



**HAMILTON DOS REIS LUIZ**

**FACIOLOGIA DAS UNIDADES VULCANO-SEDIMENTARES NOS  
AFLORAMENTOS PASSO DO MOINHO E FERVOR, MUNICÍPIO DE SANTANA  
DA BOA VISTA-RS**

**CAÇAPAVA DO SUL  
2019**

**HAMILTON DOS REIS LUIZ**

**FACIOLOGIA DAS UNIDADES VULCANO-SEDIMENTARES NOS  
AFLORAMENTOS PASSO DO MOINHO E FERVOR, MUNICÍPIO DE SANTANA  
DA BOA VISTA-RS**

Trabalho de Conclusão de Curso II  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Geologia da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Vinicus Matté

**CAÇAPAVA DO SUL  
2019**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais)

L218f

Luiz, Hamilton dos Reis

FACIOLOGIA DAS UNIDADES VULCANO-SEDIMENTARES NOS  
AFLORAMENTOS PASSO DO MOINHO E FERVOR, MUNICÍPIO DE  
SANTANA DA BOA VISTA-RS / Hamilton dos Reis Luiz.

42 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal  
do Pampa, GEOLOGIA, 2019.

"Orientação: Vinicus Matté".

1. Petrografia. 2. Derrame. 3. Injetito. I. Título.

HAMILTON DOS REIS LUIZ

FACIOLOGIA DAS UNIDADES VULCANO-SEDIMENTARES NOS  
AFLORAMENTOS PASSO DO MOINHO E FERVOR, MUNICÍPIO DE SANTANA  
DA BOA VISTA-RS

Trabalho de Conclusão de Curso II  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Geologia da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso II defendido e aprovado em: 12 de julho de 2019.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Vinicius Matté  
Orientador

Universidade Federal do Pampa - Unipampa



Prof.ª Dr.ª Délia Del Pilar Montecinos de Almeida  
Universidade Federal do Pampa - Unipampa



Prof. Dr. Tago Rafael Gregory  
Universidade Federal do Pampa - Unipampa

## RESUMO

Nos afloramentos do Passo do Moinho (Arroio Pessegueiro) e Fervor (Rio Camaquã), região sudoeste do município de Santana da Boa Vista, ocorrem importantes rochas vulcânicas básicas de composição basáltica e variadas feições de interações vulcano-sedimentares, representando contemporaneidade entre lava e arenito ao final de preenchimento da Bacia do Camaquã. O presente trabalho realizou estudos integrados de mapeamento geológico, petrografia e faciologia de rochas vulcânicas e sedimentares. Nesta região afloram rochas do último ciclo vulcânico de preenchimento da Bacia do Camaquã, denominado Membro Rodeio Velho. São rochas vulcânicas formadas sob regime pahoehoe e secundariamente regime a'a'. São hipocristalinas afaníticas a porfíricas com fenocristais de plagioclásio. As feições de interação vulcano-sedimentar são representadas por diques clásticos (injetitos), peperitos e estrias de fluxo. São rochas com grande quantidade de vesículas e amígdalas, preenchidas por quartzo, calcedônia, calcita, zeolita, celadonita e arenitos clásticos fluidizados. Em alguns casos os arenitos clásticos convergem por fraturas que estreitam, evidenciando o caráter de preenchimento. A descrição das inúmeras feições de interação vulcano-sedimentar permitiu concluir que o ambiente de deposição da Aloformação Pedra Pintada possui um caráter úmido e não desértico como sugerido por trabalhos da bibliografia.

Palavras Chave: petrografia, derrame, injetito

## **ABSTRACT**

In Passo do Moinho (Arroio Pessegueiro) and Fervor (Rio Camaquã) outcrops southwestern region of the Santana da Boa Vista municipality, there are important basic volcanic rocks of basaltic composition and various features of volcano-sedimentary interactions, representing contemporaneity between lava and sediment at the end of filling the Camaquã Basin. The present work carried out integrated studies of geological mapping, petrography and faciology of volcanic and sedimentary rocks. In this region they are rocks of the last volcanic cycle of filling of the Camaquã Basin, denominated Rodeio Velho Member. They are volcanic rocks formed under pahoehoe regime and secondarily a'a 'regime. They are aphyric and hypocrystalline to porphyritic rocks, with phenocrysts of plagioclase. The features of volcano-sedimentary interaction are represented by clastic dykes (injetites), peperites and stretch marks of flow. They are rocks with large amounts of vesicles and amygdalas, filled by quartz, chalcedony, calcite, zeolite, celadonite and fluidized clastic sediments. In some cases, the clastic sediments converge by narrowing fractures, evidencing the filling character. The description of the numerous features of vulcano-sedimentary interaction allowed us to conclude that the depositional environment of the Pedra Pintada Aloformation has a humid rather than desert character as suggested by bibliographical works.

Keywords: petrography, lava flow, injetite

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa: A) Situação; B) Localização; C) Detalhe.....	13
Figura 2- Mapa de pontos.....	15
Figura 3 - A) Localização e compartimentação geotectônica do Escudo Sul-rio-grandense; B) Contexto geológico regional e localização da área estudada.....	19
Figura 4 - Peperitos em Torres, mostrando clastos de basalto em matriz de areia.....	21
Figura 5 – Clasto ígneo, formado pela interação de derrame com sedimento inconsolidado ou pouco consolidado.....	22
Figura 6 - Dique clástico no Passo do Moinho.....	23
Figura 7 - Estrias de fluxo de lava sobre areias inconsolidadas. A seta indica a direção de fluxo .....	24
Figura 8 - Mapa geológico das áreas dos afloramentos Passo do Moinho e Fervor, região sudoeste de Santana da Boa Vista.....	25
Figura 9 – Fotomicrografias a nicois paralelos - LN (direita) e perpendiculares - NC (esquerda). A) Textura glomeroporfírica; B) Fenocristal de plagioclásio (seta) em matriz fanerítica muito fina; C) Augita (seta); D) Minerais opacos euédricos (seta).....	26
Figura 10 - Fotografia panorâmica da região do Fervor, com delimitações do Rodeio Velho - RV e Pedra Pintada – PP.....	27
Figura 11 - A) Lóbulos; B) Dique clástico; C) Amígdalas e vesículas alongadas, paralelas ao fluxo da lava; D) Superfície de lóbulos demarcada com dique clástico; E) Vesículas em dique clástico.....	28
Figura 12 - A) Lóbulos com interior vesiculado; B) Lóbulos; C) Superfície corrugada.....	28
Figura 13 - A) Delimitação entre derrames vulcânicos RV 01 e RV 02; B) Peperitos na base no derrame RV 02; C) Peperitos na base do derrame RV 02; D) Xenólito de rocha sedimentar com acamamento preservado.....	29
Figura 14 - A) Visão geral do afloramento com delimitação entre RV 01 e RV 02, por PP 01; B) Arenitos eólicos; C) Contato entre rochas sedimentares e vulcânicas, com restrita interação vulcano-sedimentar.....	30
Figura 15 - A) Base de derrame vulcânico (RV 02), com depósito sedimentar (PP 01) sotoposto; B) Injeto de areia; C) Clastos vulcânicos angulosos.....	31
Figura 16 - A) Visão Geral do afloramento; B) Clastos peperíticos com morfologias mistas; C) Amígdalas de calcita posteriores aos injetitos; D) Injetitos de areia vistos em planta; E) Basalto com amígdalas de arenitos e calcita. ....	32
Figura 17 - A) Dique clástico; B) Detalhe do estreitamento do arenito (setas).....	32
Figura 18 - A) Dique clástico bifurcado; B) Enxame de diques clásticos irregularmente dispostos; C) Dique clástico orientado; D) Dique clástico subvertical.....	33
Figura 19 - Fotomicrografias: Nicois paralelos - LN (direita) e perpendiculares - NC (esquerda). A) Brechas de arenitos clásticos com preenchimento por calcedônia; B) Veio de calcita em arenitos; C)	

