 857-873.

887

888 Valentine, G. A., Krier, D., Perry, F. V., & Heiken, G. (2005). Scoria cone construction mechanisms,
889 Lathrop Wells volcano, southern Nevada, USA. *Geology*, 33(8), 629-632.

890

891 Vetere, F., Mollo, S., Giacomoni, P. P., Iezzi, G., Coltorti, M., Ferlito, C., ... & Scarlato, P. (2015).
892 Experimental constraints on the origin of pahoehoe “cicirara” lavas at Mt. Etna Volcano (Sicily, Italy).
893 *Bulletin of Volcanology*, 77(5), 44.

894

895 Vörös, F., Van Wyk de Vries, B., Guilbaud, M. N., & Székely, B. (2018, April). Comparative
896 geomorphometric analysis of scoria cones of Chaîne des Puys (France) and Sierra Chichinautzin (Central
897 México). In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 20, p. 1163).

898

899 Wang, P. & Chen, S. (2015). Cretaceous volcanic reservoirs and their exploration in the Songliao Basin,
900 northeast China Volcanic Reservoirs and Their Exploration. *AAPG Bulletin*, 99(3), 499-523.

901

902 White, J. D. (1991). The depositional record of small, monogenetic volcanoes within terrestrial basins.

903

904 White, J. D., & Valentine, G. A. (2016). Magmatic versus phreatomagmatic fragmentation: absence of
905 evidence is not evidence of absence. *Geosphere*, 12(5), 1478-1488.

906

907 Wilson, C. J. N., & Walker, G. P. (1982). Ignimbrite depositional facies: the anatomy of a pyroclastic
908 flow. *Journal of the Geological Society*, 139(5), 581-592.

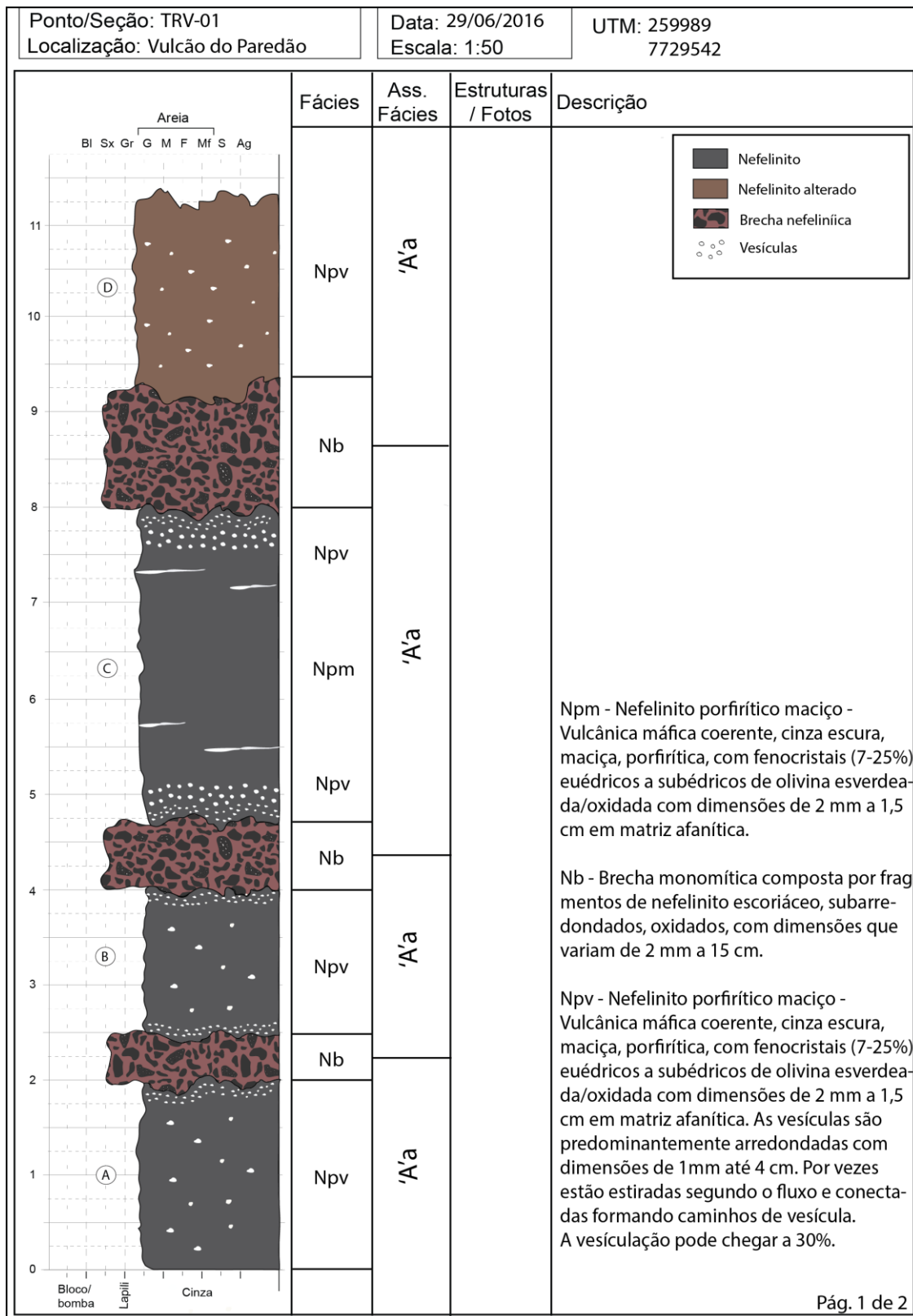
909

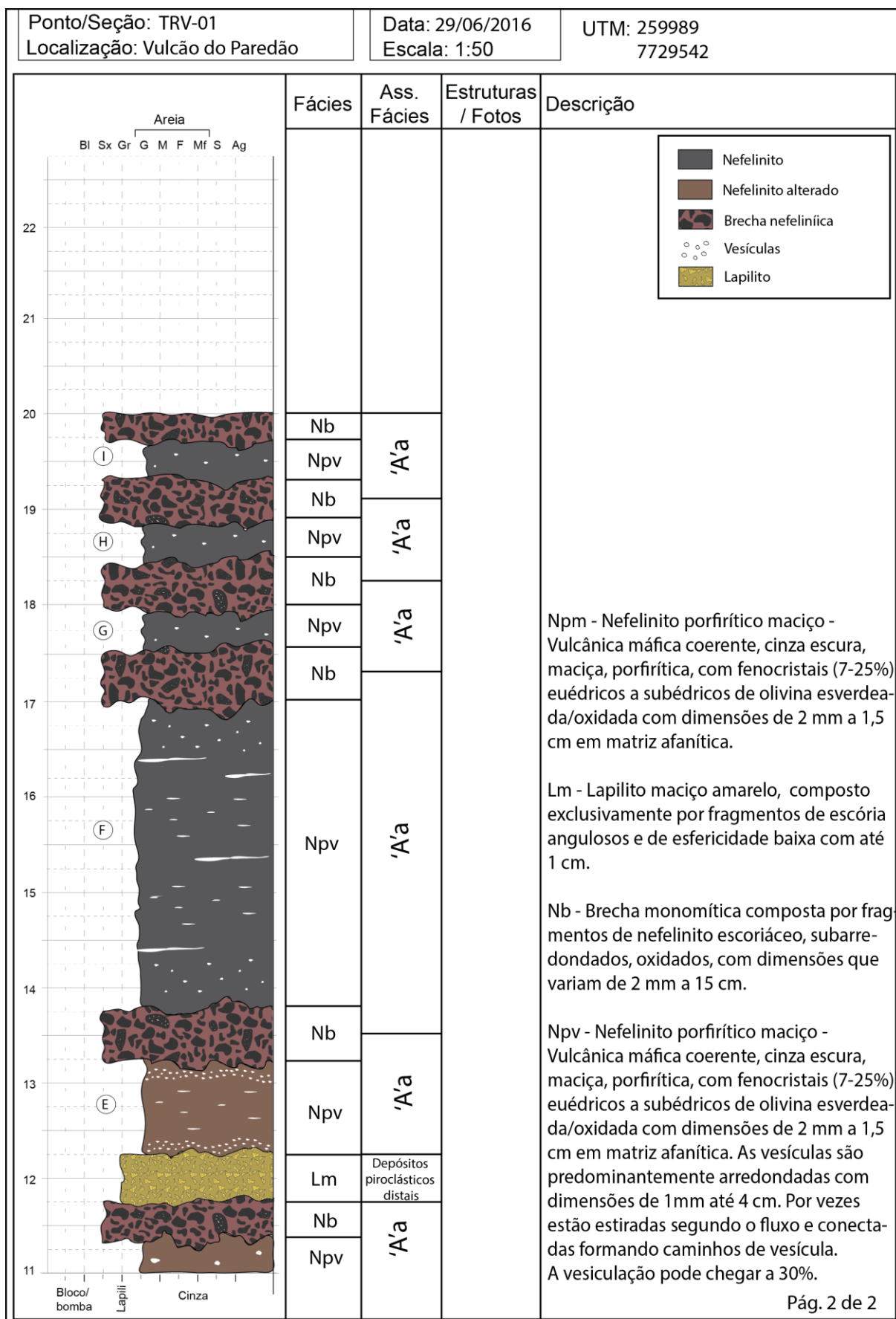
910 Wright, J. V., Self, S., & Fisher, R. V. (1981). Towards a facies model for ignimbrite-forming eruptions.
911 In *Tephra Studies* (pp. 433-439). Springer, Dordrecht

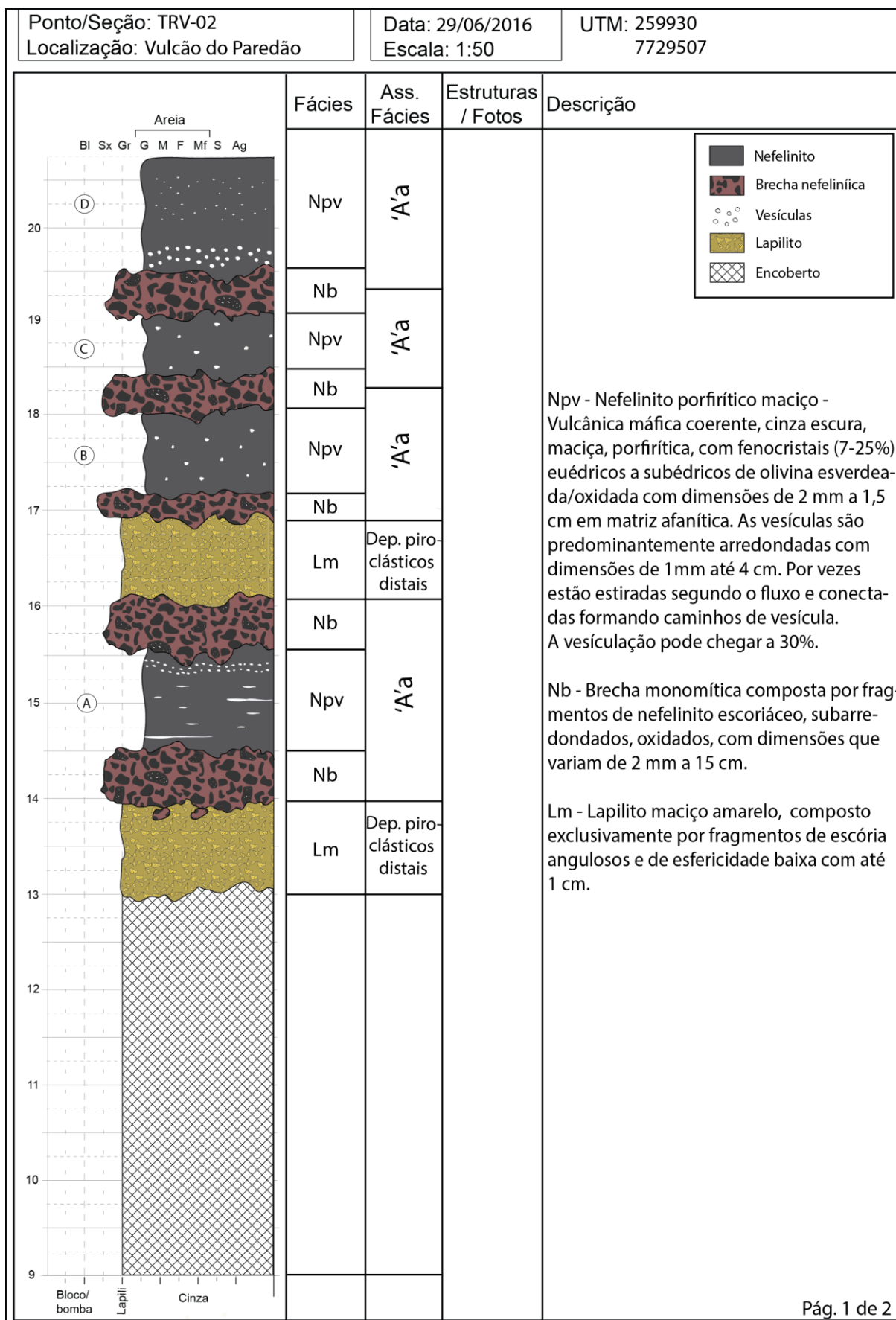
CAPÍTULO IV

ANEXOS

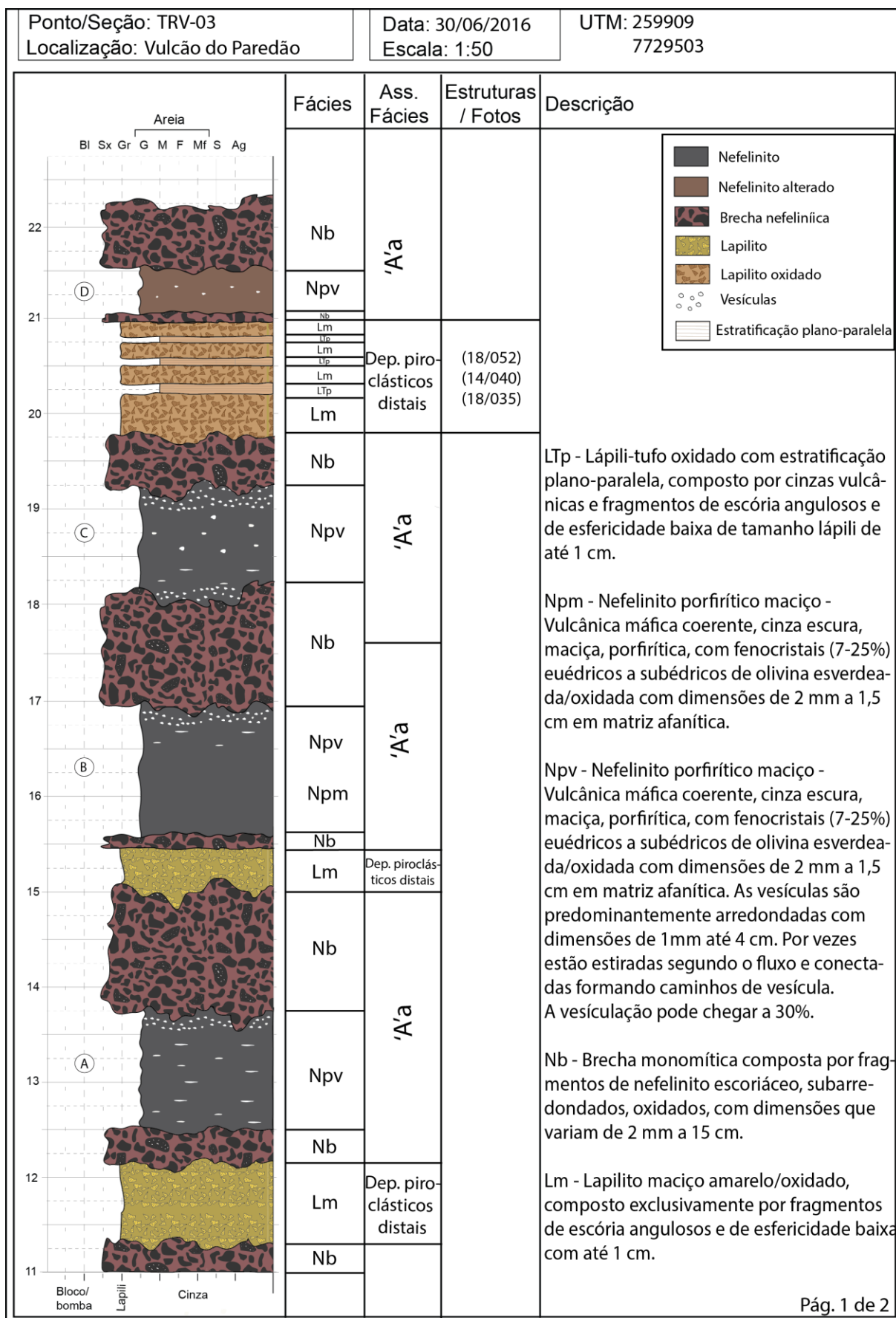
A - SEÇÕES COLUNARES







Ponto/Seção: TRV-02 Localização: Vulcão do Paredão		Data: 29/06/2016 Escala: 1:50	UTM: 259930 7729507		
		Fácies	Ass. Fácies	Estruturas / Fotos	Descrição
24		Nb	'A'a		<p>Nb - Brecha monomítica composta por fragmentos de nefelinito escoriáceo, subarredondados, oxidados, com dimensões que variam de 2 mm a 15 cm.</p> <p>Npv - Nefelinito porfírico maciço - Vulcânica máfica coerente, cinza escura, maciça, porfírica, com fenocristais (7-25%) euédricos a subédricos de olivina esverdeada/oxidada com dimensões de 2 mm a 1,5 cm em matriz afanítica. As vesículas são predominantemente arredondadas com dimensões de 1 mm até 4 cm. Por vezes estão estiradas segundo o fluxo e conectadas formando caminhos de vesícula. A vesículação pode chegar a 30%.</p>
23	(F)	Npv			
22		Nb	'A'a		
21	(E)	Npv			
20		Nb	'A'a		
		Npv			