Minerais opacos em plano de fraqueza (seta); D) Interação vulcano-sedimentar no contato (seta)...	34
Figura 201 - A) Amígdalas alongadas com quartzo e zeolitas; B) Amígdalas com zeolitas e calcita; C) Zeolita com hábito fibro-radial; D) Amígdalas com celadonitas.....	35
Figura 21 - Fotomicrografias: Nicois paralelos - LN (direita) e perpendiculares - NC (esquerda). A) Amígdala com calcita (seta); B) Amígdalas com calcedônia e celadonita nas bordas (setas); C) Amígdala alongada com zeolita; D) Amígdalas com celadonitas (setas).....	35
Figura 22 - A) Amígdala com preenchimento por fragmentos de arenitos em matriz calcítica; B) Fragmento de arenito clástico consolidado; C) Diques clásticos e veio de calcita; D) Veios de calcita no interior de diques clásticos...	36
Figura 23 - A) Amígdala com preenchimento por arenitos, com veio alimentador (seta); B) Acamamento de arenitos; C) Amígdala com calcita e seu veio alimentador (seta); D) Zoneamento de calcita.....	37
Figura 24 - A) Estrias de fluxo de lava em arenito. A linha indica a direção do fluxo.....	37



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	11
3	JUSTIFICATIVA.....	11
4	LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO.....	12
5	MATERIAS E MÉTODOS.....	12
6	CONTEXTO GEOLÓGICO.....	17
7	ESTADO DA ARTE.....	20
8	RESULTADOS.....	24
9	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	38
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
11	REFERÊNCIAS.....	40

## 1 INTRODUÇÃO

Rochas vulcânicas, quando intercaladas a depósitos sedimentares, fornecem uma importante ferramenta à compreensão da evolução geológica de uma bacia sedimentar. No Brasil ocorrem alguns casos de deposições vulcano-sedimentares com uma quantidade razoável de estudos, como o Grupo Serra Geral, na porção superior da Bacia do Paraná (e.g. HARTMANN, 2014, WAICHEL, 2006), e outros exemplos com escassez de conhecimento, como é o caso da porção superior da Bacia do Camaquã (PETRY, 2006).

A Bacia do Camaquã situa-se na região centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, a 250 km de Porto Alegre, com principal acesso via BR-290. Aflora em quase toda a extensão central do Escudo Sul-rio-grandense, e é composta por depósitos vulcânicos e sedimentares siliciclásticos, isentos de metamorfismo regional e deformação dúctil, depositados no período pós-colisional da orogenia Brasileira Pan-Africana no sul do Brasil (e.g. FRAGOSO-CESAR, 1991; CHEMALE JR. *et al.*, 1995; PAIM *et al.*, 2000).

Os conceitos estratigráficos da Bacia do Camaquã utilizados no presente trabalho seguem a definição de Paim (1994), que adotou a subdivisão da sequência do Alossupergrupo Camaquã com base em discordâncias angulares, registros de eventos erosivos que separam as distintas fases evolutivas da bacia em cinco alogrupos: (i) Alogrupo Maricá, (ii) Alogrupo Bom Jardim, (iii) Alogrupo Cerro do Bugio, (iv) Alogrupo Santa Bárbara e (v) Alogrupo Guaritas.

O Alogrupo Guaritas, definido por Paim *et al.* (2000), com cerca de 600 metros de espessura foi o último episódio tectono-sedimentar da Bacia do Camaquã. Está subdividido em duas aloformações, da base para o topo, respectivamente: Aloformação Pedra Pintada (PAIM *et al.* 2000), caracterizada por depósitos eólicos que se intercalam com rochas vulcânicas do Membro Rodeio velho (RIBEIRO *et al.* 1966), e Aloformação Varzinha (PAIM *et al.* 2000), com fácies fluviais, lacustres e eólicas.

O Membro Rodeio Velho, definido por Ribeiro *et al.* (1966), é composto por derrames de basaltos e andesitos com pronunciada vesiculação, os quais foram

estimados em aproximadamente 100 metros de espessura, e individualizados em três principais, podendo ter camadas de arenitos intercalados de forma concordante (RIBEIRO *et al.* 1966).

O presente trabalho realizou estudos integrados de faciologia e estratigrafia das rochas vulcânicas e sedimentares do Alogrupo Guaritas, principalmente do Membro Rodeio Velho, a partir de afloramentos das regiões do Passo do Moinho, às margens do Arroio Pessegueiro e do Fervor, às margens do Rio Camaquã.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Gerais**

Este trabalho tem como objetivo geral o estudo faciológico das rochas vulcânicas e sedimentares nas redondezas do Passo do Moinho e Fervor, com enfoque nas interações vulcano-sedimentares.

### **2.2 Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho consistiram em:

- determinar a petrografia das rochas vulcânicas e sedimentares;
- determinar os tipos de interações vulcano-sedimentares na área estuda;
- estabelecer fácies para os depósitos vulcânicos e sedimentares;
- melhorar o entendimento da evolução do último evento vulcânico da Bacia do Camaquã.

## **3 JUSTIFICATIVA**

Este trabalho justifica-se pela escassez de estudos petrológicos e faciológicos nas áreas do Passo do Moinho e principalmente do Fervor. São localidades que apresentam notáveis afloramentos de rochas vulcânicas e sedimentares, assim

como o produto da interação entre as duas durante a sua colocação. O estudo das interações vulcano-sedimentares é diagnóstico da contemporaneidade na formação das rochas sedimentares e vulcânicas e contribui para o entendimento das condições paleogeográficas e paleoambientais do final da evolução da Bacia do Camaquã nesta região.

Além disso, a proximidade da área de estudo com a Unipampa e a presença nesta instituição de laboratórios para a confecção e estudo de lâminas delgadas favoreceu o desenvolvimento do presente trabalho, assim minimizando gastos.

#### **4 LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO**

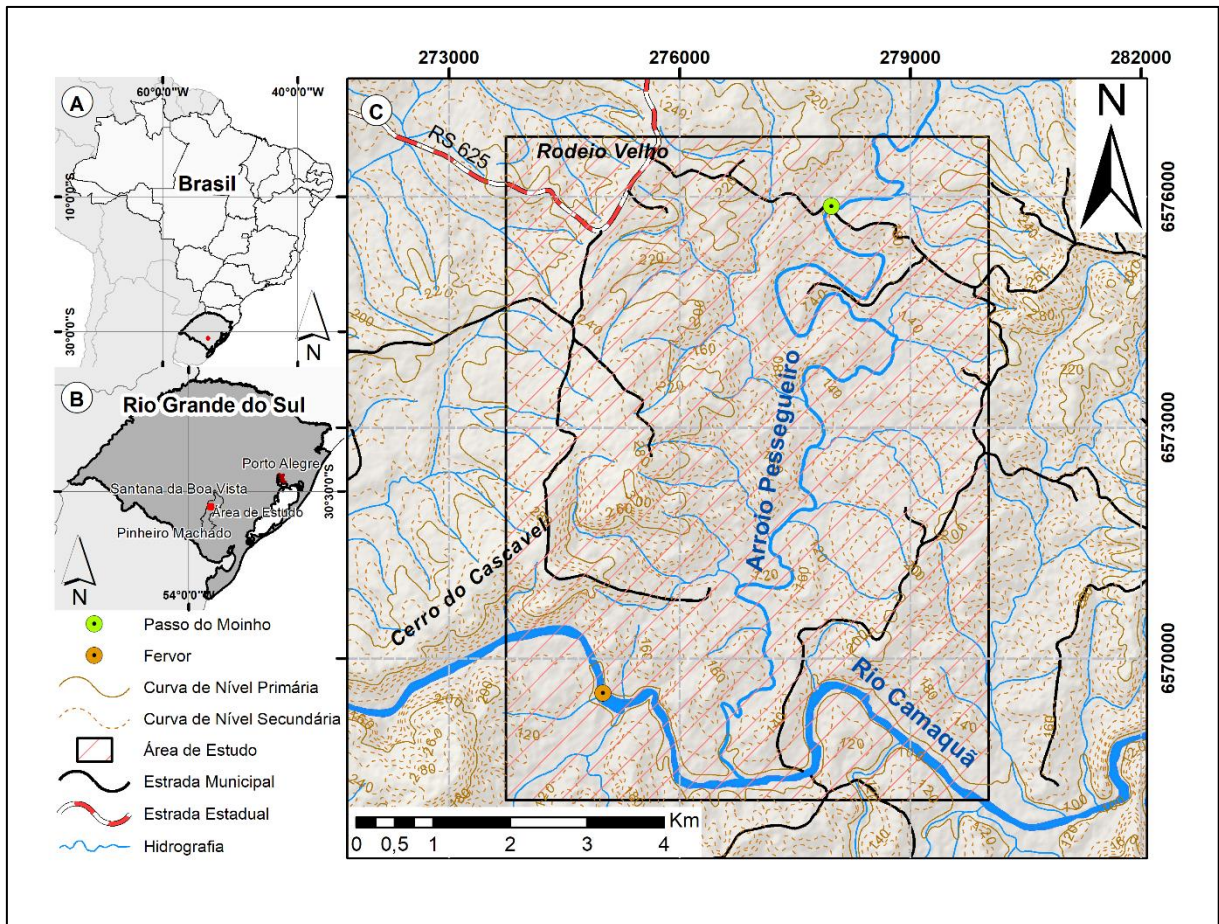
A localidade escolhida envolve uma área de aproximadamente 24 km<sup>2</sup>, as margens do arroio Pessegueiro até sua foz no Rio Camaquã, sudoeste do município de Santana da Boa Vista. Partindo de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, por meio da BR-290, segue-se por aproximadamente 215 km até o entroncamento com a BR-153. A partir desta, segue-se ao sul por 25 km até a BR-392 e depois por mais 40 km até o entroncamento com a RS-625. Nesta RS percorre-se cerca de 25 km até as estradas municipais que dão acesso dos afloramentos Fervor e Passo do Moinho (Fig. 1). O acesso a partir de Caçapava do Sul é realizado via BR-392, por 15 km até o entroncamento com a BR 153, onde a partir dessa, o caminho torna-se em comum com aquele via Porto Alegre.