Ponto/Seção: TRV-03 Localização: Vulcão do Paredão		Data: 30/06/2016 Escala: 1:50	UTM: 259909 7729503		
		Fácies	Ass. Fácies	Estruturas / Fotos	Descrição
28					
27		Nb	Rubbly		Lm - Lapilito maciço oxidado, composto exclusivamente por fragmentos de escória angulosos e de esfericidade baixa com até 1 cm.
26	(G)	Npv			Npm - Nefelinito porfírico maciço - Vulcânica máfica coerente, cinza escura, maciça, porfírica, com fenocristais (7-25%) euédricos a subédricos de olivina esverdeada/oxidada com dimensões de 2 mm a 1,5 cm em matriz afanítica.
25		Lm	Dep. piroclásticos distais		Npv - Nefelinito porfírico maciço - Vulcânica máfica coerente, cinza escura, maciça, porfírica, com fenocristais (7-25%) euédricos a subédricos de olivina esverdeada/oxidada com dimensões de 2 mm a 1,5 cm em matriz afanítica. As vesículas são predominantemente arredondadas com dimensões de 1 mm até 4 cm. Por vezes estão estiradas segundo o fluxo e conectadas formando caminhos de vesícula. A vesículação pode chegar a 30%.
24	(F)	Npv	Pahoehoe		
23		Npm			
23		Nb	'A'a		Nb - Brecha monomítica composta por fragmentos de nefelinito escoriáceo, subarredondados, oxidados, com dimensões que variam de 2 mm a 15 cm.
22	(E)	Npv			
		Nb			

Ponto/Seção: TRV-04 Localização: Vulcão do Paredão		Data: 28/06/2017 Escala: 1:50	UTM: 260106 7728675		
		Fácies	Ass. Fácies	Estruturas / Fotos	Descrição
7					
6	(C)	LBm	Depósitos piroclásticos proximais	(21/275) (27/230)	<p>Lrg - Lapilito com gradação inversa, marrom, composto por fragmentos de escória oxidados (0,2-2 cm), angulosos e de esfericidade baixa e cristaloclastos de olivina alterados, com ~ 3 mm. Contém ~5% de bombas (7cm) de escória e de lava nefelinítica subordinada, subangulosas e de esfericidade baixa, por vezes imbricadas.</p> <p>LBm - Lapili-brecha maciça, marrom, composta por fragmentos de escória (0,3 - 6 cm), angulosos e de esfericidade baixa e subordinados cristaloclastos de olivina e flogopita milimétricos a centimétricos. A fração brecha contém de 5-30 % de bombas nefeliníticas e de escória (10 - 80 cm), subangulosas e de esfericidade moderada.</p>
5					
4					
3	(B)	Lrg		(24/185) (16/140)	
2					
1	(A)	LBm		(22/120) (26/143)	
0					
	Bloco/bomba Lapili Cinza				

B - DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS E FOTOMICROGRAFIAS

1- Fácies coerentes

TRV-01A

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	TRV-01A
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Estado:	RS
Lugar:	Ilha da Trindade
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	02/05/2017
Data da última edição:	26/05/2017
Usos:	Ensino/treinamento

Sumário

Núcleo de derrame AA - Base da estratigrafia.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Hipocristalina
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.0 mm) ao Médio (3.2 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Hipidiomórfica
Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos:	Poligonal,Acicular
Textura(s):	Vesicular, Porfírica, Microlítica

Composição

16.33% Olivina, Romboedro grande, Como fenocristal, Alterado, Euédricos a subédricos, com dissolução intracristalina OU feição de resfriamento rápido, fraturados. Tamanho: 0,18-3,2 mm.;

14.0% Clinopiroxênio indiferenciado, Acicular, Na matriz, Micrólitos, por vezes circundando/ preenchendo cavidade.;

13.67% Vesícula, Sendo coberto por <Constituinte>, Clinopiroxênio indiferenciado, Piroxênios-Piroxenóides, Arredondadas e alongadas, por vezes formando caminhos de vesícula. Vesículas com tamanhos de 0,24 mm - 2,4 mm. Caminhos de vesícula centimétricos. Amígdalas de material semelhante a matriz ???;

13.0% Constituinte indiferenciado, Sujando a matriz e preenchendo cavidades - provavelmente argilização.;

10.33% Opaco indiferenciado, Cúbica, Como constituinte da petrotrama secundária, Por vezes circundando cavidades.;

9.33% Nefelina, Anédrico, Na matriz, Por vezes circundando cavidade.;

9.0% Feldspatóide indiferenciado, Anédrico, Na matriz;

4.0% Poro intracristalino, Dissolução de <Constituinte>, Olivina, Olivinas;

4.0% Fratura, Fratura de <Constituinte>, Olivina, Olivinas;

3.67% Cavidade indiferenciada, Da dissolução do material secundário que preenche vespículas.;

2.67% Poro intercristalino, De dissolução da matriz.;

TRV-01B

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	TRV-01B
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	30/05/2017
Data da última edição:	30/05/2017
Usos:	Ensino/treinamento

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.01 mm) ao Médio (2.0 mm)
Tamanho de cristal modal:	Muito fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica
Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos:	Acicular, Esqueletal
Textura(s):	Vesicular, Porfírica, Intergranular

Composição

20.67% Clinopiroxênio indiferenciado, Acicular, Como matriz;
 15.33% Olivina, Esqueletal, Como fenocristal, Alterado, Tamanho: 0,4mm-2mm. Subédricas/euédricas, parcialmente alteradas para iddingsita, fraturadas.;

12.67% Nefelina, Como matriz, Subédrica, por vezes preenchendo cavidades com a flogopita.;

12.67% Opaco indiferenciado, Cúbica, Como constituinte da petrotrama secundária, Magnetita? Sobre a matriz.;

10.67% Constituinte indiferenciado, Anédrico, Como matriz, Mineral incolor e isotrópico, anédrico intergranular.

Analcita? Sodalita?;

8.33% Flogopita, Lamelar, Como matriz, subédrica/anédrica, com até 0,4 mm. Por vezes euédrica preenchendo cavidades.;

7.33% Vesícula, Vesículas arredondadas e estiradas segundo o fluxo, com até 0,7mm.;

5.0% Poro intercristalino, Da dissolução da matriz.;

3.67% Fratura, Fratura de <Constituinte>, Olivina, Olivinas;

2.0% Poro intracristalino, Dissolução de <Constituinte>, Olivina, Olivinas;

1.0% Poro móldico, Dissolução de <Constituinte>, Nefelina, Feldspatóides;

0.67% Analcima, Preenchendo vesícula;

TRV-01C

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	TRV-01C
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Lugar:	Ilha da Trindade
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	02/05/2017
Data da última edição:	26/05/2017
Usos:	Ensino/treinamento

Sumário

Núcleo de derrame Aa

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.1 mm) ao Médio (5.0 mm)
Tamanho de cristal modal:	Fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica

Composição

22.0% Olivina, Romboedro grande, Como fenocristal, Pode ser esqueletal, com borda zonada, extinção ondulante. Não estão alteradas. Tamanho: 0,3mm-5mm.;

21.67% Clinopiroxênio indiferenciado, Acicular, Como matriz;

18.33% Opaco indiferenciado;

12.0% Nefelina, Na matriz;

10.33% Feldspatóide indiferenciado, Anédrico, Como matriz, Isótropicos. Analcita? Podem estar bastante oxidados.;

4.33% Vesícula, Vesículas arredondadas e esféricas. Com 0,3 mm - 2,4 mm. Por vezes circundadas por nefelina e clinopiroxênio.;

3.33% Flogopita, Como fenocristal, Subédricos. Tamanho: 0,3 mm.;

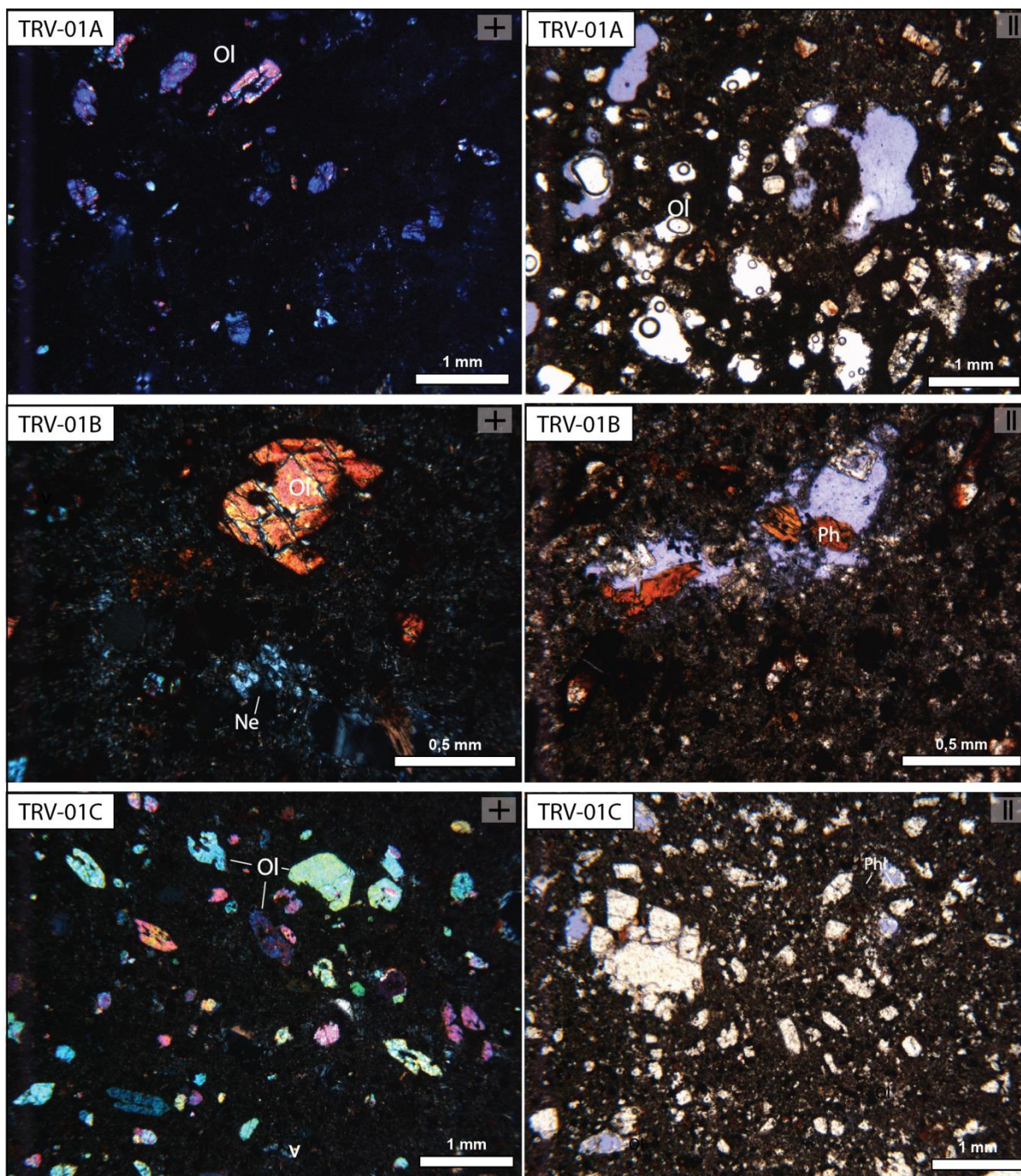
3.33% Poro intercristalino, Dissolução da matriz;

2.0% Poro intracristalino, Dissolução de <Constituinte>, Olivina, Olivinas, E da dissolução/ fraturamento de cpx.;

1.67% Nefelina, Como fenocristal, Esparsos fenocristais subédricos. Tamanho: 0,3 mm.;

1.0% Poro móldico, Dissolução de <Constituinte>, Feldspatóide indiferenciado, Feldspatóides, Nefelina?;

Fotomicrografias das fácies coerentes (lâminas TRV-01A, TRV-01B, TRV-01C).
+ - polarizadores perpendiculares; II – polarizadores paralelos.



TRV-01F1

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	TRV-01F1
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Lugar:	Ilha da Trindade
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	03/05/2017
Data da última edição:	26/05/2017
Usos:	Ensino/treinamento

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.0 mm) ao Médio (4.8 mm)
Tamanho de cristal modal:	Fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica

Composição

27.33% Clinopiroxênio indiferenciado, Acicular, Como matriz;
 18.33% Feldspatóide indiferenciado, Como matriz, Intergranulares -subédricos a anédricos- Isotrópicos, com até 0,2 mm. Analcita?;
 17.67% Opaco indiferenciado, Cúbica, Como matriz;
 16.0% Olivina, Esqueletal, Como fenocristal, Alterado;
 9.33% Vesícula, Vesículas alongadas, com até 0,8mm de espessura. Formam caminhos de vesículas.;
 5.0% Nefelina, Tabular, Na matriz, Por vezes circundando cavidade;
 4.33% Poro intercrystalino, Da dissolução da matriz.;
 2.0% Poro intracrystalino, Da dissolução de Ol? ou do aprisionamento de bolhas???

TRV-01F2

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	TRV-01F2
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	03/05/2017
Data da última edição:	26/05/2017
Usos:	Ensino/treinamento

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Tamanho de cristal modal:	Fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica

Composição

27.67% Clinopiroxênio indiferenciado, Acicular, Como matriz;
 18.67% Olivina, Esquelético, Como fenocristal, Fraturado, Tamanho: 0,06mm- 2mm.;
 15.33% Opaco indiferenciado;
 14.33% Feldspatóide indiferenciado, Anédrico, Isotrópicos, por vezes com birrefringência baixa.

Analcita/Nefelina?;

10.67% Vesícula, Arredondadas e angulosas. Tamanho: 0,4 mm até 4 mm. As vesículas são circundadas por cristais aciculares de cpx, nefelina anédrica e opacos.;
 10.0% Nefelina, Na matriz, Anédrica intergranular, ou subédrica circundando cavidade.;
 2.33% Poro intercrystalino, Dissolução da matriz.;
 0.67% Fratura;
 0.33% Poro intracrystalino, Dissolução de Ol e Cpx.;

TRV-03A

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	TRV-03A
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	03/05/2017
Data da última edição:	26/05/2017
Usos:	Ensino/treinamento

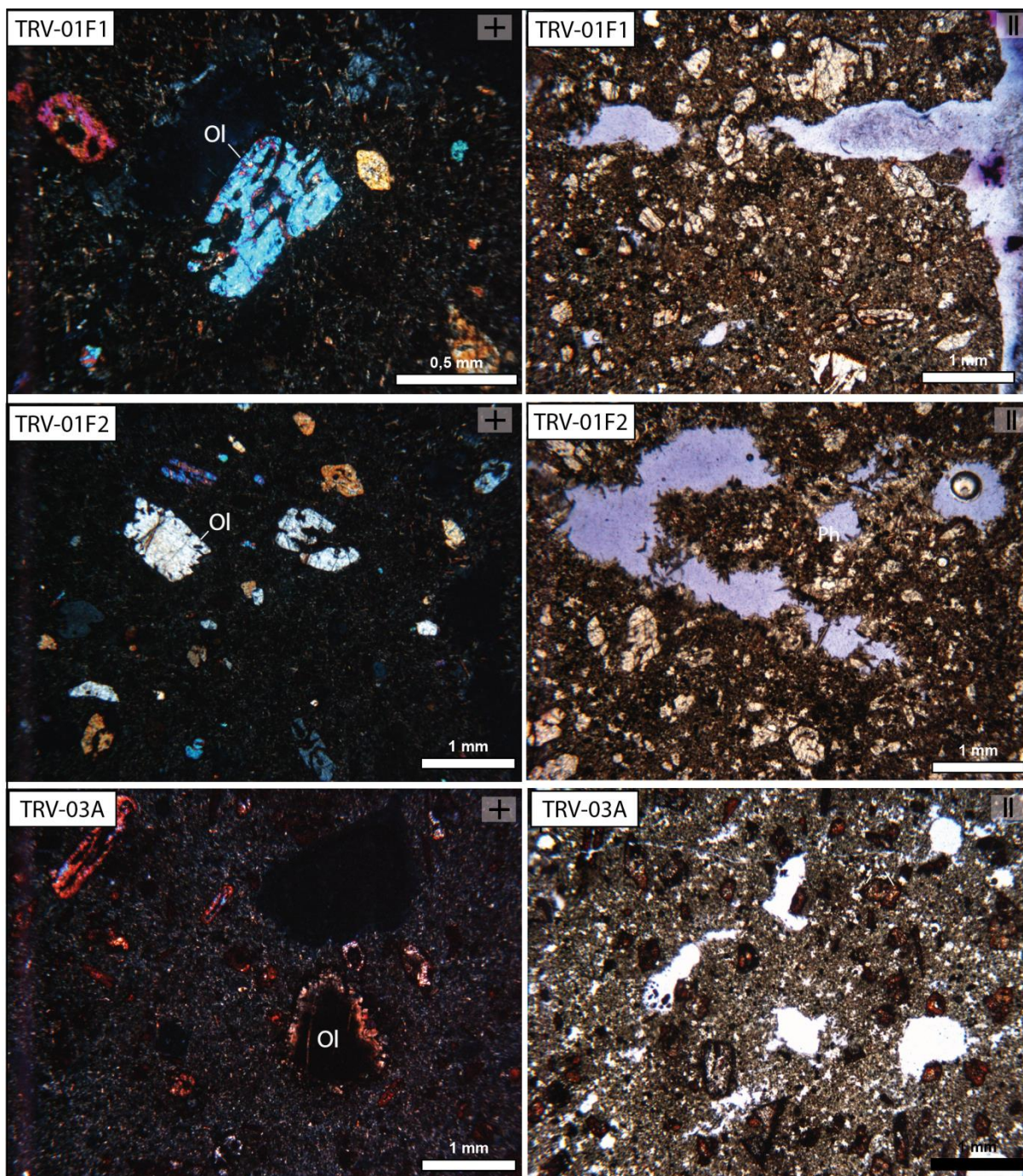
Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Afano-fanerítica
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.0 mm) ao Médio (3.2 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica

Composição

25.0% Clinopiroxênio indiferenciado, Acicular, Como matriz;
 15.67% Opaco indiferenciado, Cúbica, Como constituinte da petrotrama secundária;
 14.67% Feldspatóide indiferenciado, Anédrico, Como matriz, Isótropo.;
 14.33% Olivina, Romboedro grande, Como fenocristal, Alterado, Alguns grão completamente oxidados (iddingsita). Tamanho:0,3mm-3,2mm.;
 10.67% Vesícula;
 6.0% Nefelina, Na matriz;
 5.0% Poro intercrystalino, Dissolução da matriz.;
 4.33% Poro intracrystalino, Da dissolução dos cristais?;
 4.33% Fratura;

Fotomicrografias das fácies coerentes (lâminas TRV-01F1, TRV-01F2, TRV-03A). + - polarizadores perpendiculares; || – polarizadores paralelos.