#### **5 MATERIAS E MÉTODOS**

Este trabalho teve seu desenvolvimento por meio dos materiais e métodos apresentados a seguir:

- Revisão bibliográfica;
- Sensoriamento remoto;
- Trabalho de campo;
- Estudos petrográficos;
- Faciologia dos depósitos vulcânicos e sedimentares.

Figura 2- Mapa: A) Situação; B) Localização; C) Detalhe.



Fonte: base cartográfica extraída e modificada de Hasenack & Weber (2010).

## 5.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica permitiu o embasamento teórico sobre os temas envolvidos no presente trabalho, onde foram realizadas leituras de trabalhos como artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertação de mestrado e tese de doutorado que referem-se ao estudo da faciologia de rochas vulcânicas e sedimentares, além de estudos específicos sobre as feições geradas com a interação vulcano-sedimentar.

## 5.2 Sensoriamento remoto

A aerofotogeologia possibilitou a interpretação geológica das imagens de sensores remotos, obtendo reconhecimento prévio da área de estudo. A técnica

abordada compreendeu a utilização do estereoscópio para análise das fotografias do acervo digital da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), em escala 1:25.000. O estereoscópio permitiu a sobreposição de duas fotografias, em razão das lentes binoculares combinadas com ângulos levemente diferentes das imagens, assim obtendo-se a visualização em terceira dimensão, possibilitando-se notar aspectos geomorfológicos, litológicos, estruturais, estratigráficos, exposições rochosas, drenagens, vegetação etc.

### **5.3 Trabalho de campo**

O trabalho de campo foi uma das mais importantes ferramentas para o desenvolvimento deste estudo. Foi utilizado um aparelho GPS (*Global Positioning System*) para a localização geográfica da área e demarcação dos pontos, marreta e martelo para a coleta de amostras e sacos plásticos identificados para armazená-las. Além disso, foram feitas fotografias de afloramentos e amostras para registro e interpretação e bússola devidamente declinada para obtenção de dados estruturais.

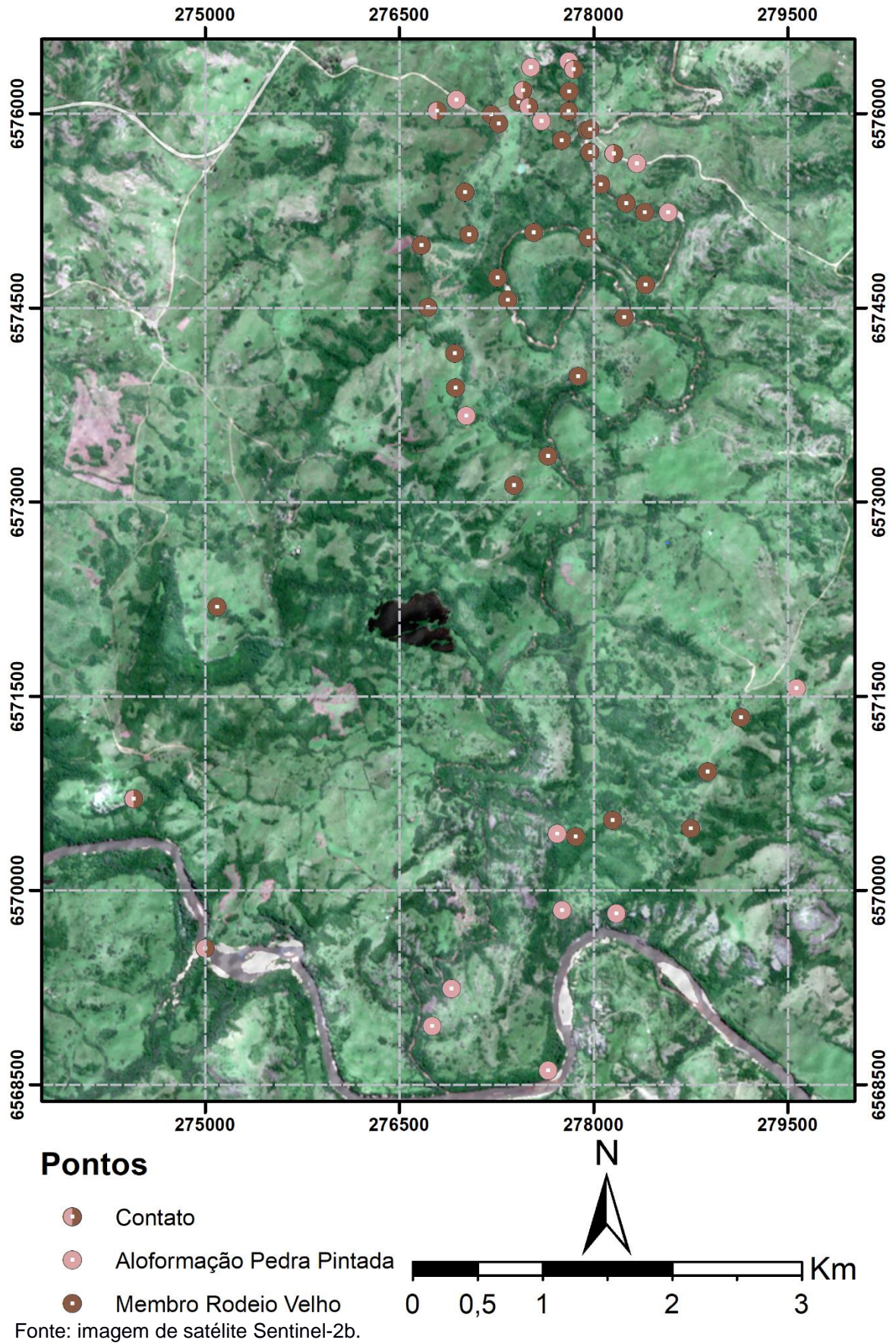
Foram realizados 4 dias de campo, gerando um total de 54 pontos georreferenciados, descritos e fotografados, conforme observa-se na figura 2. As informações coletadas foram organizadas em um banco de dados. Foram realizados perfis perpendiculares as principais estruturas e afloramentos identificados na etapa de aerofotogeologia (Fig. 2). Foram coletadas amostras de rochas representativas de todos os pontos, buscando as menores alterações possíveis. Destas amostras foram selecionadas 17 para confecção de lâminas petrográficas, todas com simbologia do Projeto Rodeio Velho (PRV).

### **5.4 Estudos petrográficos**

Para a classificação dos litotipos encontrados, foram realizados estudos petrográficos macroscópicos e microscópicos. O teor de cálcio (An) dos plagioclásios foi determinado pelo método de Michel Levy.



Figura 3- Mapa de pontos.



No estudo macroscópico, as amostras coletadas em campo foram descritas com o auxílio de uma lupa de mão com aumento de 10 vezes e uma lupa binocular de mesa com aumento de 20 e 40 vezes. A descrição microscópica das lâminas delgadas ocorreu através do microscópio petrográfico da marca Carl Zeiss, modelo AxioLab A1, com aumento de 50, 100, 200 e 500 vezes, de propriedade da UNIPAMPA.

As análises petrográficas foram feitas de forma descritiva, qualitativa e quantitativa objetivando melhor detalhamento mineralógico dos litotipos presentes na área mapeada, tendo em vista a integração de dados macroscópicos com microscópicos.

## **5.5 Faciologia dos depósitos vulcânicos e sedimentares**

A arquitetura de fácies é uma ferramenta de investigação que auxilia na análise do preenchimento das bacias sedimentares, determinando padrões de empilhamento vertical. O preenchimento depende de diversos fatores, como: variações na eustasia, taxas de subsidência, aporte sedimentar, ambiente sedimentar, entre outros. O estudo de fácies é, em maior parte, aplicado para rochas sedimentares, porém aplicada ao estudo de rochas vulcânicas difere em alguns aspectos, sendo fundamentada pelas periodicidades das erupções e fatores reológicos do magma.

Na área estudada, a faciologia dos derrames básicos pôde ser distinguida com base nas feições de superfície e estruturas dos derrames pahoehoe e a'a':

- Derrames pahoehoe: são derrames que apresentam características mais fluídas gerando superfícies de lava em corda, lóbulos e dedos de lava (MACDONALD, 1953; AUBELE *et al.*, 1988);
- Derrames a'a': apresentam características mais viscosas, com derrames mais espessos e quebradiços, com aspecto de "torrões" (MACDONALD, 1953; KILBURN, 1990).



## 6 CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do Camaquã vem sendo revisada por se tratar de um importante registro geológico, tendo elevado grau de preservação, exposição e potencial metalogenético, de aproximadamente 10.000 metros de espessura (PAIM; LOPES; CHEMALE Jr., 1995). Suas unidades estão orientadas em geral NE-SW (Fig. 3-B). A Bacia está situada na região centro-oeste do Escudo Sul-rio-grandense, o qual de acordo com Chemale Jr. (2000) é compartimentado em quatro unidades geotectônicas: Terreno Taquarembó, Terreno São Gabriel, Terreno Tijucas e Batólito de Pelotas (Fig. 3-A).

Segundo Paim *et al.* (2000), a Bacia do Camaquã é uma bacia molássica vinculada ao sistema de bacias tardi- à pós-tectônicas, do ciclo orogênico Brasileiro/Pan-africano, com lócus deposicional ocorrido no Neoproterozoico, de 630 Ma (BORBA *et al.*, 2008) à 547 Ma (ALMEIDA *et al.*, 2012).

As depressões pós-tectônicas foram originadas em quatro pulsos tectônicos e preenchidas por associações vulcano-sedimentares consecutivas (PAIM *et al.*, 2000), distribuindo-se em discordâncias angulares e ciclos vulcânicos de assinaturas distintas, subdivididas em cinco sub-bacias: (i) Sub-bacia Piquirí/Arroio Boicí, (ii) Sub-bacia Guaritas, (iii) Sub-bacia Santa Bárbara, (iv) Sub-bacia Ramada, (v) Sub-bacia Taquarembó. (PAIM *et al.*, 2014).

Os conceitos adotados atualmente para a Bacia do Camaquã foram definidos por Paim (1994). As unidades são delimitadas por aloestratigrafia determinada por hiatos temporais e suas descontinuidades, desta maneira, ao se subdividir o Alosupergrupo Camaquã da base para o topo, respectivamente, ocorrem os seguintes alogrupos: Alogrupo Maricá (dominantemente marinho), Alogrupo Bom Jardim (vulcano-sedimentar, com ambientes lacustres de influência marinha), Alogrupo Santa Bárbara (vulcano-sedimentar, com ambientes fluviais), Alogrupo Guaritas (vulcano-sedimentar, com ambientes totalmente continentais; SANTOS, 2010).

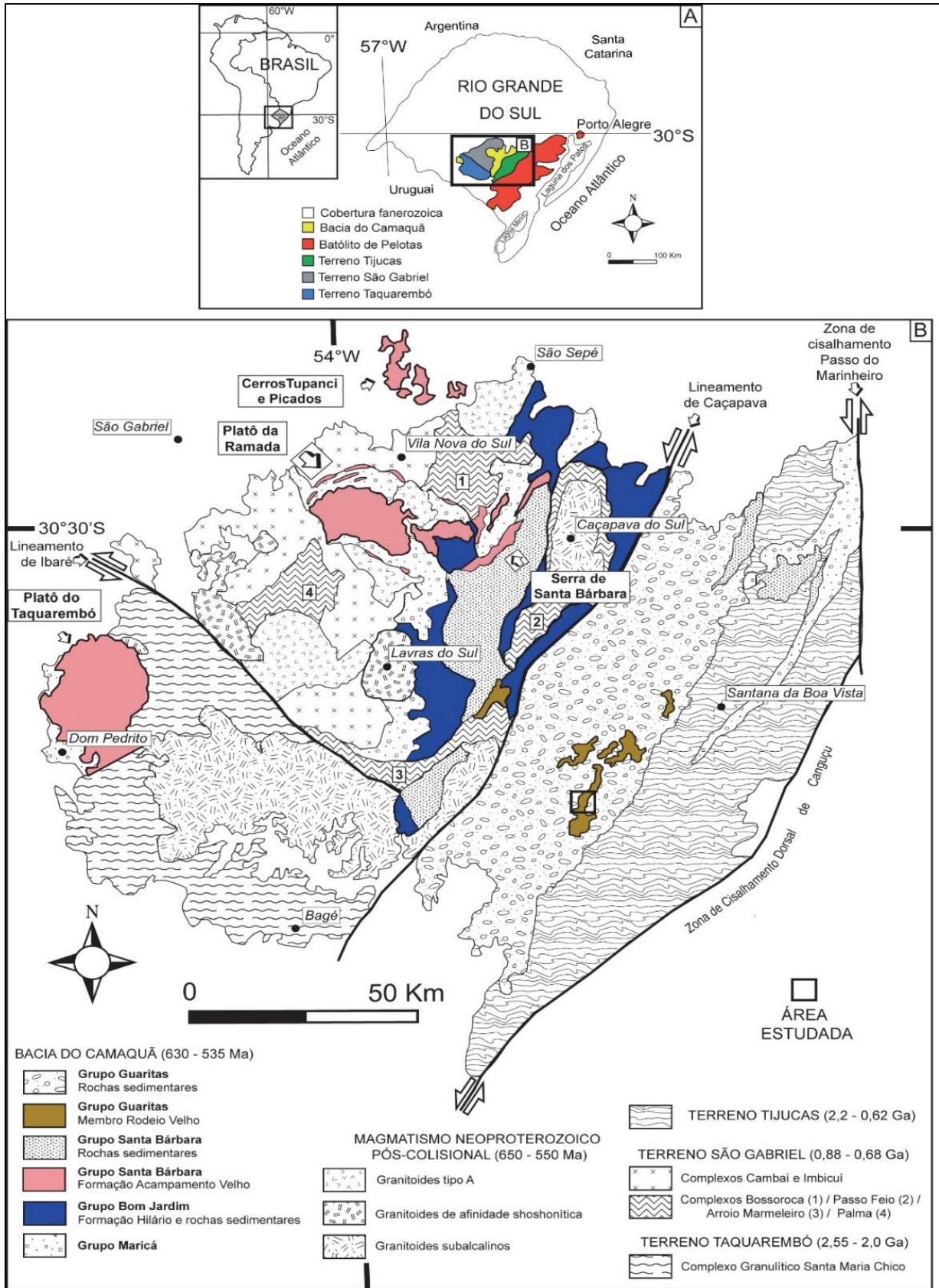
O Alogrupo Guaritas, segundo Paim *et al.* (1995) é o último episódio tectono-sedimentar da Bacia do Camaquã, subdividido em duas unidades por

desconformidade de mudança climática drástica: (i) Aloformação Pedra Pintada: formada por depósitos eólicos, tendo áreas entre dunas caracterizadas por eventos erosivos de condições secas e úmidas e estratos intercalados com rochas vulcânicas do Membro Rodeio Velho (RIBEIRO *et al.*, 1966). (ii) Aloformação Varzinha: fácies fluviais, lacustres e eólicas restritas (PAIM *et al.*, 1995).