TRV-03B

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	TRV-03B
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Data da primeira edição:	30/05/2017
Data da última edição:	30/05/2017
Usos:	Ensino/treinamento

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.1 mm) ao Médio (2.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica
Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos:	Acicular, Esqueletal
Textura(s):	Vesicular, Porfírica, Glomeroporfírica, Intergranular

Composição

26.0% Clinopiroxênio indiferenciado, Acicular, Na matriz;
 18.67% Olivina, Esqueletal, Como fenocristal, Alterado, Tamanho: 0.4mm-2mm. Subédricas, zonadas, oxidadas (iddingsita?), fraturadas.;

14.0% Opaco indiferenciado, Cúbica, Como constituinte da petrotrama secundária, Magnetita? Sobre a matriz.;

13.0% Vesícula;

12.67% Nefelina, Na matriz, Subédricos.;

8.0% Constituinte indiferenciado, Na matriz, Mineral anédrico incolor, com baixa birrefringência/isotrópico. Analcima?;

3.33% Poro intercrystalino;

2.33% Fratura, Intracrystalino, Fratura de <Constituinte>, Olivina, Olivinas, Intra e intercrystalinas.;

2.0% Poro intracrystalino, Em <Constituinte>, Olivina, Olivinas, Em olivina esqueletal.;

VP-03G

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	VP-03G
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	21/08/2019
Data da última edição:	21/08/2019
Usos:	Ensino/treinamento

Sumário

Núcleo de rubbly pahoehoe

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0), Maciça (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.0 mm) ao Médio (4.0 mm)
Tamanho de cristal modal:	Fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica

Composição

26.94% Augita, Acicular, Na matriz;
 18.52% Magnetita, Na matriz;
 16.84% Nefelina, Anédrico, Na matriz, Intergranular;
 14.14% Olivina, Esqueletal, Como fenocristal, Com borda oxidada, fraturada. Tamanho: 0.2 - 4 mm.;
 9.76% Vesícula, Alongadas segundo fluxo e conectadas por microfraturas. Tamanho: 0.3 - 4 mm;
 5.72% Poro intercristalino, De dissolução da matriz?;
 4.38% Fratura, Com espaçamento de 0.2 mm;
 3.7% Poro intracristalino, Olivina fraturada e com textura esqueletal.;

Tr-08

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	Tr-8
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome da ocorrência:	Ankaratrito
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Estado:	ES
Lugar:	Ilha da Trindade
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Fernando Rodrigues da Luz
Digitador:	Fernando Rodrigues da Luz
Data da primeira edição:	17/12/2014
Data da última edição:	17/12/2014
Usos:	Estratigráfico

Características Macroscópicas:

Estruturas:	Vesicular(0.0-1.0 cm), Maciça(0.0-0.0)
Cristalinidade:	Hipocristalina
Tamanho de cristal modal:	Fino, Médio
Cor(es):	Cinza médio N 5
Granularidade:	Afanítica
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Alotriomórfica
Textura(s):	Vesicular, Porfirítica

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-10.0mm)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Tamanho de cristal modal:	Fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica
Forma tridimensional dos cristais ou	Prismática

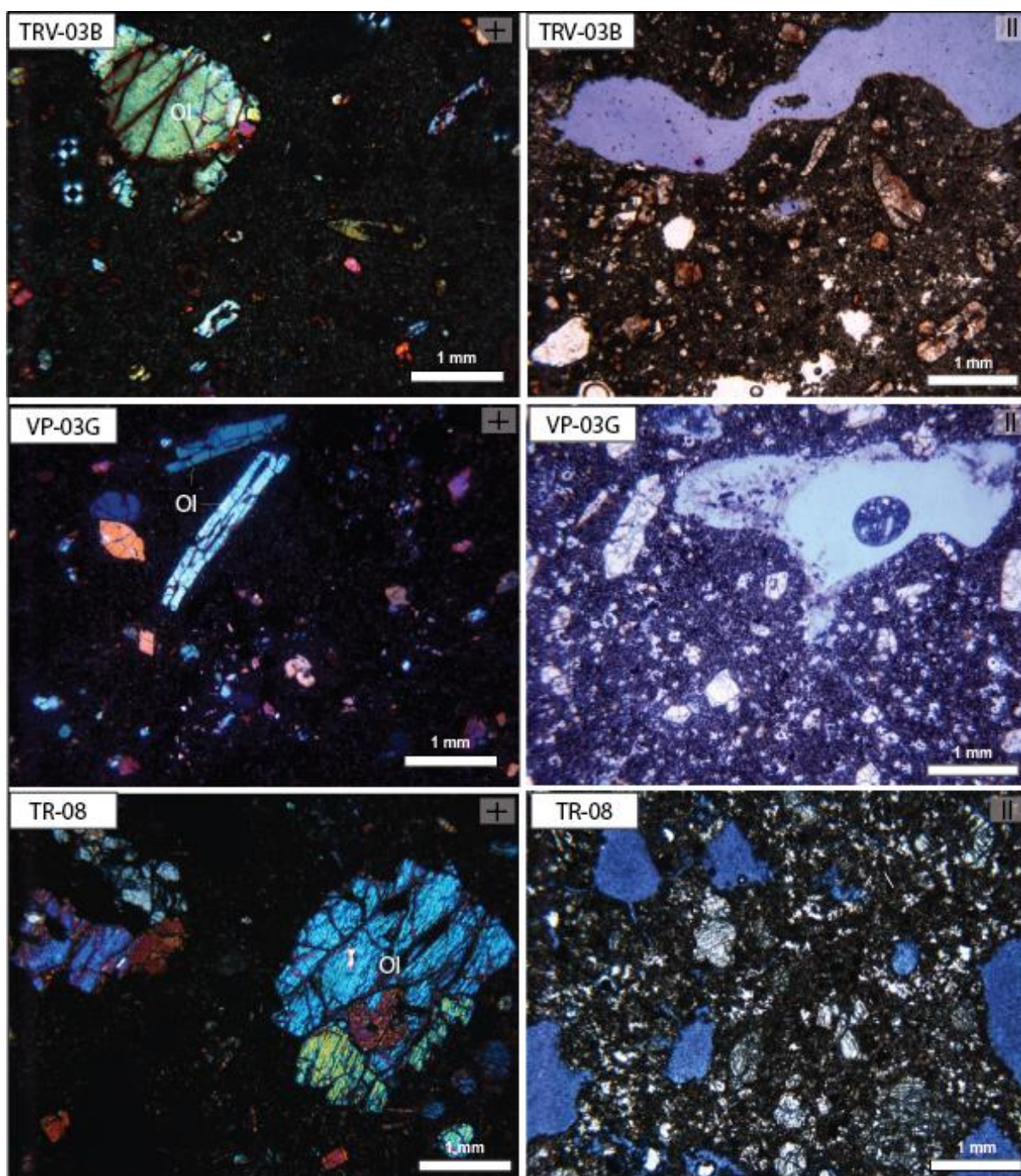
fragmentos:

Textura(s):	Vesicular,Glomeroporfirítica,Intercrescimento lamelar,Vitroclástica
-------------	---

Composição

21.0% Clinopiroxênio indiferenciado, Acicular, Como matriz;
 18.67% Constituinte indiferenciado, Como matriz, Mineral incolor e isotrópico, intergranular. Analcita?;
 17.67% Vesícula, Predominantemente arredondadas.;
 15.33% Olivina, Esqueletal, Como fenocristal, Tamanho: 0.3-3.2mm. Por vezes em alomerados, com extinção ondulante.;
 15.0% Opaco indiferenciado, Cúbica, Magnetita? Sobre a matriz e na borda de fenocristais e vesículas.;
 6.67% Fratura, Intercristalino, Fratura de <Constituinte>, Olivina, Olivinas, Fraturas ao longo da lâmina que cortam os fenocristais.;
 3.33% Poro intercristalino, Dissolução da matriz.;
 2.33% Nefelina, Como matriz;

Fotomicrografias das fácies coerentes (lâminas TRV-03B, VP-03G, TR-08). + - polarizadores perpendiculares; II – polarizadores paralelos.



2- Fácies autoclásticas

VP-03A2

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	VP-03A2
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	22/08/2019
Data da última edição:	22/08/2019
Usos:	Ensino/treinamento

Sumário

Base de derrame Aa

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Tamanho de cristal modal:	Muito fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica

Composição

27.0% Augita, Acicular, Na matriz;
 16.33% Magnetita, Na matriz;
 14.33% Vesícula, Variam de esféricas a ameboidais, algumas estiradas segundo o fluxo de lava. Tamanho: 0.4 - 3 mm;
 13.67% Olivina, Esqueletal, Como fenocristal, Fraturado, Os fenocristais estão intensamente oxidados (iddingsita). Tamanho: 0.4-4.9 mm;
 12.33% Nefelina, Prismático, Na matriz;
 5.0% Analcima, Na matriz, Ocorrem porções de baixa cristalinidade e outras mais cristalinas na matriz. A analcita aparece como uma massa acinzentada que parece estar substituindo vidro...;
 4.33% Poro intracristalino, Na olivina fraturada e esqueletal.;
 3.67% Poro intercristalino;
 1.67% Fragmento de rocha vulcânica hemicristalina;
 1.67% Poro interpartícula;

VP-03D1

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	VP-03D1
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Instituição:	UFGRS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	22/08/2019
Data da última edição:	22/08/2019
Usos:	Ensino/treinamento

Sumário

Base de derrame Aa

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Hipocristalina
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.0 mm) ao Médio (2.0 mm)
Tamanho de cristal modal:	Fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica

Composição

52.33% Vesícula, Rocha escoriácea, com poros agigantados, esféricos, variando de 0.2-8 mm. Raramente circundadas por argilomineral ou zeolita.;

14.0% Vidro máfico, Na matriz;

9.33% Olivina, Esqueletal, Como fenocristal, Fraturado, Tamanho: 0,2- 2 mm.;

8.33% Magnetita, Na matriz;

8.0% Augita, Na matriz, Micrólitos na matriz.;

3.0% Poro intracristalino, Olivina fraturada e esqueletal.;

2.33% Nefelina, Na matriz, Raros cristais na matriz.;

2.33% Fratura, Microfraturas com abertura de aproximadamente 0.1 mm, conectando vesículas.;

0.33% Poro intercristalino;

VP-03G2

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	VP-03G2
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	21/08/2019
Data da última edição:	21/08/2019
Usos:	Ensino/treinamento

Sumário

Topo de rully pahoehoe

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Vesicular (0.0-0.0)
Cristalinidade:	Holocristalina
Granularidade:	Microcristalina
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.0 mm) ao Médio (4.8 mm)
Tamanho de cristal modal:	Muito fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Subédrica

Composição

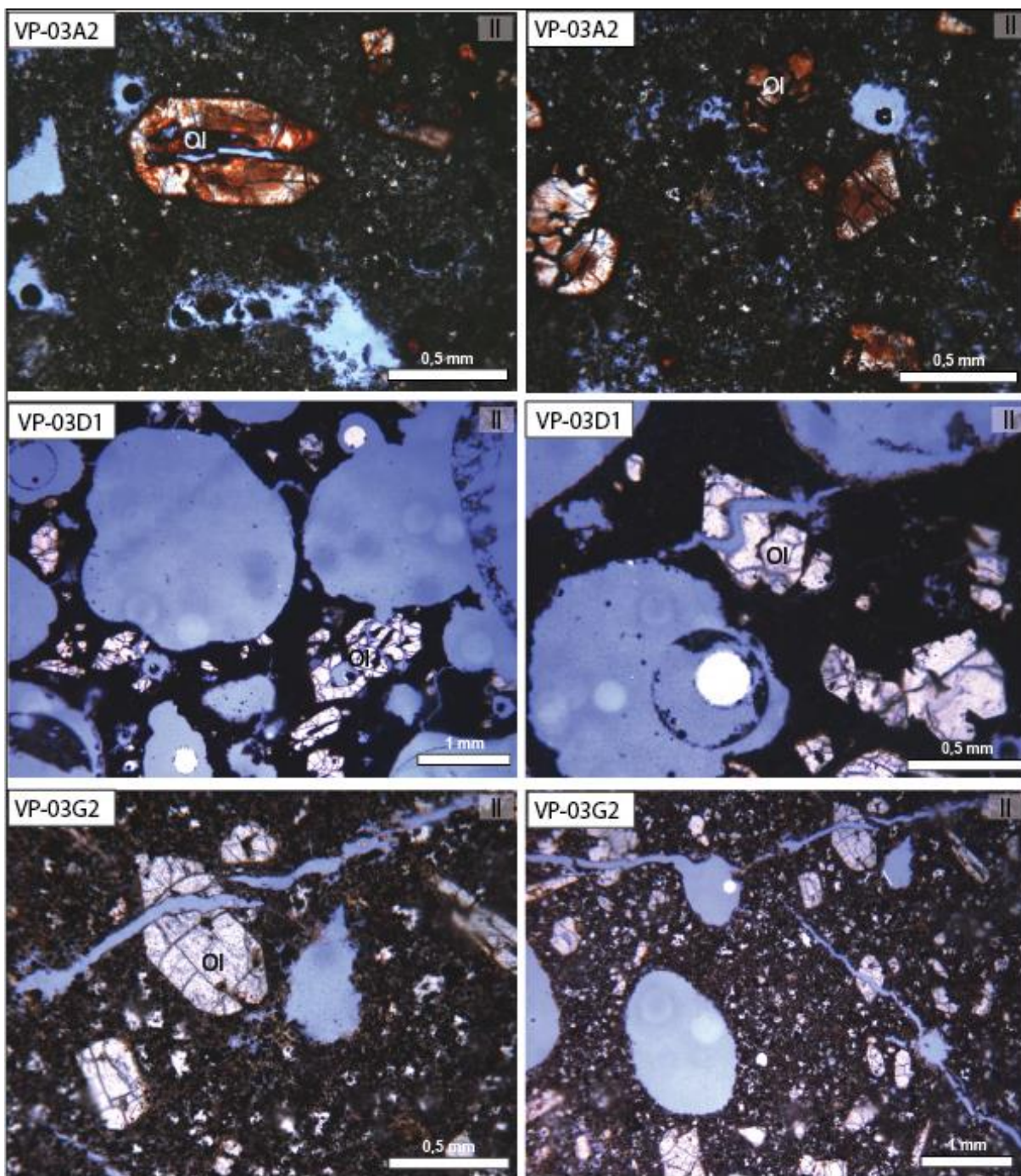
27.33% Augita, Acicular, Na matriz;
 19.0% Vesícula, Vesículas agigantadas, variando de esféricas a ameboidais, raramente com argilominerais circundando as paredes. Tamanho: 0.3 - 7.2 mm.;

14.67% Magnetita, Na matriz;
 13.33% Nefelina, Anédrico, Na matriz, Intergranular;
 12.67% Olivina, Esqueletal, Como fenocristal, Fraturado, Bordas e fraturas com iddingsita. Tamanho: 0.3-4.8 mm.;

4.67% Poro intercristalino;
 4.33% Poro intracristalino, Fraturamento da olivina.;

4.0% Fratura, Espaçadas em 0.2 mm.;

Fotomicrografias das fácies autoclásticas (lâminas VP-03A2, VP-03D1, VP-03G2). + - polarizadores perpendiculares; II – polarizadores paralelos.