Conforme Ribeiro *et al.* (1966), o Membro Rodeio velho é composto por derrames de basaltos e andesitos com abundantes vesículas alongadas. A parte superior dos derrames é fortemente alterada, com cores avermelhadas e com algumas superfícies de derrames ondulados. Estas lavas foram estimadas em aproximadamente cem metros de espessura e individualizadas em três derrames principais, incluindo camadas de arenitos intercalados de forma concordante (RIBEIRO *et al.*, 1966).

Segundo idades geocronológicas de Almeida *et al.* (2012), obtidas através de U- Pb em zircões do Membro Rodeio Velho, por ablação a laser, possui  $547 \pm 6,3$  Ma. O vulcanismo pertence ao último ciclo magmático no preenchimento da Bacia do Camaquã e mostra interação vulcano-sedimentar com a Aloformação Pedra Pintada. O magmatismo oriundo do *locus* tadio de geração térmica possivelmente gerou mineralizações de minério nas Minas do Camaquã através de soluções hidrotérmicas (ALMEIDA *et al.*, 2000).

**Figura 4** - A) Localização e compartimentação geotectônica do Escudo Sul-rio-grandense; B) Contexto geológico regional e localização da área estudada.



Fonte: A) modificado de Hartmann et al. (2007); B) modificado de Paim et al. (2000); Wildner et al. (2002); Lima et al. (2007).

## 7 ESTADO DA ARTE

Este capítulo aborda um resumo dos conceitos que envolvem o estudo das interações entre lava e sedimentos e suas feições.

### 7.1 Interações vulcano-sedimentares

As interações vulcano-sedimentares acontecem à medida em que a lava avança sobre o ambiente deposicional, ativo ou recentemente depositado, gerando feições que caracterizam grande relação de contemporaneidade.

Os dois principais protagonistas das interações vulcano-sedimentares são a lava e o sedimento. Para tanto, é necessário algumas condições e situações para que haja evidências destas interações. Em relação a lava, as principais variáveis dependentes são a temperatura, o conteúdo de voláteis e a viscosidade. Em relação aos sedimentos, as variáveis necessárias são a granulometria, o nível de litificação, a presença de água e a geometria do leito deposicional. Somente com o entendimento destes fatores é possível entender o controle sobre as feições das interações vulcano-sedimentares geradas em um evento específico (JERRAM & STOLLOFEN, 2002). A ocorrência de interações vulcano-sedimentares sem a presença de água é possível desde que o derrame possua características de alta fragmentação, como o que ocorre em derrames a'a', onde a mistura entre lava e sedimento é facilitada pela maior área de contato disponível da lava (JERRAM & STOLLOFEN, 2002).

A seguir são apresentadas as descrições e definições das principais feições geradas a partir da interação lava-sedimento:

- **peperitos:** trata-se de um termo genético (BROOKS *et al.*, 1982, WHITE *et al.*, 2000, SKILLING *et al.*, 2002), utilizado para caracterizar rochas formadas através de mistura *in situ* (JERRAM & STOLLOFEN, 2002), entre lava e sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados, normalmente úmidos. Um exemplo desta feição encontrada no Grupo Serra Geral é apresentado na figura 4.

- **Figura 4** - Peperitos em Torres, mostrando clastos de basalto em matriz de areia.



Fonte: extraído de Petry (2006).

- **clastos ígneos:** são fragmentos de rochas vulcânicas que por possuírem contrastes entre suas densidades acabam imersos nos sedimentos formando a rocha peperito (Fig. 5). Por este motivo, muitas vezes, os clastos apresentam texturas similares a lava que lhes deu origem (SKILLING *et al.*, 2002). Os clastos são configurados por diversos fatores determinantes: reologia da lava e do sedimento, conteúdo de voláteis da lava, permeabilidade e estruturação do sedimento, volumes de lava e sedimento, fluxo da lava e velocidade de injeção, a qual diminui com o resfriamento do magma (SKILLING *et al.*, 2002). Os clastos normalmente aumentam a quantidade e diminuem seus tamanhos em direção a fonte de emissão magmática (SKILLING *et al.*, 2002).



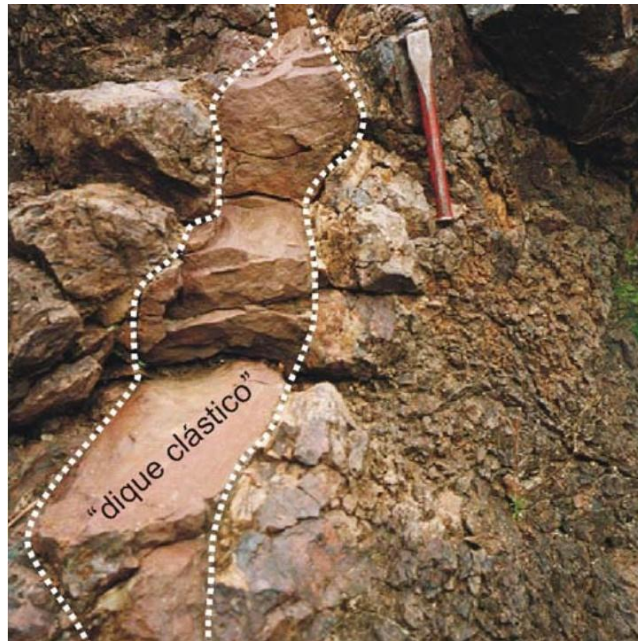
- Figura 5 – Clasto ígneo, formado pela interação de derrame com sedimento inconsolidado ou pouco consolidado.



Fonte: extraído de Jerram & Stollhofen (2002).

- **xenólitos de rocha sedimentar:** o termo xenólito normalmente é aplicado para definir fragmentos de rocha encaixante que são englobados pela intrusão de rochas plutônicas de grande extensão (JERRAM & STOLLOFEN, 2002). Entretanto, o termo também se aplica para rochas vulcânicas onde pode ocorrer desprendimento de fragmentos sedimentares litificados devido ao fluxo de lava viscosa com grande poder de tração. Os xenólitos apresentam características da sedimentação primária com bordas corrugadas e oriundas da interação vulcano-sedimentar.
- **diques clásticos:** são estruturas secundárias encontradas de forma discordante ao pacote em que estão inseridas, sendo o preenchimento realizado em plano de fraqueza ou fratura por arenitos clásticos inconsolidados, que por conta da alta temperatura litificam-se e originam uma rocha coesa (Fig. 6; PETRY, 2006).

**Figura 6** - Dique clástico no Passo do Moinho.



Fonte: extraído de Petry (2006).

- **estrias por fluxo de lava:** a lava ao fluir sobre sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados pode deixar marcas abrasivas de contato, sendo denominadas estrias. São estrias subparalelas, pouco espaçadas entre si (<1 cm) e pouco profundas ( $\pm 1$  mm), indicando a direção do fluxo (Fig. 7), contudo sem indicar seu sentido (JERRAM & STOLLHOFEN, 2002; SCHERER, 2002).

**Figura 7** - Estrias de fluxo de lava sobre areias inconsolidadas. A seta indica a direção de fluxo.



Fonte: extraído e modificado de Jerram & Stollhofen (2002).