3- Fácies piroclásticas

TRV-03D

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	TRV-03D
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	04/09/2019
Data da última edição:	04/09/2019
Usos:	Ensino/treinamento

Sumário

Lápli tufo com estratificação plano-paralelo intercalados aos derrames da praia das Tartarugas.

Características Macroscópicas:

Estruturas:	Laminação paralela(0.0-0.0), Vesicular(0.0-0.0)
Tamanho de grão modal:	Cinza grossa: partículas, Lapilli: partículas
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Alotriomórfica
Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos:	Equante anédrica
Textura(s):	Escoriácea

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Laminação plano-paralela (0.0-0.0), Vesicular (0.0-0.0)
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de grão:	Cinza fina: partículas (0.03 mm) ao Lapilli: partículas (5.0 mm)
Tamanho de grão modal:	Cinza grossa: partículas (0.15 mm), Lapilli: partículas (3.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Alotriomórfica

Composição

32.0% Fragmento de escória vulcânica, Marrons, subangulosos, de composição melanafelinítica, com tamanhos de 2 - 5 mm.;

28.0% Shard vulcânico, Do tipo P e X, de tamanho cinza fina a grossa.;

24.0% Poro interpartícula, Entre os fragmentos de escória e shards.;

6.67% Olivina, Como cristaloclastos, angulosos, predominantemente de tamanho cinza grossa.;

6.0% Poro intrapartícula, Dada pela vesiculação nos fragmentos de escória. Por vezes preenchida por zeolita.;

3.33% Analcima, Inter e intrapartícula, anédrica, obliterando porosidade.;

TRV-03F

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	VP-03F
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	23/08/2019
Data da última edição:	23/08/2019
Usos:	Ensino/treinamento

Sumário

Lapillito do topo da seção TRV-03

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Maciça (0.0-0.0), Vesicular (0.0-0.0)
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de grão:	Lapilli: partículas (2.4 mm) ao Lapilli: partículas (8.0 mm)
Tamanho de grão modal:	Lapilli: partículas (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Anédrica

Composição

47.0% Fragmento de escória vulcânica, Fragmento marrom escuros, subangulosos a subarredondados, com fenocristais de olivina esquelética em matriz vítrea oxidada. Alguns fragmentos apresentam deformação dúctil.

Tamanho: 2.4 - 8 mm.;

30.0% Poro interpartícula;

18.33% Poro intrapartícula, Dominantemente vesicular, subordinadamente de fratura nos fenocristais de olivina.

As vesículas dentro dos fragmentos tem diâmetro médio de 0.4 mm.;

4.0% Analcima, Em <Constituinte>, Poro intrapartícula, Poros e cavidades;

0.67% Hematita, Em <Constituinte>, Poro interpartícula, Poros e cavidades, circundando poro intercrystalino.;

TRV-04B

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	TRV-04B
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer
Data da primeira edição:	23/08/2019
Data da última edição:	23/08/2019
Usos:	Ensino/treinamento

Sumário

Lapilito do cone de escórias do Vulcão do Paredão.

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Maciça (0.0-0.0), Vesicular (0.0-0.0)
Granularidade:	Afano-fanerítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de grão:	Lapilli: partículas (2.1 mm) ao Lapilli: partículas (8.0 mm)
Tamanho de grão modal:	Lapilli: partículas (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Alotriomórfica

Composição

50.0% Fragmento de escória vulcânica;
 25.33% Zeolita fibrosa indiferenciada, Franjas nos fragmentos de escória ou circundando poros (vesículas intrapartícula).;
 11.33% Poro interpartícula;
 7.33% Carbonato indiferenciado, Carbonato poiquilotópico;
 4.67% Poro intrapartícula;
 1.33% Esmectita, Circundando vesícula;

Tr-07

HARDLEDGE®

Descrição Petrográfica

Identificação

Identificação da descrição:	Tr-7
Tipo da rocha:	Ígnea
Nome do projeto:	TRINDADE
Unidade/Idade:	Vulcão do Paredão
Bloco/Província:	TRINDADE
País:	Brasil
Lugar:	Ilha da Trindade
Instituição:	UFRGS
Petrógrafo:	Natália Gauer Pasqualon
Digitador:	Natália Gauer Pasqualon
Data da primeira edição:	17/12/2014
Data da última edição:	08/09/2017
Usos:	Estratigráfico

Sumário

Lapili-tufo do topo do Vulcão do Paredão.

Características Macroscópicas:

Estruturas:	Maciça(0.0-0.0)
Tamanho de grão modal:	Lapilli: partículas, Cinza grossa: partículas
Cor(es):	Marrom claro 5 YR 5/6
Granularidade:	Afanítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Alotriomórfica

Características Microscópicas Texturais

Estrutura(s):	Brechado (0.0-7.0mm), Vesicular (0.0-3.0mm), Amigdaloidal (0.0-1.0mm)
Cristalinidade:	Hipohialina
Granularidade:	Afanítica
Tamanho relativo dos cristais:	Inequigranular
Intervalo de tamanho de grão:	Cinza fina: partículas (0.0 mm) ao Lapilli: partículas (7.0 mm)
Tamanho de grão modal:	Cinza fina: partículas (0.0 mm)
Intervalo de tamanho de cristal:	Muito fino (0.03 mm) ao Médio (4.0 mm)
Tamanho de cristal modal:	Fino (0.0 mm)
Forma dos cristais / fragmentos	
Perfeição do formato cristalino:	Alotriomórfica
Forma tridimensional dos cristais ou fragmentos:	Irregular, Prismática

Textura(s):

Escoriácea, Vitroclástica, Vesicular, Amigdaloidal

Composição

36.0% Poro interpartícula, Porosidade dos fragmentos de escória.;
 28.0% Shard vulcânico, Lascas de vidro vulcânico com formato cúspide e planar.;
 12.0% Fragmento de escória vulcânica, Fragmentos angulosos de tamanho lápili, com cristais completamente oxidados (olivina?);
 11.67% Zeolita indiferenciada, Isotrópica/ baixa birrefringência, Incolor a LN. Preenchendo poros dos fragmentos de escória e interpartícula.;

HARDLEDGE®

- 5.67% Olivina, Alterado, Completamente oxidada, como parte dos fragmentos escoriáceos.;
- 3.33% Poro intrapartícula, Vesículas dos fragmentos de escória.;
- 1.67% Constituinte indiferenciado, Tabular, Preenchendo cavidade, Mineral com extinção paralela, cor laranja, relevo alto e extremamente pequeno. Geralmente ocorre associado às zeolitas preenchendo cavidades.;
- 1.67% Fratura, Porosidade de fratura ao longo da lâmina.;

Análises Adicionais:**Observação**

Os grandes fragmentos de vidro vesiculado (Escória) mostram uma boa quantidade de cristais já totalmente oxidados de piroxênio. Rocha dominada por shards apresentando os três tipos (Cúspide em x e y, Platy e Púmice Shards). Como os níveis com maior concentração de lãpili são separados em intervalos centimétricos, na lâmina não se torna possível vê-los.

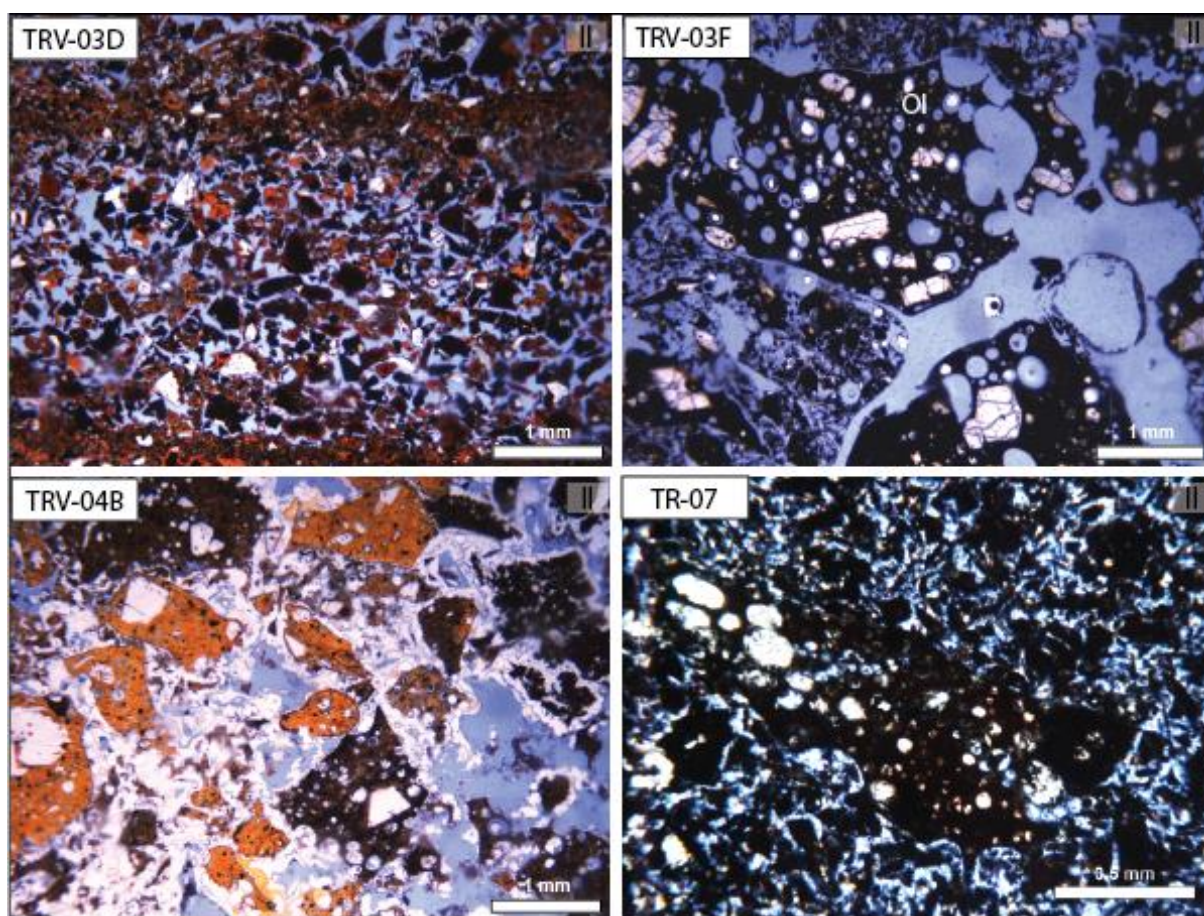
Classificação Vulcanoclástica:

Resultado da classificação:

Classificação Vulcanoclástica Atual

Tufo fino vítrico

Fotomicrografias das fácies piroclásticas (lâminas TRV-03D, TRV-03F, TRV-04B, TR-07). + - polarizadores perpendiculares; II – polarizadores paralelos.



C - TRABALHOS APRESENTADOS EM EVENTOS

- 49º Congresso Brasileiro de Geologia (2018)

49º Congresso Brasileiro de Geologia
20 a 24 de agosto de 2018 – Rio de Janeiro

GEOLOGIA DO VULCÃO DO PAREDÃO: O ÚLTIMO REGISTRO DE VULCANISMO NO BRASIL (ILHA DA TRINDADE, BRASIL).

Pasqualon, N.G.¹; de Lima, E.F.¹; da Luz, F.R.¹; Scherer, C.M.S.¹; Savian, J.F.¹
1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

A construção de um arcabouço estratigráfico em sistemas vulcânicos facilita a investigação dos padrões de permeabilidade destes litotipos, importantes na indústria para a prospecção de água, óleo e gás. Este trabalho apresenta e discute os dados de estratigrafia, petrologia e padrões de porosidade do Vulcão do Paredão, localizado na porção sudeste da Ilha da Trindade. Esta unidade representa o último episódio vulcânico (Pleistoceno) registrado no Brasil e a organização estratigráfica indica uma base composta por derrames nefelíticos intercalados com lapilitos e lápili-tufos, sucedidos por um cone piroclástico com até 200 m de altura. Através da descrição e associação de litofácies foram construídas 4 seções colunares em escala 1:50. Adicionalmente, obteve-se uma estimativa visual da porosidade absoluta em macroescala das diferentes litofácies. A caracterização petrográfica de 9 lâminas delgadas impregnadas foi feita através da contagem modal de 300 pontos com o software *Hardledge*, para o reconhecimento dos principais aspectos texturais, composicionais e da microporosidade. O uso de MEV (microscopia eletrônica de varredura) com EDS (espectroscopia por dispersão de energia de raios X) possibilitou o detalhamento da porosidade em micro e nanoscala e análises semiquantitativas de química mineral. As análises químicas de rocha total foram feitas por fluorescência de raios X e tratadas com o software *Petrograph*. Como resultado da análise estratigráfica foram identificadas 2 litofácies coerentes de nefelinito porfirítico vesiculoso (Npv) e maciço (Npm) e 5 vulcanoclásticas de brecha nefelítica (Nb), lapilito maciço (Lm), com gradação inversa (Lqi), lapili-tufo com estratificação plano-paralela (LTP), lapili-brecha maciça (LBm). As associações de litofácies caracterizam derrames do tipo 'A'a, *rubbly pahoehoe*, *pahoehoe*, depósitos de queda e o cone de escórias. Petrograficamente, as fácies piroclásticas são compostas por *shards* e fragmentos de escória subangulosos de tamanhos que variam de cinza à lápili. As fácies coerentes são de olivina nefelinitos porfiríticos, holocristalinos e vesiculados, compostos por fenocristais de olivina em uma matriz de clinopiroxênio, nefelina, zeolita e titanomagnetita, podendo conter flogopita. Todas as amostras são ultrabásicas (<45% de SiO₂) e subsaturadas em SiO₂, classificadas como foiditos (>80% de feldspatóide APF) da série alcalina sódica, com nefelina (Ne₁₀₀) e olivina (Ol₁₀₀) normativas. A análise do arcabouço estratigráfico aliada à petrografia sugere uma porosidade de 30-40% nas fácies com contribuição piroclástica (Lm, LTP, LBm e Lqi) e autoclástica (Nb), dos tipos de fratura, inter e intrapartícula. A porosidade nas fácies coerentes (Npv e Npm) é heterogênea e varia de 10-30%, dos tipos vesicular, intercrystalina, intracrystalina, moldada e de fratura. A interpretação da sucessão vertical de fácies permite concluir que o vulcanismo foi heterogêneo, com uma fase inicial Havaiana (domínio de lavas) e uma fase final Estromboliana (domínio de piroclásticas com fragmentos primários). Os padrões de porosidade são predominantemente primários e controlados pela variação faciológica, na qual as fácies vulcanoclásticas são mais porosas que as coerentes. Prevê-se para a próxima etapa do trabalho a integração da estratigrafia com dados de gamaespectrometria e anisotropia de susceptibilidade magnética, a complementação dos dados de petrologia e o detalhamento da permeabilidade com o uso de porosímetro e permeâmetro.

PALAVRAS-CHAVE: LITOFÁCIES VULCÂNICAS, RESERVATÓRIOS NÃO CONVENCIONAIS, VULCANISMO RECENTE

MORFOLOGIA E PETROLOGIA DE LAVAS BÁSICAS PRÉ-ERUPÇÃO MINOICA (3,6 KA) EM SANTORINI, GRÉCIA: UMA NOVA ABORDAGEM.