## 8 RESULTADOS

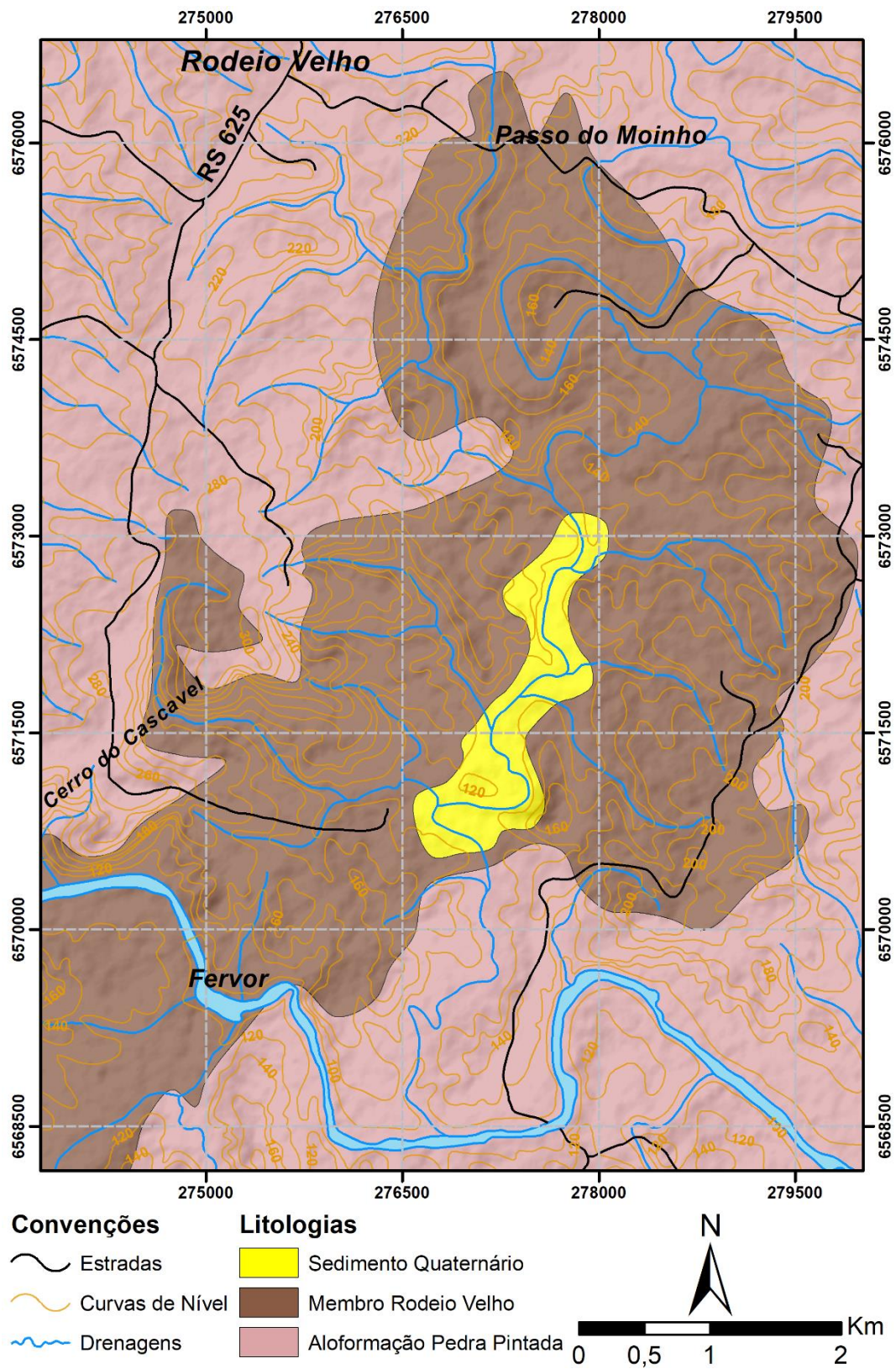
Abaixo são apresentados os resultados obtidos através da análise macroscópica, de aspectos vistos em campo e de amostras de mão e microscópica, a partir de dados obtidos pela análise de lâminas delgadas.

A geologia das regiões do Passo do Moinho e do Fervor, assim como suas áreas adjacentes, é caracterizada por rochas vulcânicas aflorantes de maneira mais restrita do que descrito na bibliografia (e.g. TONIOLO *et al.*, 2007). O relevo é constituído por coxilhas, com escassa exposição de rochas *in situ*, além de ser parcialmente encoberto por sedimentos quaternários que circundam o Arroio Pessegueiro (Fig. 8). Nas áreas onde ocorrem solos oriundos da alteração das rochas vulcânicas, nota-se uma vegetação mais exuberante do que naquelas decorrentes do intemperismo das rochas sedimentares, devido a presença de minerais ferro-magnesianos que nutrem a vegetação.

A separação de fácies litológicas foi determinada, principalmente, observando-se feições de superfície e base dos derrames vulcânicos, principalmente padrões de vesiculação no topo e formação de peperitos na base, assim como a ocorrência de depósitos sedimentares.



**Figura 8** - Mapa geológico das áreas dos afloramentos Passo do Moinho e Fervor, região sudoeste de Santana da Boa Vista.

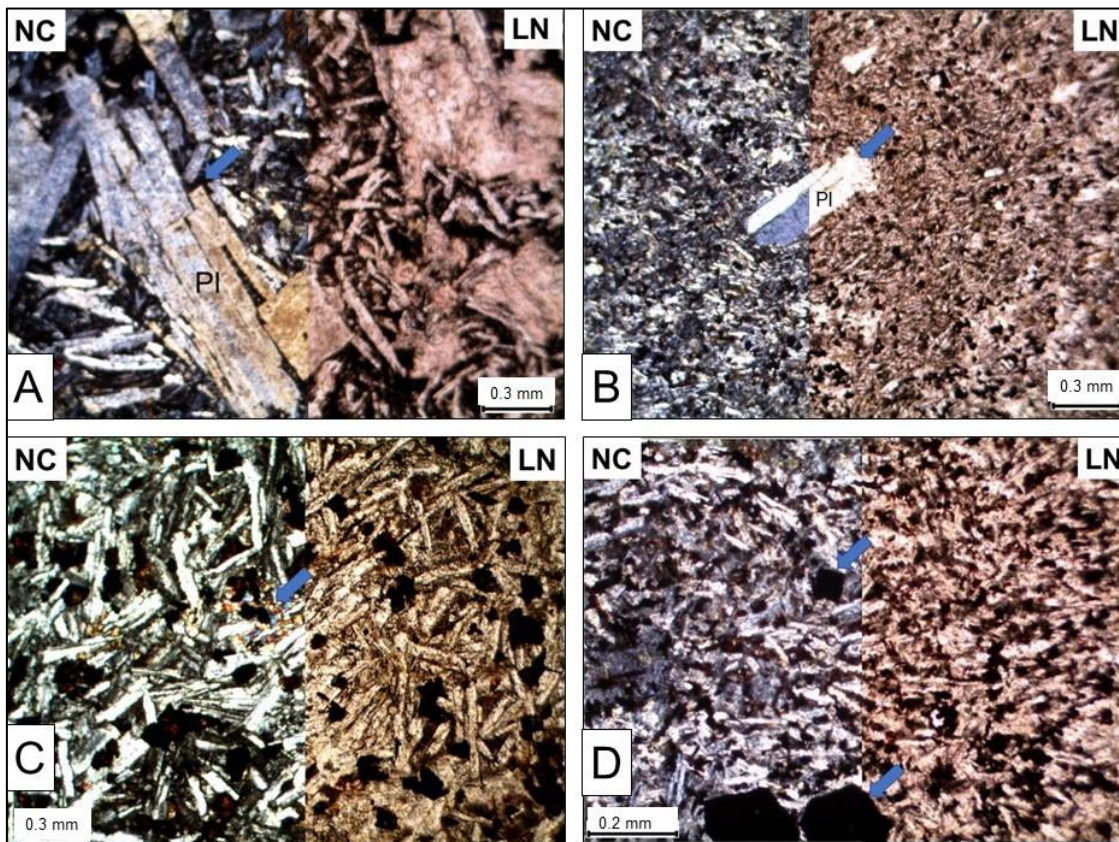


Fonte: base cartográfica extraída e modificada de Hasenack & Weber (2010).



De modo geral, as rochas vulcânicas do Passo do Moinho e do Fervor geralmente são porfíricas, em uma matriz afanítica a fanerítica fina (Fig. 9). Ao microscópico, ocorrem fenocristais euédricos a subédricos de plagioclásio ( $An_{30-35}$ ), por vezes sericitizados. Totalizando aproximadamente 60%, considerando fenocristais e matriz (Fig. 9-B). Augita ocorre perfazendo em torno de 12% da rocha (Fig. 9-C), olivina (alterada para idingsita), compõe 10%, minerais opacos, por vezes euédricos somam 10% (possivelmente óxidos e/ou sulfetos; Fig. 9-D) e clorita e calcita ocorrem como minerais de alteração, em torno de 5% da rocha. Localmente essas rochas possuem textura glomeroporfírica (Fig. 9-A). São rochas hipocristalinas, com textura pilotaxítica e ofítica, em casos mais raros. Nas porções de borda de derrame são afíricas e com grande quantidade de vesículas.

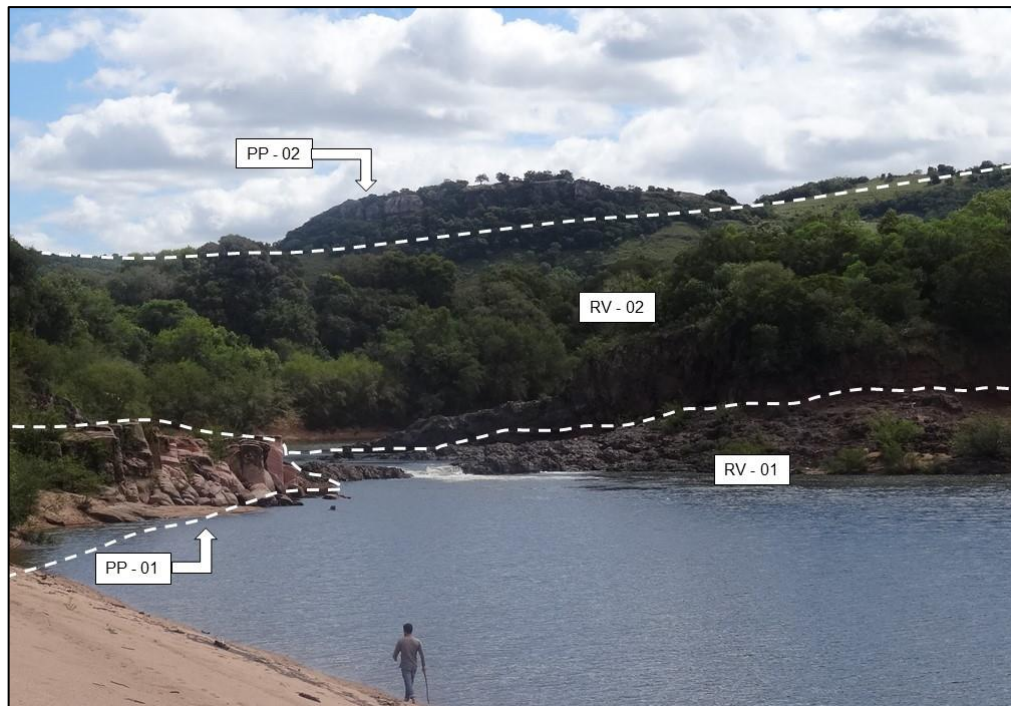
**Figura 9** – Fotomicrografias a nicóis paralelos - LN (direita) e perpendiculares - NC (esquerda). A) Textura glomeroporfírica; B) Fenocristal de plagioclásio (seta) em matriz fanerítica muito fina; C) Augita (seta); D) Minerais opacos euédricos (seta).



Fonte: autor.

No afloramento Fervor (Fig. 10), ocorre a seguinte ordem cronológica de eventos: geração do derrame RV 01, seguido pela formação de um depósito de pequena espessura (~5 metros) de rochas sedimentares PP 01 (arenitos bem selecionados). Posteriormente ocorreu outro derrame (RV 02) e por último, outra camada sedimentar, de natureza arenítica a conglomerática (PP 02).

**Figura 10** - Fotografia panorâmica da região do Fervor, com delimitações do Rodeio Velho - RV e Pedra Pintada – PP.



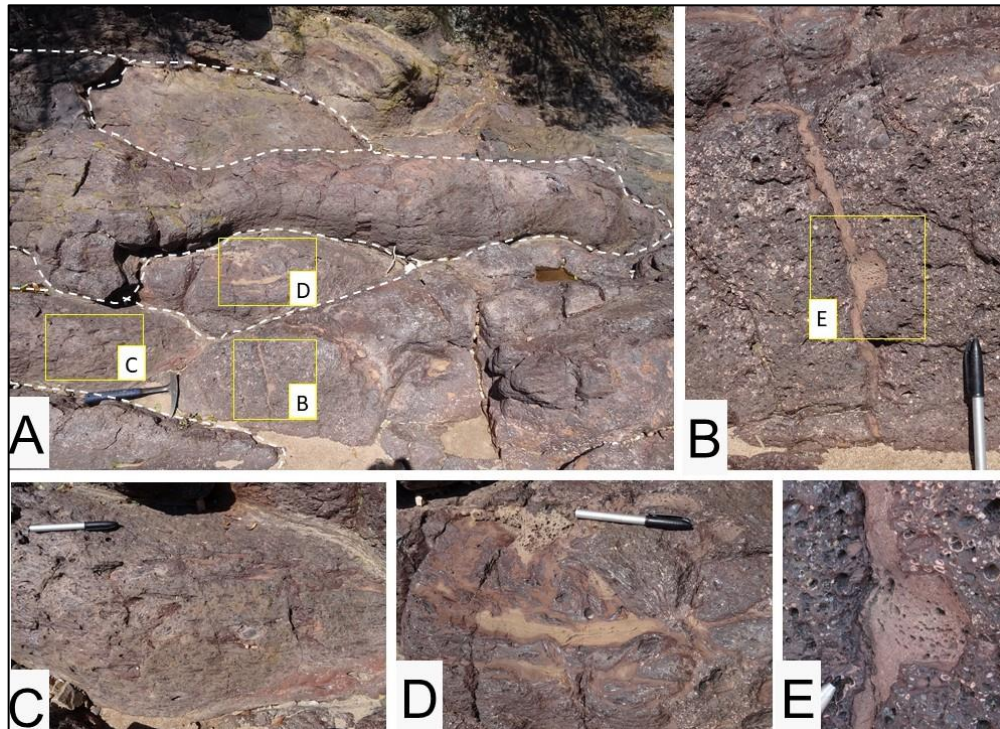
Fonte: autor.

As rochas vulcânicas ocorrem na forma de pequenos derrames com espessura decimétrica a métrica, compostos em parte por lóbulos (Figs. 11-A, 12A e 12B) e dedos de lava. Devido ao movimento e rápido resfriamento da borda dos lóbulos, eventualmente estes causaram o aprisionamento de gases em seu interior (Fig. 12-A). Eventualmente apresentam vesículas alongadas, paralelas a direção de fluxo da lava (Fig. 11-C).

Notam-se recorrentes interações vulcano-sedimentares, evidenciadas pelo preenchimento por arenitos clásticos em reentrâncias da rocha (Fig. 11-D) e diques clásticos discordantes (Fig. 11-B), os quais apresentam vesículas em seu interior denotando a percolação de uma quantidade considerável de voláteis durante as interações (Fig. 11-E). Localmente observam-se estruturas corrugadas, indicativas de superfície de resfriamento rápido (Fig. 12-C).

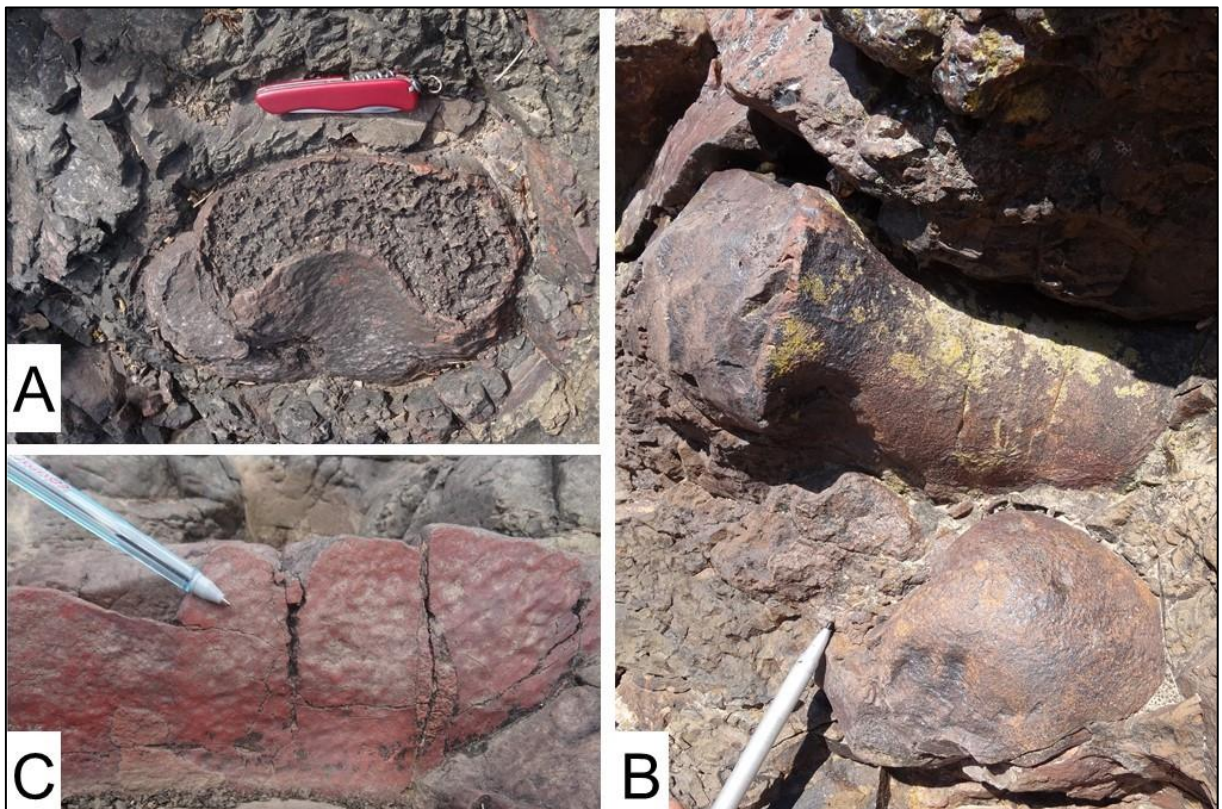


**Figura 11** - A) Lóbulos; B) Dique clástico; C) Amígdalas e vesículas alongadas, paralelas ao fluxo da lava; D) Superfície de lóbulos demarcada com dique clástico; E) Vesículas em dique clástico.