Pasqualon, N.G.¹; de Lima, E.F.¹; Marsellos, A.E.²; Kyriakopoulos, K.³; Santos, K.N.S.⁴

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ²Hofstra University; ³National & Kapodistrian University of Athens; ⁴Universidade Federal do Rio de Janeiro

Santorini é um complexo vulcânico pertencente ao sistema de arco de ilhas do sul do mar Egeu, formado pela subdução da placa Africana na direção NE sob a placa Euroasiática ocidental. As primeiras manifestações de vulcanismo subaéreo ocorreram há ~600 ka na porção sul da ilha. Posteriormente, o centro de atividade vulcânica moveu-se para o centro-norte. A caldeira atual foi formada há 3,6 ka, durante uma erupção pliniana que devastou a civilização Minoica. Como um dos centros vulcânicos Quaternários mais ativos do mar Egeu, a petrologia das lavas de Santorini é bem documentada por diversos autores. No entanto, faltam estudos que integrem aspectos físicos do vulcanismo aos dados de petrologia. O objetivo deste trabalho é descrever a morfologia de lavas básicas pré-erupção Minoica a partir de dados de campo e integrá-los com petrografia, química mineral e de rocha total. Esta abordagem contribui para o melhor entendimento do sistema magmático antecedente à erupção Minoica, servindo como modelo para a análise da atividade vulcânica atual. Foram realizados trabalhos de campo no sul da ilha, em Mavrorachidi (451 ± 27 ka - 40Ar/39Ar), e no norte em Megalo Vouno e Amoudi (67 ± 9 - 40Ar/39Ar). A análise petrográfica foi feita através da microscopia óptica e do software *Hardledge*. As análises químicas de rocha total foram obtidas por espectrometria de emissão atômica e de massa (ICP-ES e ICP-MS) e tratadas com o software *Petrograph*. As análises de química mineral foram realizadas com a microsonda eletrônica CAMECA SX-Five, operada a 15 keV e 15 nA, com feixe de 5 µm. Petrograficamente, todas as amostras são olivina basaltos compostos por fenocristais e microfenocristais de plagioclásio (An₈₄-An₇₈), olivina (Fo₈₃-Fo₇₃) e augita (composição média: En₄₄Fs₁₄Wo₄₁), com raros fenocristais de pigeonita (En₈₂Fs₂₈Wo₈) e clinoenstatia (En₇₀Fs₂₈Wo₄), em uma matriz de plagioclásio, augita, titanomagnetita e, por vezes, vidro. As morfologias descritas no sul foram interpretadas como um lago de lava e derrames do tipo *pahoehoe*, com uma porção interna holocristalina fina, extremamente porfírica (~30%), com feições de desequilíbrio térmico (peneira) e químico (zonação, exsolução, corona). No norte, foram identificados derrames do tipo *rubbly pahoehoe* e 'A'a, com uma porção interna muito fina e holocristalina e zonas de brecha muito finas a microlíticas e hipocristalinas. Estas lavas são menos porfíricas (~10%) e as feições de desequilíbrio químico são pouco comuns. Composicionalmente, são basaltos e andesibasaltos de afinidade cálcico alcalina. É possível concluir que as variações morfológicas e texturais destas lavas são mais significativas que as variações químicas. A diminuição do teor de fenocristais de sul para norte reflete uma diminuição do tempo de residência na câmara magmática. As texturas de desequilíbrio térmico e químico, desenvolvidas principalmente na porção interna do lago de lava e dos derrames *pahoehoe*, são uma resposta da rápida taxa de ascensão e descompressão magmática na fase inicial da atividade vulcânica. A variação na cristalinidade ocorre por uma diferença no grau de *undercooling* e do *emplacement* das lavas e as morfologias observadas sugerem o aumento nas taxas de efusão e/ou no gradiente topográfico com a evolução do vulcanismo.

PALAVRAS-CHAVE: MORFOLOGIA, PETROLOGIA, VULCANISMO RECENTE.

PADRÕES ESTRATIGRÁFICOS E PETROGRÁFICOS DA FORMAÇÃO MORRO VERMELHO, ILHA DA TRINDADE: UM ESTUDO DE CASO.

Fernando, R.L.¹; Evandro, F.L.¹; Lucas, M.M.R.¹; Natália, G.P.¹; Marcos, M.M.R.¹
¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO: A ilha da Trindade localiza-se a 1260 km da cidade de Vitória, capital do estado do Espírito Santo, possui aproximadamente 13,5 km² e, juntamente com o arquipélago de Martin Vaz, constitui a porção mais oriental do território brasileiro. Conjuntamente, estas duas porções de terra, representam o ponto extremo a leste de um alinhamento de montes submarinos e guyots orientados W-E conhecido como Cadeia Vitória-Trindade. Com orientação semelhante a zona de fratura de mesmo nome, esta cadeia teria sua origem relacionada à passagem da litosfera oceânica sobre um ponto de temperatura anômala (*hotspot* de Trindade). Formada exclusivamente por rochas vulcânicas a subvulcânicas, a ilha teria seu primeiro evento formacional à cerca de 3,6 Ma, encerrando a atividade vulcânica a pelo menos 250 mil anos. Os produtos gerados possuem composição sub-saturada em sílica, alcalina-sódica e podem ser divididos em 5 unidades distintas: Complexo Trindade, Sequência Desejado, Formação Morro Vermelho, Formação Valado e Formação Vulcão do Paredão. O foco do presente trabalho recaiu sobre a terceira unidade gerada, a Formação Morro Vermelho (FMV), localizada na porção oriental da ilha. Uma abordagem descritiva e detalhada em escala de afloramento foi utilizada para definir os principais episódios vulcânicos que geraram a ilha vulcânica desta formação. Foram identificados pelo menos dois eventos que geraram produtos distintos em suas propriedades físicas: episódio havaiano e estromboliano do vulcanismo. O primeiro estilo eruptivo gerou a base da ilha vulcânica pertencente à FMV, composta por uma sequência de derrames do morfotipo *a'a'* com em média 2 metros de espessura que preencheram vale gerado em rochas das unidades predecessoras. Esta porção havaiana compreende cerca de 200 metros, onde ocorrem raros níveis lapilíticos, indicando momentos onde há uma maior atividade explosiva. Acima destes derrames encontram-se os depósitos francamente estrombolianos, formados por uma sucessão de camadas com estratificação plano-paralela de lapilito e lápili-tufos bem selecionados que representam o próprio cone estromboliano gerado nesta unidade. Além da análise estratigráfica, foram realizadas análises químicas que demonstraram não haver nenhuma mudança de fonte ou interação entre magmas distintos que pudessem explicar a mudança no regime eruptivo. Todas as rochas analisadas (núcleos de derrames e lapilitos) mostram SiO₂ entre 33,20 e 39,71 wt%, MgO entre 11,48 e 10,85 wt%, Al₂O₃ entre 9,83 e 10,41 wt% e Fe₂O₃ entre 13,49 e 16,68 wt%. Foram confeccionadas lâminas delgadas que indicam núcleos de derrames com uma matriz holocristalina fina a média composta principalmente por feldspatoides (nefelina e grupo da sodalita), fenocristais de olivina com até 4 mm em textura glomeroporfírica e por vezes intercrecidos com cristais de piroxênio e ainda vesículas estiradas pelo fluxo. Os lapilitos e lápili-tufos são hipocristalinos a holocristalinos compostos por fragmentos vítreos e de escória contendo fenocristais principalmente de olivina e comumente apresentando fragmentos líticos de fonólito e também fragmentos de cristais como olivina, piroxênio e feldspatoides.

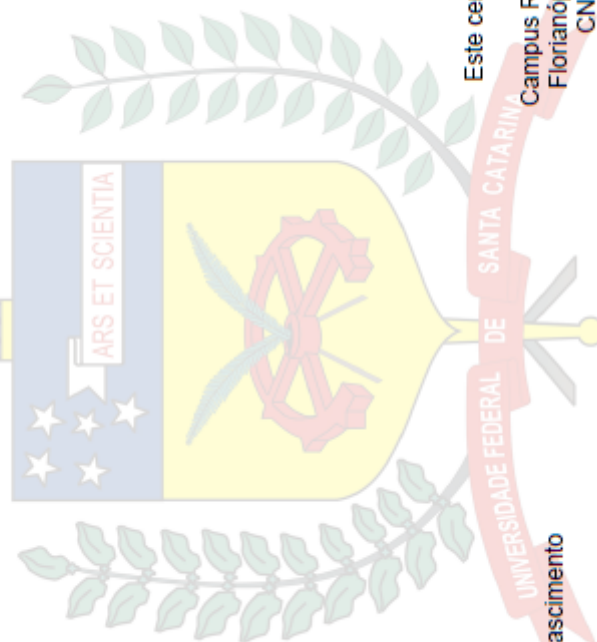
PALAVRAS-CHAVE: VULCANISMO, HAVAIANO, ESTROMBOLIANO.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Pró-Reitoria de Extensão

Certificado

Certificamos que Natália Gauer Pasqualon
CPF 027.200.170-86
participou do(a) VI Semana de Estudos Geológicos de Santa Catarina - SEGESC
realizado no período de 01/10/2018 a 05/10/2018
como Palestrante do(a) VI SEGESC
Carga horária: 1 hora



Este certificado dispensa assinatura
UFSC - PROEX
Campus Reitor João David Ferreira Lima
Florianópolis - Santa Catarina - Brasil
CNPJ: 83.899.526/0001-82

Coordenador: Marivaldo dos Santos Nascimento
Protocolo: 201811569

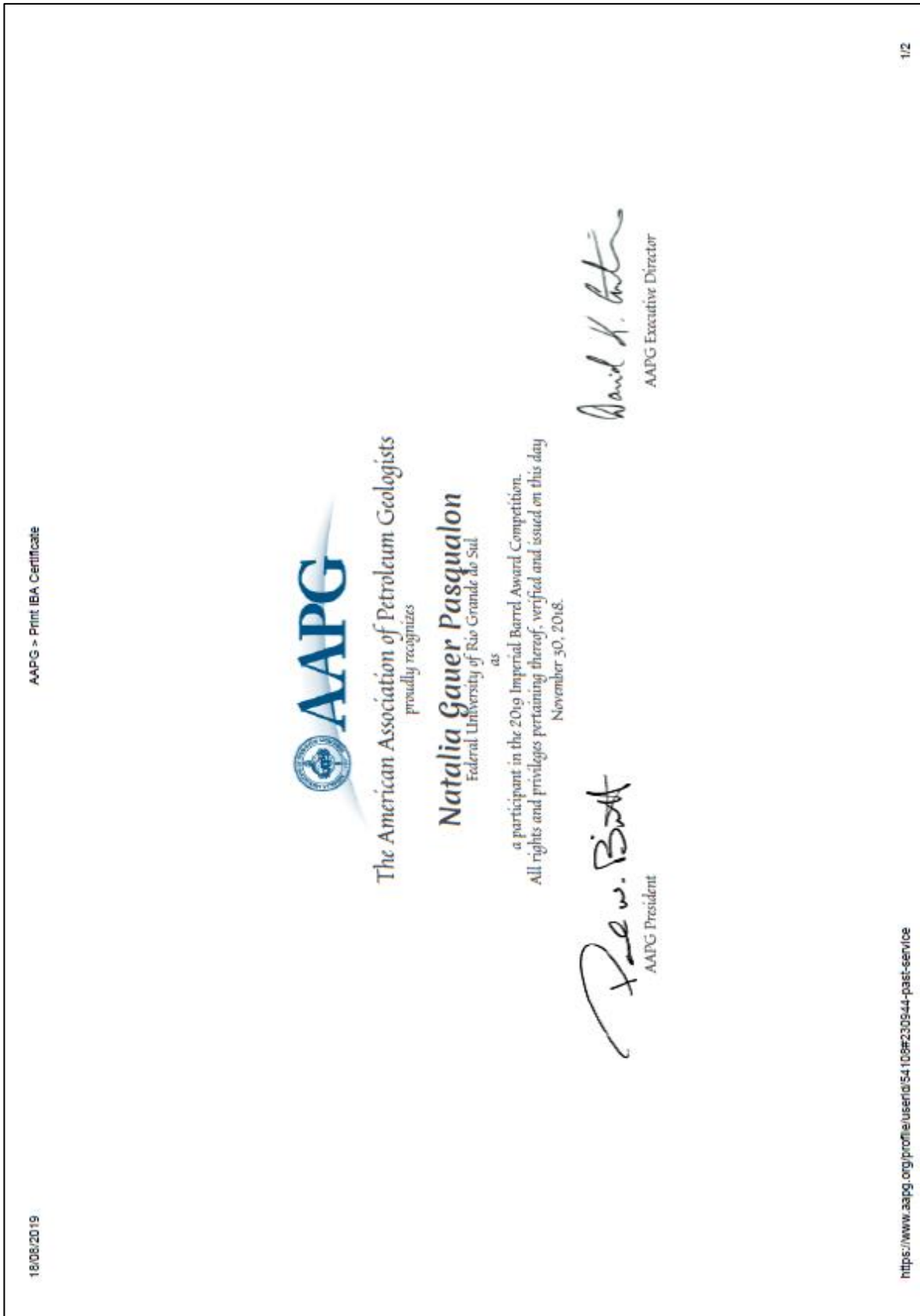
A autenticidade do documento pode ser verificada no site: <http://autenticidade.ufsc.br>, informando a chave: CERT-2545-7752-1152-2678

- Palestrante na Semana Acadêmica da UFSC (SEGESC): “A Ilha da Trindade e o último vulcão brasileiro.”

- Participação em AAPG Leadership Summit, em Bogotá, Colômbia (2018)



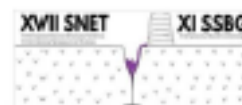
- Participação na competição Imperial Barrel Award da AAPG (2019)



- XI Simpósio Sul-brasileiro de Geologia (2019)



XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS
 XI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS
 XI SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA
 26 a 29 de maio de 2019 | Bento Gonçalves - RS - Brasil

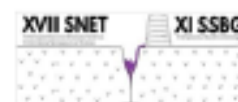


ESTUDO DAS LITOFÁCIES DO GRUPO SERRA GERAL NO CÂNION PALANQUINHO, CAXIAS DO SUL, RS

Marcelo Canals Meucci¹, Natalia Gauer Pasqualon¹, Evandro Fernandes de Lima¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, marcelo.cm99@gmail.com

A construção de um arcabouço estratigráfico em sistemas vulcânicos é uma ferramenta importante para o entendimento da colocação e dinâmica eruptiva de lavas, piroclásticas e de intrusivas rasas associadas. A descrição sistemática fundamentada em litofácies e associação destas têm sido utilizadas na interpretação da evolução espacial e temporal das sucessões vulcânicas. A Província Ígnea Parana-Etendeka (PIPE) ocupa uma área de aproximadamente $1,0 \cdot 10^6$ km², sendo cerca de 90% na América do Sul e 10% na África, com uma pilha vulcânica de até 1700 m de espessura. A província tem idade aproximada de $134,4 \pm 0,8$ Ma e é constituída predominantemente por basaltos e andesitos basálticos com riolitos e riolitos subordinados e níveis sedimentares intercalados. A estratigrafia da província foi inicialmente estruturada com base em critérios geotômicos. Recentemente aplicou-se na porção sul da PIPE (Calha de Torres) e na Namíbia, dados de arquitetura de fácies, dos aspectos morfológicos das lavas e das características petrográficas para construção de uma proposta estratigráfica formal. Na Calha de Torres (RS) a proposta estratigráfica subdividiu a pilha vulcânica em quatro formações: Formação Torres (FT), Formação Vale do Sul (FVS), Formação Palmas (FP) e Formação Esmeralda (FE) que definem o Grupo Serra Geral (GSG). A FT é composta por basaltos do tipo *pahoehoe* simples e compostos que sobrepõem os arenitos eólicos da Fm. Botucatu. A FVS é composta por basaltos e andesitos basálticos do tipo *rubbly pahoehoe* sucedidos pela FP, constituída por domos de lavas, derrames tabulares e sistemas complexos de alimentação dacíticos a riolíticos. A FE é formada por basaltos do tipo *pahoehoe* simples e compostos semelhantes aos observados na FT. O objetivo deste trabalho é descrever os métodos de aquisição de dados para interpretar as litofácies e associações no Monumento Natural Palanquinho, localizado no distrito de Crivara, em Caxias do Sul, RS. As litofácies são de caráter descritivo e referem-se aos atributos litológicos, texturais e estruturais identificados nos litotipos do Palanquinho. Estas são descritas com base em um código com pelo menos duas letras, sendo uma maiúscula, que descreve a condição litológica primária e outra minúscula que se refere aos aspectos estruturais e/ou texturais. O Cânion Palanquinho possui uma extensão aproximada de 3 km, com altitudes variando de 740 m a 500 m e vertentes bem verticalizadas, proporcionando uma ótima exposição do GSG. Nas cotas mais elevadas (740 m) foram preliminarmente identificados condutos alimentadores da FP, semelhantes aos descritos nas regiões de São Marcos, Mato Grosso e Jaquirana-Cambará do Sul como vitrófros oxidados, bandados e acinzentados, com foliação predominantemente subvertical. Nas cotas em torno de 500 m afloram, conforme trabalhos regionais, rochas da FVS. O arcabouço estratigráfico da área será construído através do levantamento de seções colunares, utilizando técnicas verticais de rapel aplicadas no canionismo. Serão levantadas três seções colunares ao longo de 1,5 km do cânion, espaçadas em 0,5 km e em escala 1:50, a fim de obter um detalhamento das diferentes litofácies e permitir a coleta de amostras representativas. Posteriormente as diferentes litofácies serão agrupadas para interpretação dos dados e possíveis correlações com as áreas adjacentes.