Fonte: autor.

**Figura 12** - A) Lóbulos com interior vesiculado; B) Lóbulos; C) Superfície corrugada.

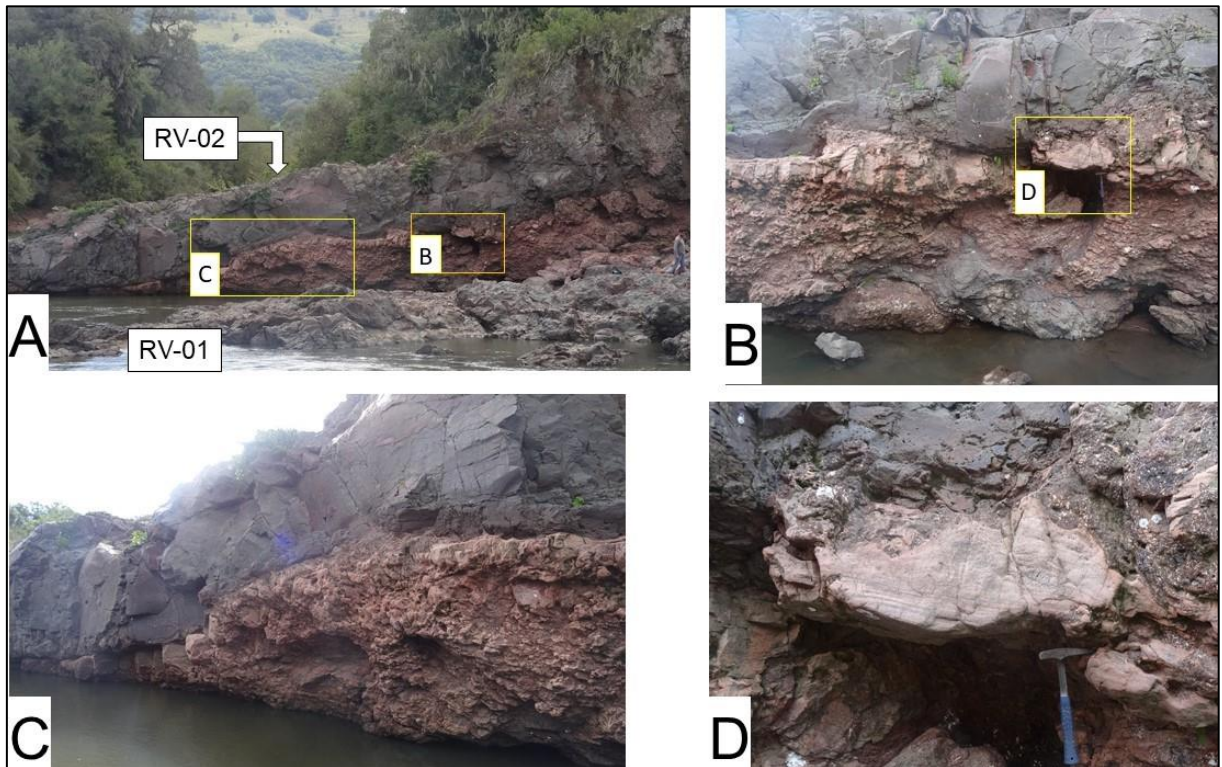


Fonte: autor.



A delimitação entre derrames vulcânicos normalmente ocorre na presença de peperitos (Figs. 13-A e C). Xenólitos de rocha sedimentar eventualmente ocorrem em meio a peperitos (Fig. 13-B), evidenciando um grande poder de tração da lava ao fluir, mas que mesmo assim permitiu que fosse preservado o acamamento sedimentar (Fig.13-D).

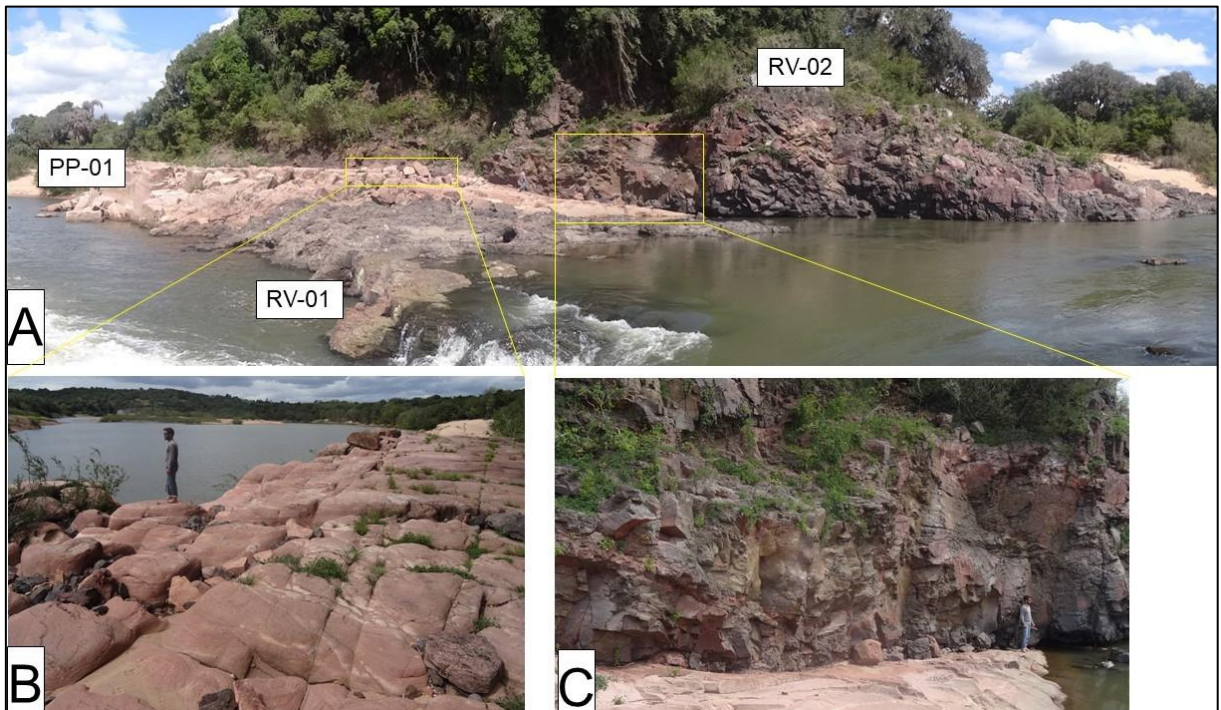
**Figura 13** - A) Delimitação entre derrames vulcânicos RV 01 e RV 02; B) Peperitos na base no derrame RV 02; C) Peperitos na base do derrame RV 02; D) Xenólito de arenito, com acamamento preservado.



Fonte: Autor.

Ocorrem situações em que a interação vulcano-sedimentar se dá de maneira bastante sutil (Figs. 14 A, B e C), possivelmente porque os sedimentos estavam mais consolidados, desta forma, não favorecendo a formação de peperitos (BROOKS *et al.* 1982, WHITE *et al.* 2000, SKILLING *et al.* 2002).

**Figura 14** - A) Visão geral do afloramento com delimitação entre RV 01 e RV 02, por PP 01; B) Arenitos eólicos; C) Contato entre rochas sedimentares e vulcânicas, com restrita interação vulcano-sedimentar.