ROCHAS SEDIMENTARES, PEPERITOS E HIALOCLASTITOS ASSOCIADOS AOS VULCANITOS DO GRUPO SERRA GERAL NA CALHA DE TORRES (RS)

Vinicius G.P da Cruz¹, Evandro Fernandes de Lima¹, Natália Gauer Pasqualon¹, Lucas Magalhães May Rossetti¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, vinigpcurm@gmail.com

Grandes Províncias Ígneas (*LIPs*) representam grandes eventos vulcânicos do planeta. As rochas sedimentares intercaladas com os vulcanitos fornecem importantes indicadores do paleoambiente contemporâneo ao vulcanismo. A Província Ígnea Parana-Etendeka (PIPE) é uma *LIP* continental do Cretáceo Inferior relacionada ao rompimento do Gondwana Oeste e a abertura do Atlântico Sul. Na Calha de Torres (RS) a PIPE é representada pelo Grupo Serra Geral (GSG), composto por quatro formações (Fm) estratigráficas. A Fm. Torres (FT), base do GSG, é composta por basaltos *pahoehoe* simples e compostos. A Fm. Vale do Sol (FVS) sucede a Fm. Torres e é composta por basaltos e basaltos andesíticos do tipo *rubby pahoehoe*. A Fm. Palmas (FP) é composta por riolacitos e dacitos que sobrepõem a FVS na porção oriental e central e a FT na porção ocidental. A Formação Esmeralda (FE) ocorre no topo da sequência e é composta por basaltos *pahoehoe* simples e compostos. Este trabalho tem como objetivo caracterizar as rochas sedimentares, hialoclasticas e peperitos associadas ao GSG com base em dados de campo e petrografia óptica. Na região de Herveiras – Barros Cassal (RS), arenitos arcóseos maciços ou com laminação *ripple*, e peperitos ocorrem associados a FT e FP. Na FT os arenitos frequentemente encontram-se preenchendo depressões entre as lavas formando pacotes de pequena extensão lateral e vertical. Comumente a laminação desses arenitos é rompida possivelmente devido a sobrecarga da pilha vulcânica sobreposta. No contato entre a FT e a FVS ocorre um horizonte com espessura variada de peperitos e arenitos atingindo até 1,5m. A sul de Barros Cassal vitrofiros ácidos da FP ocorrem associados lateralmente a uma camada com 2m de espessura de um arenito arcóseo com estratificação plano paralela. A sul de Veranópolis ocorre um extenso horizonte de brechas peperíticas com aproximadamente 2m de espessura associado a FT. Os clasto de basalto apresentam grande intervalo granulométrico variando desde decimétricos até milimétricos e preservam-se contramoldes de *pahoehoe* na fração sedimentar. Na Usina Velha (Veranópolis) ocorrem diques sinvulcânicos da FP colocados em ambiente subaquoso. A porção central do dique apresenta uma litofacies de lava coerente que transiciona para uma litofacies de hialoclastito *in-situ* que por vez tem uma gradação para uma litofacies de hialoclastitos ressedimentados/peperitos. Os produtos diagenéticos das rochas clásticas podem estar associados ao tipo de vulcânica adjacente. Rochas sedimentares associadas as rochas básicas são cimentadas por diferentes texturas de zeólitas (prismáticas como *pore-lining* e poiquilótópicas como *pore-filling*) enquanto aquelas associadas as rochas ácidas apresentam diversos minerais diagenéticos como zeólita, opala, calcedônia e carbonatos. As rochas sedimentares intercaladas com os vulcanitos do GSG marcam os períodos de pausa da atividade vulcânica na Calha de Torres. Peperitos representam a retomada da atividade vulcânica e a interação entre magmas e sedimentos. A ocorrência de hialoclastitos é diagnóstica da interação entre magma e água. As texturas das rochas sedimentares, peperitos e hialoclastitos sugerem a presença de cursos de água efêmeros e/ou lagos concomitante ao magmatismo do GSG. Esse cenário é contrastante ao ambiente hiperárido normalmente atribuído ao *paleoery* representado pela Fm. Botucatu ou indicativo de uma mudança paleoambiental durante vulcanismo PIPE na região da Calha de Torres.



XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS
 XI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS
 XI SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA
 26 a 29 de maio de 2019 | Bento Gonçalves - RS - Brasil



ANÁLISE PETROGRÁFICA DE FONÓLITOS CONTINENTAIS E OCEÂNICOS: SUÍTE ALCALINA PASSO DA CAPELA (RS) E COMPLEXO TRINDADE (ES), BRASIL

Gabriel Calzia Brose¹, Natália Geuer Pasqualom¹, Evandro Fernandes de Lima¹, Maurício Dias da Silva¹,
 Márcia Elisa Boscato Gomes¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: gabrielbrose@hotmail.com

O magmatismo alcalino subsaturado em SiO₂ apresenta uma grande variedade de rochas com complexidade mineralógica e petrogenética. No Rio Grande do Sul, esse tipo de magmatismo está representado pela Suíte Alcalina Passo da Capela ou Suíte Piratini (99,3 – 76 Ma), localizada no município de Piratini. Foram estudadas 24 ocorrências petrograficamente classificadas como fonólitos, com composições geoquímicas que variam entre fonólitos e fonólitos tefíricos. A suíte intrude o Complexo Metamórfico Porongos e as rochas sedimentares da Formação Rosário do Sul. Rochas alcalinas subsaturadas em SiO₂ de idades mais jovens também ocorrem em ilhas oceânicas brasileiras. A Ilha da Trindade (3,9 – 0,25 Ma), localizada a aproximadamente 1260 km da costa do Espírito Santo, é a expressão desse magmatismo. Constitui-se por cinco unidades vulcânicas subsaturadas em SiO₂ de composição melafelítica e fonolítica, sendo esta última dominante na unidade mais antiga, o Complexo Trindade. Este trabalho tem como objetivo analisar e comparar as características petrográficas dos fonólitos descritos na Suíte Alcalina Passo da Capela e no Complexo Trindade a fim de contribuir na discussão sobre o desenvolvimento do magmatismo alcalino em diferentes ambientes geológicos. Foram realizados trabalhos de campo nas áreas para caracterização dos corpos e do arcabouço estratigráfico e petrografia convencional com o auxílio do *software* Hardledge. Para a complementação deste estudo, estão sendo realizadas análises de química mineral com microsonda eletrônica (Cameca SXFive – IGEO/UFRGS). As rochas do Passo da Capela são intrusões rasas que formam morrotes e pequenas elevações no terreno. Na suíte, foram identificados 2 tipos petrográficos: porfirítico e subafírico. Os fonólitos subafíricos, mais abundantes na suíte, caracterizam-se por poucos fenocristais (2-6%) de sanidina, feldspatoídeos do grupo da sodalita e, subordinadamente, clinopiroxênios como diopsídio-hedenbergita e egirina-augita (rara), melanita, albita, titanita e apatita. Os fonólitos porfiríticos possuem fenocristais (20-35%) de sanidina, melanita e clinopiroxênios (diopsídio-hedenbergita) zonados, além de mosseana e hantua. Apresentam matriz microcristalina de composição semelhante e mineralogia acessória composta por apatita, titanita e titanomagnetita. Os dois tipos petrográficos dessa suíte são holocristalinos com textura traquítica bem marcada e glomeroporfirítica. Os fonólitos do Complexo Trindade ocorrem em *plugs* e *necks* vulcânicos e são holocristalinos e porfiríticos. Apresentam fenocristais e microfenoicristais (15-20%) de sanidina, nefelina, egirina-augita e, subordinadamente, hornblenda com textura coronítica de opacos, sodalita e titanita envolvidos por matriz microcristalina composta por sanidina, feldspatoídeo, augita e magnetita com textura traquítica. A textura porfirítica presente tanto nos fonólitos continentais quanto nos oceânicos indica dois momentos de *undercooling* distintos, enquanto que a textura traquítica evidencia viscosidade elevada durante a colocação dos corpos. Nos fonólitos oceânicos, a associação mineral característica é nefelina como feldspatoídeo dominante, egirina-augita e hornblenda. Em contrapartida, na Suíte Passo da Capela, os feldspatoídeos são representados pelo grupo da sodalita, os piroxênios dominantes são da série calcica diopsídio-hedenbergita e a hornblenda é uma fase relativamente rara. A granada do tipo melanita foi identificada apenas nos fonólitos continentais.



ANISOTROPIA DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA APLICADA AO ESTUDO DAS ROCHAS VULCÂNICAS E SUBVULCÂNICAS DA ILHA DA TRINDADE, BRASIL.

Natalia Gener Pasqualon¹, Jairo Francisco Savian¹, Fernando Rodrigues da Luz¹, Evandro Fernandes de Lima¹, Ricardo Ivan Ferreira da Trindade².

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: nati_pasqualon@ufrgs.com.br.

² Universidade de São Paulo.

A Ilha da Trindade é uma ilha oceânica brasileira localizada a aproximadamente 1.260 km da costa do estado do ES, constituída por cinco unidades vulcânicas/hipabissais subsaturadas em SiO₂, de afinidade alcalina-sódica e formadas entre 3.9 e 0.25 Ma: Complexo Trindade (CT), Sequência Desejado (SD), Formação Morro Vermelho (MV), Formação Valado (VA) e Vulcão do Paredão (VP). Estas unidades foram descritas essencialmente sob o ponto de vista petrológico e geomorfológico, sendo as propriedades físicas alvo de estudos recentes. A anisotropia de susceptibilidade magnética (ASM) tem sido aplicada ao estudo de rochas vulcânicas para a caracterização das estruturas de fluxo geradas durante a colocação da lava ou em fluxos piroclásticos, que são diretamente relacionadas à orientação, forma e distribuição da mineralogia magnética. Esta metodologia contribui para o entendimento dos processos envolvidos no transporte, na evolução físico-química do magma e nos padrões de deformação locais e/ou regionais. Neste trabalho são apresentados os resultados preliminares do estudo de ASM aplicado aos corpos vulcânicos e subvulcânicos da Ilha da Trindade. Para isso, foram estabelecidos 16 sítios de amostragem, sendo 7 sítios correspondentes aos necks e diques do CT e 9 aos derrames de lava do tipo *A'a* das Fm. MV, VA e VP, totalizando em 160 cilindros amostrados e 503 espécimes. Na caracterização da mineralogia magnética utilizou-se petrografia, microscopia eletrônica de varredura (MEV), curvas termomagnéticas, histerese, aquisição de magnetização remanente isotérmica (IRM), e diagramas FORC (*First-Order Reversal Curves*). As medidas de ASM foram obtidas pelo susceptímetro MKF1 - FA - Multifunction KAPPABRIDGE (AGICO). Todas as medidas paleomagnéticas foram realizadas no Laboratório de Paleomagnetismo do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP (USPMag). Os dados de ASM obtidos estão sendo tratados e interpretados através do software ANISOFT (AGICO). Os necks do CT foram caracterizados petrograficamente como fonólitos holocristalinos e porfíricos com fenocristais e microfenocristais (15-20%) de sanidina, nefelina, agirina-augita e subordinadamente hornblenda, sodalita, titanita em uma matriz microcristalina com textura traquítica, composta por sanidina, feldspatoide, augita e magnetita. Os derrames das Fm. MV, VA e VP são olivina melanefélnitos vesiculares, holocristalinos e porfíricos com fenocristais (10%) de olivina esquelética, em uma matriz microcristalina de nefelina/analcima, augita, titanomagnetita e flogopita subordinada. O dique melanefélnítico do CT difere dos derrames pela presença de augita/titano-augita como fenocristais (7%), menor percentual de fenocristais de olivina (3%) e por uma matriz fina. Nos derrames da Fm. VA foi observada textura traquítica, enquanto que em MV e VP ocorre apenas a orientação incipiente dos fenocristais de olivina. Os resultados preliminares sugerem minerais de baixa coercividade (magnetita e titanomagnetita) como portadores magnéticos do CT e das Fm. VA e VP. A Fm. MV apresenta tanto minerais de baixa como de alta coercividade (hematita) como portadores magnéticos. Os diagramas de ASM mostram padrões bem definidos para os necks fonolíticos com foliações magnéticas subverticais enquanto que para o dique e para os derrames nefelíticos os resultados são bastante dispersos, o que pode estar relacionado a menor viscosidade destes corpos e ao tipo morfológico dos derrames.

• **LASI VI Conference – The Physical Geology of Subvolcanic Systems: Laccoliths, Sills and Dykes (Malargüe, Argentina – Nov. 2019)**

LASI 6 Conference

25-26.11.2019

Alkaline dykes of the Trindade Complex (Trindade Island, Brazil): field and petrographic aspects.

Pasqualon N.G.¹, Lima, E.F.¹, Brose, G. C.¹, Luz, F.R.¹, Rossetti, L.M.M.¹, Rossetti, M.M.M.²

- 1 *Department of Mineralogy and Petrology, Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brazil - nati_pasqualon@yahoo.com.br*
- 2 *Department of Geological Sciences, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.*

Keywords: Feeding systems, Melanephelinite, Lamprophyre.

Trindade Island is located at around 1.260 km from the Brazilian coast in the South Atlantic Ocean. The island is elongated along a NW-SE axis, with most of its structures indicating a NW direction of σ_1 during its formation (Ferrari and Riccomini, 1999). Volcanic activity started at the mid-Pliocene, lasting until the Pleistocene (Cordani, 1970; Pires et al., 2016). The island is formed by lava flows, intrusions and pyroclastic rocks of strongly sodic alkaline, SiO_2 undersaturated nature, divided by Almeida (1961) into five geological units: Trindade Complex, Desejado Sequence, Morro Vermelho Formation, Valado Formation and Paredão Volcano (Fig. 1).

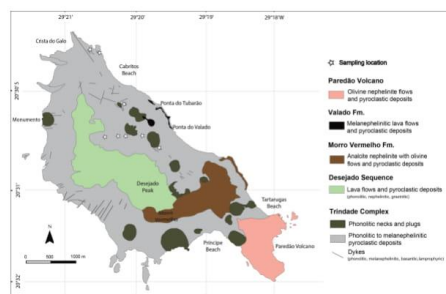


Fig. 1 – Geological map of Trindade Island modified from Almeida (1961) and Pasqualon et al. (2019) with sampling locations indicated by stars.

The Trindade Complex represents the oldest volcanic unit (3.9 Ma to 1.1 Ma - Cordani, 1970; Pires et al., 2016) and the basement of the island. This unit is composed of heterogeneous pyroclastic deposits (melanephelinites to phonolites), phonolitic subvolcanic intrusions, such as necks and plugs, and dykes of variable compositions, including olivine and clinopyroxene melanephelinites, monchiquites and analcime basanites (Marques et al., 1999).

This study aims to present preliminary results of the main field and petrographic aspects of the Trindade Complex dykes, in order to contribute to the understanding of the emplacement of these bodies and their petrogenetic history.

Nine dykes were selected for an initial detailed study. During fieldwork, some parameters such as geometry, sizes, structures and textures were described. Structural measurements were acquired using a compass. Petrographic analysis was carried out with conventional optical microscopy, using a petrographic microscope under transmitted light.

In general, the analyzed dykes intrude phonolitic necks or pyroclastic deposits of Trindade Complex. They present a tabular geometry, sharp contacts with the country rocks and thicknesses varying from 0.15 to 0.5 m. They are massive, at times with cooling joints perpendicular to their borders. The average orientation of the studied dykes is NW-SE trending with subvertical dips (Fig. 2).



Fig. 2 – Melanephelinitic dyke of approximately 0.5 m thick intruded in a phonolitic neck.

Petrographically, the dykes are hollo to hypocrySTALLINE and porphyritic (10-20%) with a matrix that varies from microlithic/cryptocrystalline to fine-grained. Spherical and cylindrical vesicles may occur and these are partially filled by analcime and carbonates. Mafic enclaves (usually of

pyroxene, hornblende and phlogopite) are common features.

The dykes were divided in 3 groups: phonolitic, melanephelinitic and lamprophyric. The phonolitic dyke (n=1) is composed of phenocrysts and microphenocrysts of sanidine, zoned diopside, brown hornblende and, subordinately, of sodalite, titanite and apatite in a matrix with microliths of clinopyroxene, feldspathoid and titanomagnetite (Fig.3A).

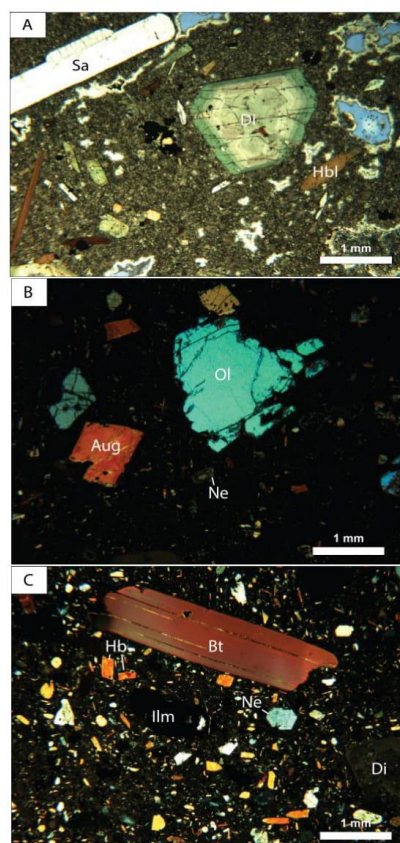


Fig. 3 – Photomicrographs of (A) phonolitic, (B) melanephelinitic and (C) lamprophyric dykes. Sa- Sanidine; Di – Diopside; Hbl – Hornblende; Ol- Olivine; Aug- Augite; Ne- Nepheline; Bt- Biotite; Ilm- Ilmenite. A) Plane-polarized light; B) and C) Cross-polarized light.

The melanephelinitic dykes (n=4) are composed of phenocrysts of olivine, augite/titano-augite, in a fine to microlithic matrix of nepheline, augite, titanomagnetite and, at times, phlogopite (Fig.3B). The lamprophyric dykes (n=4) presents a panidiomorphic texture and are composed of zoned

diopside with exsolution lamellae and poikilitic texture, (hosting apatite and nepheline crystals), brown hornblende, biotite, nepheline and ilmenite in a microlithic matrix of clinopyroxene, nepheline, ilmenite, apatite and titanite (Fig. 3C).

The identification of three compositional groups in a few dyke samples from Trindade Complex suggests complex petrogenetic patterns for the feeding system of Trindade Island. The porphyritic texture indicates two distinct undercooling stages for the dykes and the presence of zoned clinopyroxene phenocrysts suggests a multistage crystallization. Mafic enclaves may suggest magma mingling or cumulate processes. Early ilmenite and titanite crystals indicate high Ti^{+4} activity in the early magmatic stages for the lamprophyric and phonolitic dykes. Euhedral biotite and amphibole in the lamprophyric dykes indicate a high volatile content.

This study will be complemented by geochemical, structural, geophysical and petrophysical analysis. Data interpretation and integration will contribute significantly to the discussion around the chemical and physical aspects of the Trindade plume and its activity during the formation of the island.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financial support of the CNPq - Project CNPq-442812/2015-9 and the Graduate Program in Geosciences of UFRGS (PPGGEO), and Brazilian Navy (Marinha do Brasil) for all the logistical arrangements during field activities.

References

- Almeida, F.F.M., 1961. Geologia e petrologia da Ilha da Trindade, 197f. Monografia XVIII, DGM/DNPM. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro.
- Cordani, U.G., 1970. Idade do vulcanismo no oceano Atlântico Sul. Boletim IGA 1, 09–75.
- Ferrari, A.L., Riccomini, C., 1999. Campo de esforços Plio-pleistocênico na Ilha da Trindade (Oceano Atlântico Sul, Brasil) e sua relação com a tectônica regional. Rev. Bras. Geosci. 29 (2), 195–202.
- Marques, L.S., Ulbrich, M.N., Ruberti, E., Tassinari, C.G., 1999. Petrology, geochemistry and Sr–Nd isotopes of the Trindade and Martin Vaz volcanic rocks (southern Atlantic Ocean). J. Volcanol. Geotherm. Res. 93 (3), 191–216.
- Pasqualon, N. G., Lima, E. F., Scherer, C.M.S., Rossetti, L. M. M., Luz, F. R. (2019). Lithofacies association and stratigraphy of the Paredão Volcano, Trindade Island, Brazil. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 380, 48–63.
- Pires, G.L.C., Bongioiolo, E.M., Gerales, M.C., Renac, C., Santos, A.C., Jourdan, F., Neumann, R., 2016. New $40Ar/39Ar$ ages and revised $40K/40Ar^*$ data from nephelinitic–phonolitic volcanic successions of the Trindade Island (South Atlantic Ocean). J. Volcanol. Geotherm. Res. 327, 531–538.

- AGU Fall Meeting – (San Francisco, CA – Dez. 2019)

Emplacement Dynamics of the Alkaline Volcanic and Subvolcanic Rocks of Trindade Island, Brazil: an Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) Study.

Natália Gauer Pasqualon¹, Jairo F Savian¹, Fernando Rodrigues da Luz¹, Evandro F de Lima², Thiago Ribas Moncinhatto³ and Ricardo IF Trindade⁴, (1)Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, Brazil, (2)Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Geociencias, Porto Alegre, Brazil, (3)Universidade de São Paulo - IAG/USP, São Paulo, Brazil, (4)Universidade de São Paulo, Geophysics, São Paulo, Brazil

Abstract Text:

Trindade Island is located at around 1.200 km from the Brazilian coast, composed of lava flows, intrusions and pyroclastic rocks of alkaline, SiO₂ undersaturated nature, formed between 3.9-0.25 Ma. An AMS study was performed in the island to contribute for understanding the processes involved in magma transportation and emplacement dynamics during its formation. Sixteen paleomagnetic sampling sites were set during fieldwork, of which 7 correspond to phonolitic necks and a melanephelinitic dyke that form the island basement and 9 to melanephelinitic 'a'a flows. A total of 160 oriented cylinders and 503 specimens were obtained. Magnetic mineralogy was investigated through petrography, scanning electron microscopy analyses (SEM), thermomagnetic curves, isothermal remanent magnetization (IRM) acquisition curves, hysteresis loops and first-order reversal curves (FORC). AMS measurements were obtained using the MFK1-FA – Multi-Function Kappabridge (AGICO) susceptibilimeter and interpreted with ANISOFT 5 (AGICO). Anisotropy of anhysteretic remanent magnetization (AARM) was run for selected sites using the LDA3-AMU1 (AGICO) with a peak AF of 100 mT and a bias field of 100 μT. Mean magnetic susceptibility (K_m) values are lower to the phonolites when compared to the melanephelinites. The degree of anisotropy (P') vs. shape parameter (T) shows an oblate AMS fabric for the phonolitic necks, oblate/prolate fabric for the melanephelinitic lavas and prolate for the dyke. Results suggest a dominant low-coercivity magnetic mineral phase (low-Ti magnetite), normal fabric (multi-domain grains) and sub-vertical magnetic foliation for the phonolitic

<https://agu.confex.com/agu/fm19/gp/papers/index.cgi?usemame=502897&password=665529>

1/4

25/07/2019

Submission Completed

necks, implying in a nearly vertical magma motion during the emplacement of these bodies. The melanephelinitic 'a'a lavas and dyke present at least two magnetic mineral phases of high and low-coercivity (hematite, maghemite and titanomagnetite), and normal or inverse fabrics (pseudo-single domain or single domain grains), with mean magnetic foliation and lineation suggesting lavas flowed towards NE and the dyke was N-S oriented and vertically emplaced. Data indicates that the subvolcanic bodies were emplaced vertically during the initial stages of island formation and then lavas were mostly conditioned to northeast by the previous formed relief.

REFERÊNCIAS

AIELLO, G; MARSELLA, E. Interactions between Late Quaternary volcanic and sedimentary processes in the Naples Bay, southern Tyrrhenian sea. **Italian Journal of Geosciences**, v. 134, n. 2, p. 367-382, 2015.

ALLEN, J. R. L. Studies in fluvial sedimentation: bars, bar-complexes and sandstone sheets (low-sinuosity braided streams) in the Brownstones (L. Devonian), Welsh Borders. **Sedimentary Geology**, v. 33, n. 4, p. 237-293, 1983.

ALMEIDA, F. F. M. de. Geologia e Petrologia na Ilha de Trindade. Rio de Janeiro, **DNPM/DGM**, 197p. 1961. Monografia XIX.

ALMEIDA, F. F. M. de. Ilha de Trindade: Registro de vulcanismo cenozóico no Atlântico Sul. Brasília, **DNPM/CPRM/SIGEP**, v.1, n.5, p. 369-377, 2002.

ALMEIDA, F. F. M. de. Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. **Terræ Didática**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 3-18, 2006. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>> Acesso em: 10 set. 2016.

ALVES, E. C. et al. Zona de fratura de Vitória-Trindade no Oceano Atlântico sudeste e suas implicações tectônicas. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24, n. 1, p. 117-127, 2006.

BALLARD, R. D.; HOLCOMB, R. T.; ANDEL, T. H. The Galapagos Rift at 86 W: 3. Sheet flows, collapse pits, and lava lakes of the rift valley. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 84, n. B10, p. 5407-5422, 1979.

BARRETO, C. J. S. **Associação de fácies, padrões de vesiculação e petrologia dos derrames básicos da Formação Serra Geral na ombreira sul da Calha de Torres (RS)**. 2016. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BISSON, M. et al. A map for volcanoclastic debris flow hazards in Apennine areas surrounding the Vesuvius volcano (Italy). **Journal of maps**, v. 9, n. 2, p. 230-238, 2013.

BOLÓS, X.; PLANAGUMA, L.; MARTÍ, J. Volcanic stratigraphy of the Quaternary La Garrotxa Volcanic Field (north-east Iberian Peninsula). **J. Quat. Sci.** 29 (6), 547–560, 2014.

BROWN JR, L. F.; FISHER, W. L. Seismic-Stratigraphic Interpretation of Depositional Systems: Examples from Brazilian Rift and Pull-Apart Basins: Section 2. Application of Seismic Reflection Configuration to Stratigraphic Interpretation. 1977.

CARMONA, J. et al. Characterization and facies analysis of the hydrovolcanic deposits of Montaña Pelada tuff ring: Tenerife, Canary Islands. **Journal of African Earth Sciences**, v. 59, n. 1, p. 41-50, 2011.

CAS, R. A. F.; WRIGHT, J. V. Volcanic Successions, Modern and Ancient: A Geological Approach to Processes, Products and Successions, 528 pp. 1987.

CATUNEANU, O. et al. Sequence stratigraphy: methodology and nomenclature. **Newsletters on stratigraphy**, v. 44, n. 3, p. 173-245, 2011.

CATUNEANU, O. et al. Towards the standardization of sequence stratigraphy. **Earth-Science Reviews**, v. 92, n. 1-2, p. 1-33, 2009.

CATUNEANU, O. **Principles of sequence stratigraphy**. Elsevier, 2006.

COLLINSON, J. D. The sedimentology of the Grindslow Shales and the Kinderscout Grit: a deltaic complex in the Namurian of northern England. **Journal of Sedimentary Research**, v. 39, n. 1, 1969.

CORDANI, U. G. Idade do vulcanismo no oceano Atlântico Sul. **Boletim IGA**, v. 1, p. 09-75, 1970.

CORDANI, U. G.; BLAZEKOVIĆ, A. Idades radiométricas das rochas vulcânicas dos Abrolhos. **Congr. Bras. Geol.**, **XXIV**, p. 265-270, 1970.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. Rock-forming minerals, vols 1–5. **Longmans, London**, 1962.

DEWOLFE, Y.M.; PITTMAN, N. Subaqueous strombolian eruptions, and eruption-fed pyroclastic deposits in a Paleoproterozoic rifted-arc: Hidden formation, Flin Flon, Canada. **Precambrian Res.** 316, 48–65, 2018.

EMBRY, A. F.; JOHANNESSEN, E. P. T–R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic–Lower Jurassic succession, western Sverdrup Basin, Arctic Canada. In: **Norwegian Petroleum Society Special Publications**. Elsevier. p. 121-146, 1992.

EVANS, D. J. A. et al. Snæfellsjökull volcano-centred ice cap landsystem, West Iceland. **Journal of Maps**, v. 12, n. 5, p. 1128-1137, 2016.

FAROOQUI, M. Y. et al. Evaluating volcanic reservoirs. **Oilfield Review**, v. 21, n. 1, p. 36-47, 2009.

FISHER, R. V. Decoupling of pyroclastic currents: hazards assessments. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 66, n. 1, p. 257-263, 1995.

FISHER, R. V.; SCHMINCKE, H. Pyroclastic Rocks and Tectonic Environment. In: **Pyroclastic rocks**. Springer Berlin Heidelberg, p. 383-409. 1984.

FISHER, W. L.; MCGOWEN, J. H. Depositional Systems in the Wilcox Group of Texas and Their Relationship to Occurrence of Oil and Gas (1). 1967.

FODAR, R. V. et al. Ti-rich Eocene basaltic rocks, Abrolhos platform, offshore Brazil, 18 S: petrology with respect to South Atlantic magmatism. **Journal of Petrology**, v. 30, n. 3, p. 763-786, 1989.

FODOR, R. V.; HANAN, B. B. Geochemical evidence for the Trindade hotspot trace: Columbia seamount ankaramite. **Lithos**, v. 51, n. 4, p. 293-304, 2000.

FORNERO, S. A. et al. Characterization of subaerial volcanic facies using acoustic image logs: Lithofacies and log-facies of a lava-flow deposit in the Brazilian pre-salt, deepwater of Santos Basin. **Marine and Petroleum Geology**, v. 99, p. 156-174, 2019.

FRAZIER, D. E. Depositional episode: their relationship to the Quaternary stratigraphic framework in the northwestern portion of the Gulf basin. **The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Geological Circular**, v. 74, n. 1, p. 28, 1974.

GALLOWAY, W. E. Accommodation and the sequence stratigraphic paradigm. **Reservoir, Canadian Society of Petroleum Geologists**, v. 31, n. 5, p. 9-10, 2004.

GALLOWAY, W. E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. **AAPG bulletin**, v. 73, n. 2, p. 125-142, 1989.

GIBSON, S. A. et al. Late Cretaceous rift-related upwelling and melting of the Trindade starting mantle plume head beneath western Brazil. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 126, n. 3, p. 303-314, 1997.

GIBSON, S. A. et al. The Late Cretaceous impact of the Trindade mantle plume: evidence from large-volume, mafic, potassic magmatism in SE Brazil. **Journal of Petrology**, v. 36, n. 1, p. 189-229, 1995.

GUAZELLI, W.; CARVALHO, J. C. A extensão da zona de fratura de Vitória-Trindade no oceano e seu possível prolongamento no continente. **Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil**. Rio de Janeiro. Petrobrás, p. 31-37, 1978.

HANSEN, M. A. F. et al. Nuevas edades para el volcanismo de las islas Trindade y Martin Vaz, Brasil. In: **Sixth International Meeting: Colima Volcano, México**. 1998. p. 1-28.

HUNT, D; TUCKER, M. E. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall. **Sedimentary Geology**, v. 81, n. 1-2, p. 1-9, 1992.

JERRAM, D. A. Volcanology and facies architecture of flood basalts. **Volcanic Rifted Margins**, v. 362, p. 119, 2002.

KERESZTURI, Gábor; NÉMETH, Károly. Sedimentology, eruptive mechanism and facies architecture of basaltic scoria cones from the Auckland Volcanic Field (New Zealand). **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 324, p. 41-56, 2016.

LACROIX, A. La constitution des roches volcaniques de l'Extrême Nord de Madagascar et de Nosy Bé; les ankaratrites de Madagascar en général. **Comptes Rendus Académie des Sciences, Paris**, v. 163, p. 253-258, 1916.

LIU, J. et al. Volcanic Rock-Hosted Natural Hydrocarbon Resources: A review. 2013.

LUZ, F.R. da. **Análise estratigráfica dos depósitos vulcânicos da Formação Morro Vermelho, Ilha Trindade, Brasil**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

LUZ, F.R. da. **Estudo do vulcanismo da Ilha da Trindade: estratigrafia e petrologia da Formação Morro Vermelho**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MARQUES, L. S. et al. Petrology, geochemistry and Sr–Nd isotopes of the Trindade and Martin Vaz volcanic rocks (southern Atlantic Ocean). **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 93, n. 3, p. 191-216, 1999.

MARTÍ, J.; GROPELLI, G.; DA SILVEIRA, A.B. Volcanic stratigraphy: a review. **J. Volcanol. Geotherm. Res.** 357, 68–91, 2018.

MARTIN, U.; NÉMETH, K. How Strombolian is a “Strombolian” scoria cone? Some irregularities in scoria cone architecture from the Transmexican Volcanic Belt, near Volcán Ceboruco, (Mexico) and Al Haruj (Libya). **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 155, n. 1, p. 104-118, 2006.

MCPHIE, J. **Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks**. 1993.

MIALL, A. D. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. 1977.

MIDDLETON, G. V. Facies. **Encyclopedia of sedimentology: Hutchinson & Ross**, p. 323-325, 1978.

MINSTER, J. B. et al. Numerical modelling of instantaneous plate tectonics. **Geophysical Journal International**, v. 36, n. 3, p. 541-576, 1974.

MITCHUM JR, R. M. Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 11. Glossary of terms used in seismic stratigraphy: Section 2. Application of seismic reflection configuration to stratigraphic interpretation. 1977.

MOLES, J. D. et al. Geology of Tindfjallajökull volcano, Iceland. **Journal of Maps**, v. 14, n. 2, p. 22-31, 2018.

NÉMETH, Károly; WHITE, James DL. Reconstructing eruption processes of a Miocene monogenetic volcanic field from vent remnants: Waipiata Volcanic Field, South Island, New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 124, n. 1-2, p. 1-21, 2003.

NÉMETH, K. et al. Facies architecture of an isolated long-lived, nested polygenetic silicic tuff ring erupted in a braided river system: the Los Loros volcano, Mendoza, Argentina. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 239, 33–48, 2012.

NÉMETH, K.; PALMER, J. Geological mapping of volcanic terrains: Discussion on concepts, facies models, scales, and resolutions from New Zealand perspective. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, 2018.

ÓSKARSSON, B.V., RIISHUUS, M.S. The mode of emplacement of Neogene flood basalts in eastern Iceland: Facies architecture and structure of simple aphyric basalt groups. 2014.

ÓSKARSSON, B.V.; RIISHUUS, M.S. The mode of emplacement of Neogene flood basalts in Eastern Iceland: Facies architecture and structure of the Hólmar and Grjótá olivine basalt groups. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 267, 92–118, 2013.

PASQUALON, N.G. **Estratigrafia, petrologia e padrões de porosidade dos depósitos do vulcão do paredão, Ilha da Trindade, Brasil**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

PEDRAZZI, D.; MARTÍ, J.; GEYER, A. Stratigraphy, sedimentology and eruptive mechanisms in the tuff cone of El Golfo (Lanzarote, Canary Islands). *Bull. Volcanol.* 75 (7), 740, 2013.

PIRES, G. L. C. et al. New 40 Ar/39 Ar ages and revised 40 K/40 Ar* data from nephelinitic–phonolitic volcanic successions of the Trindade Island (South Atlantic Ocean). **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 327, p. 531-538, 2016.

PIRES, G.L.C.; BONGIOLO, E.M. The nephelinitic–phonolitic volcanism of the Trindade Island (South Atlantic Ocean): Review of the stratigraphy, and inferences on the volcanic styles and sources of nephelinites. *J. S. Am. Earth Sci.* 72, 49–62, 2016.

POSAMENTIER, H. W.; JERVEY, M. T.; VAIL, P. R. Eustatic controls on clastic deposition I—conceptual framework. 1988.

RIGGS, Nancy R.; DUFFIELD, W. A. Record of complex scoria cone eruptive activity at Red Mountain, Arizona, USA, and implications for monogenetic mafic volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 178, n. 4, p. 763-776, 2008.

ROGERS et al. Using physical volcanology, chemical stratigraphy, and pyrite geochemistry for volcanogenic massive sulfide exploration: an example from the Blake River Group, Abitibi Greenstone Belt. *Econ. Geol.* 109 (1), 61–88, 2014.

ROSSETTI, L. M. M. et al. Lithostratigraphy and volcanology of the Serra Geral Group, Paraná-Etendeka Igneous Province in Southern Brazil: Towards a formal stratigraphical framework. 2017.

ROSSETTI, L. M. M. et al. Stratigraphical framework of basaltic lavas in Torres Syncline main valley, southern Parana-Etendeka Volcanic Province. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 56, p. 409-421, 2014.

SALVADOR, A. (Ed.). **International stratigraphic guide: a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure**. Geological Society of America, 1994.

SCHMID, R. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments. **Geologische Rundschau**, v. 70, n. 2, p. 794-799, 1981.

SCHUTTER, S. R. Hydrocarbon occurrence and exploration in and around igneous rocks. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 214, n. 1, p. 7-33, 2003.

SELLEY, R. C. Concepts and methods of subsurface facies analysis. Short course and methods of subsurfaces facies analysis. Short course lecture note series, No. 6. **Am. Assoc. Petro. Geo.** p. 80, 1978.

SEUBERT, B. W. *Volcaniclastic Petroleum Systems—Theory and Examples from Indonesia*. 2015.

SIEBEL, W. et al. Trindade and Martín Vaz Islands, South Atlantic: Isotopic (Sr, Nd, Pb) and trace element constraints on plume related magmatism. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 13, n. 1, p. 79-103, 2000.

SIMÕES, M.S. et al. Structures and lithofacies of inferred silicic conduits in the Paraná-Etendeka LIP, southernmost Brazil. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 355, 319–336, 2018.

SINGLE, R. T. **The facies architecture of large igneous provinces: an integrated geological and geophysical approach to the characterisation of volcanic successions in 3-D**. 2004. Tese de Doutorado - Durham University, Durham, 2004.

SPARKS, R. S. J.; WALKER, G. P. L. The ground surge deposit: a third type of pyroclastic rock. **Nature**, v. 241, n. 107, p. 62-64, 1973.

SRUOGA, P.; RUBINSTEIN, Nora. Processes controlling porosity and permeability in volcanic reservoirs from the Austral and Neuquén basins, Argentina. **AAPG bulletin**, v. 91, n. 1, p. 115-129, 2007.

STIX, J. et al. Caldera-forming processes and the origin of submarine volcanogenic massive sulfide deposits. *Geology* 31 (4), 375–378, 2003.

SULPIZIO, R. et al. The Pomici di Avellino eruption of Somma–Vesuvius (3.9 ka BP). Part II: sedimentology and physical volcanology of pyroclastic density current deposits. *Bull. Volcanol.* 72 (5), 559–577, 2010.

TALBOT, J. L. et al. Xenoliths and xenocrysts from lavas of Kerguelen Archipelago. **American Mineralogist**, v. 48, n. 1-2, p. 159, 1963.

VAIL, P. R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy: Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure. 1987.

VALENCIO, D. A.; MENDÍA, J. A. Paleomagnetism and K/Ar ages of some igneous rocks of the Trindade Complex and the Valado Formation, from Trindade Island, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 4, n. 2, p. 124-132, 1974.

VALENTINE, Greg A. et al. Scoria cone construction mechanisms, Lathrop Wells volcano, southern Nevada, USA. *Geology*, v. 33, n. 8, p. 629-632, 2005.

VAN WAGONER, J. C. et al. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy: Part 2: Key definitions of sequence stratigraphy, 1987.

VOLCANISM. The major types of volcanic eruptions. *Encyclopædia Britannica*, 2011. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/volcanism/images-videos> . Acesso em: 06 jul. 2017.

WAICHEL, B. L. et al. Stratigraphy and volcanic facies architecture of the Torres Syncline, Southern Brazil, and its role in understanding the Paraná–Etendeka Continental Flood Basalt Province. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 215, p. 74-82, 2012.

WALKER, G. P. L. Ignimbrite types and ignimbrite problems. **Journal of volcanology and geothermal research**, v. 17, n. 1-4, p. 65-88, 1983.

WALKER, G. P. L. Pipe vesicles in Hawaiian basaltic lavas: their origin and potential as paleoslope indicators. **Geology**, v. 15, n. 1, p. 84-87, 1987.

WALKER, G. P.L. Grain-size characteristics of pyroclastic deposits. **The Journal of Geology**, v. 79, n. 6, p. 696-714, 1971.

WALKER, R. G. General Introduction: facies, facies sequences and facies models. In: Walker, R.G. (Ed) **Facies Models**. Canada: Geological Association of Canada, Geoscience Canada Reprint. Series 1, p.1-9, 1984.

WALKER, R. G.; JAMES, Noel P. Facies models: Response to sea level change. **St. John's, Newfoundland, Geological Association of Canada**, 1992.

WANG, P.; CHEN, S. Cretaceous volcanic reservoirs and their exploration in the Songliao Basin, northeast China. **AAPG Bulletin**, v. 99, n. 3, p. 499-523, 2015.

WATTON, T. J. et al. The petrophysical and petrographical properties of hyaloclastite deposits: Implications for petroleum exploration. **AAPG bulletin**, v. 98, n. 3, p. 449-463, 2014.

WILSON, C.J.N.; WALKER, G.P. Ignimbrite depositional facies: the anatomy of a pyroclastic flow. *J. Geol. Soc.* 139 (5), 581–592, 1982.

WILSON, J. T. A new class of faults and their bearing on continental drift. **Nature**, v. 207, n. 4995, p. 343-347, 1965.

WRIGHT, J.V.; SELF, S.; FISHER, R.V. Towards a facies model for ignimbrite-forming eruptions. *Tephra Studies*. Springer, Dordrecht, pp. 433–43, 1981.

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
“ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO VULCÃO DO PAREDÃO, ILHA DA TRINDADE, BRASIL.”
Área de Concentração: ESTRATIGRAFIA
Autor: NATÁLIA GAUER PASQUALON
Orientador: Prof. Dr. Evandro Fernandes de Lima
Examinador: Dr. Carlos Augusto Sommer
Data: 23/01/2020
Conceito: A
PARECER:
<p>A Dissertação de Mestrado da Sra. NATÁLIA GAUER PASQUALON, intitulada “ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO VULCÃO DO PAREDÃO, ILHA DA TRINDADE, BRASIL” tem como objetivo geral propor um modelo evolutivo para o Vulcão do Paredão na Ilha da Trindade, através da análise estratigráfica detalhada, baseada em premissas da estratigrafia de seqüências.</p> <p>A dissertação está estruturada na forma de artigo científico, seguindo as normas do PPGGEO desta Universidade, no qual um artigo submetido e publicado, corresponde ao capítulo principal da dissertação. A obra é complementada por uma parte introdutória, constituída de Introdução, Contexto Geológico, Estado da Arte e Metodologia e uma parte final, composta por anexos referentes a seções colunares, descrições petrográficas, trabalhos apresentados em eventos e Referências Bibliográficas.</p> <p>A dissertação está muito bem organizada, apresentando uma redação correta o que facilita a leitura e compreensão do texto. A disposição e organização dos capítulos permitem ao leitor um aprofundamento gradual e constante sobre o tema trabalho. Todas as figuras e tabelas são pertinentes e editadas com uma resolução excelente.</p> <p>A Introdução apresenta a temática a ser desenvolvida na dissertação, bem como os objetivos propostos e a organização do trabalho.</p> <p>O capítulo do Contexto Geológico apresenta a contextualização geológica regional da Ilha de Trindade e a conexão do Vulcão do Paredão com a sucessão vulcânica da ilha. É baseada em bibliografia clássica e atualizada, associada com a expertise adquirida pelo grupo de pesquisa a qual a aluna está vinculada.</p> <p>O tema do estado da arte versa sobre Estratigrafia de Sequências, onde é feita uma análise crítica sobre conceitos básicos, metodologias de análise estratigráfica e, principalmente, estratigrafia de seqüências aplicada às sucessões vulcânicas. Este capítulo merece, com certeza, um destaque especial pela organização e temática abordada, baseada em bibliografia recente, permitindo a inserção da área trabalhada dentro de um contexto regional e internacional. Fornece uma base sólida para a leitura e compreensão de toda a dissertação.</p> <p>O capítulo de Metodologia apresenta todas as etapas de trabalho e métodos utilizados na execução do projeto.</p> <p>O capítulo de resultados é a parte principal da dissertação e é constituído pelo artigo científico intitulado “<i>Lithofacies association and stratigraphy of the Paredão Volcano, Trindade Island, Brazil</i>”, publicado na revista <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i>. O artigo está muito bem organizado e</p>

tem como objetivos principais os mesmos da própria dissertação, descritos na parte introdutória. Como é um artigo já publicado e em uma excelente revista especializada na temática abordada na dissertação e finalizado a partir de correções advindas de revisores *ad hoc* com reconhecida competência, não resta muito o que dizer, a não ser parabenizar a aluna pelo patamar elevado científico do trabalho realizado.

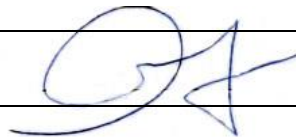
As Referências Bibliográficas relacionadas ao corpo e ao artigo são todas pertinentes, atualizadas e apresentadas com formatação correta.

Os anexos demonstram todo o trabalho executado pela autora e corroboram o amadurecimento científico adquirido ao longo do mestrado.

Em síntese, pode-se constatar através desta Dissertação que a Sra. NATÁLIA GAUER PASQUALON atingiu plenamente todos os objetivos propostos para um mestrado acadêmico, utilizando diferentes técnicas e métodos visando a reconstrução do último episódio vulcânico do território brasileiro. Com certeza, sua obra pode ser considerada uma excelente contribuição acadêmica e proporcionará um grande avanço científico na aplicação de técnicas de estratigrafia de sequência no estudo de sucessões vulcânicas.

Ante ao exposto, sou de parecer positivo e considero a dissertação em análise plenamente aprovada e parabenizo a aluna, seu orientador e a instituição pelo nível de excelência do trabalho.

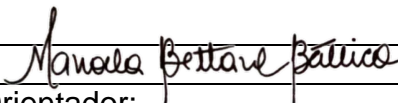
Assinatura:



Data: 23/01/2020

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I	
Título da Dissertação/Tese:	
“ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO VULCÃO DO PAREDÃO, ILHA DA TRINDADE, BRASIL.”	
Área de Concentração: ESTRATIGRAFIA	
Autor: NATÁLIA GAUER PASQUALON	
Orientador: Prof. Dr. Evandro Fernandes de Lima	
Examinador: Dra. Manoela Bettarel Bállico	
Data: 03/02/2020	
Conceito: A	
PARECER:	
<p>A dissertação da Natália encontra-se bem estruturada e o tema escolhido pela aluna e seu orientador é de grande relevância científica e apresenta um caráter inovador. Importante ressaltar que o trabalho foi publicado em periódico internacional com considerável abrangência, apresentando classificação Qualis A2 (2019).</p> <p>A dissertação consiste em um trabalho de ótima qualidade, bem redigido, com objetivos claros, sendo esses atingidos na sua totalidade. As figuras estão ótimas e muito informativas. Sobre a apresentação dos resultados, a autora apresenta uma análise faciológica de detalhe bem como apresenta de forma objetiva e ilustrativa as associações de fácies. O arcabouço estratigráfico está bom (Fig. 11 do artigo), bem como a evolução estratigráfica. No entanto apresento algumas observações:</p> <p>(1) A localização dos perfis estratigráficos não consta no mapa da Fig. 4. Seria interessante fazer um link com relação à correlação estratigráfica ilustrada na figura 11, da mesma forma que ficaria mais clara a disposição lateral das associações de fácies com relação ao modelo deposicional apresentado na Fig. 12.</p> <p>(2) Inserir os perfis estratigráficos nos blocos diagramas.</p> <p>Em suma considero a dissertação de ótima qualidade, e parablenizo a autora e o seu orientador.</p>	
Assinatura: 	Data:
Ciente do Orientador:	03/02/2020
Ciente do Aluno:	



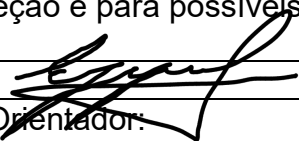
ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
“ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO VULCÃO DO PAREDÃO, ILHA DA TRINDADE, BRASIL.”
Área de Concentração: ESTRATIGRAFIA
Autor: NATÁLIA GAUER PASQUALON
Orientador: Prof. Dr. Evandro Fernandes de Lima
Examinador: Dr. Ezequiel Galvão de Souza
Data: 21/01/2020.
Conceito: A
PARECER:
<p>A aluna está apta a receber o título de Mestra em geociências tendo em vista a dissertação entregue e de acordo com os critérios estabelecidos pelo PPGGEO/UFRGS. O arquivo em pdf anexado a este parece traz as principais correções a serem feitas, e aqui enumero alguns apontamentos em respeito à dissertação, tendo em vista que o artigo já foi aceito e publicado.</p> <p>Resumo: Está bem escrito e apresenta de forma clara o conteúdo da dissertação. Entretanto há algumas frases muito extensas e não ressalta a importância do trabalho.</p> <p>1. Introdução: Apresenta todos os itens necessários e de forma clara. Sugiro apenas a reorganização de alguns parágrafos.</p> <p>2. Contexto geológico: Claro e simplificado, não deixa dúvidas a respeito do das rochas e contexto tectônico no qual se encontra o objeto de estudo. Apresenta detalhes petrográficos dos quais seria interessante colocar fotos das lâminas de estudos citados. Algumas figuras e fotos estão sem escala conforme assinalai no pdf.</p> <p>3. Estratigrafia de sequências: Sugiro renomear este item para “Revisão conceitual” e o 3.1 para “Estratigrafia de sequências – conceitos básicos”. O item 3.2 é metodologia ou seria uma revisão? Creio que seja melhor renomear o item 3, como disse anteriormente. O item 3.3 está muito bem escrito e também se trata de uma revisão. Já que teu artigo foi aceito com tamanha antecedência, não seria interessante - sob o aspecto científico - abordar e dissertar mais sobre este assunto, tendo em vista os avanços do teu estudo em relação ao tema? Talvez apresentar melhor os tipos de associações de fácies que tu podes encontrar, tipos de sistemas e ambientes deposicionais, alguma sucessão vertical específica de exemplo. Além disso, não há fácies que possam apresentar estruturas de paleofluxo? Como são medidas e qual critério utilizado?</p> <p>4. Metodologia: A aluna demonstrou domínio das técnicas utilizadas no desenvolvimento do trabalho e especificou os detalhes de cada método utilizado, não deixando dúvidas quanto aos procedimentos e etapas.</p> <p>5. Resultados: O artigo anexado como parte da dissertação tem como tema central a análise estratigráfica de depósitos vulcânicos e este conteúdo está</p>

diretamente relacionado às linhas de pesquisa do PPGGEO/UFRGS. Por já ter sido aceito não me detive a detalhes no mesmo. O artigo apresenta de forma clara os critérios utilizados para distinção de litofácies, sendo as mesmas corretamente descritas e interpretadas. As associações de litofácies estão bem descritas e a utilização de sucessões verticais de fácies para exemplificar ajuda na compreensão. A evolução estratigráfica aborda somente três seções colunares, deixando de abordar os furos TRV-04 Tr-07 e 08. A figura 12 tem muita informação desnecessária e não é um bloco-diagrama propriamente dito, tendo em vista que não apresenta a informação do registro geológico (as camadas na parte frontal do desenho são meramente ilustrativas). A figura 13 não deixa claro o que aquela foto representa no bloco diagrama esquemático.

Sob o ponto de vista da estratigrafia de sequências e tendo em vista o tema da dissertação, creio que a aluna tenha muito a acrescentar a partir dos resultados obtidos. Discutir mais os resultados no que tange à estratigrafia de sequências seria interessante. Por exemplo, o que seus resultados trazem de novo para a aplicação de conceitos de estratigrafia de sequências em depósitos vulcânicos? É possível delimitar sequências genéticas a partir de superfícies-chave? Algumas destas superfícies são apresentadas em figuras de associações de litofácies (ex. Fig. 8), etrentanto, os três estágios distintos (Phreatomagmatic, Strombolian and Hawaiian) são limitados porque tipos de superfícies e como elas se apresentam no campo?

Sem mais a constar, parabéns aos orientadores e a aluna pelo excelente trabalho e fico à disposição para qualquer dúvida no que se referir a minha correção e para possíveis parcerias em trabalhos futuros.

Assinatura:



Data: 21/01/2020

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno: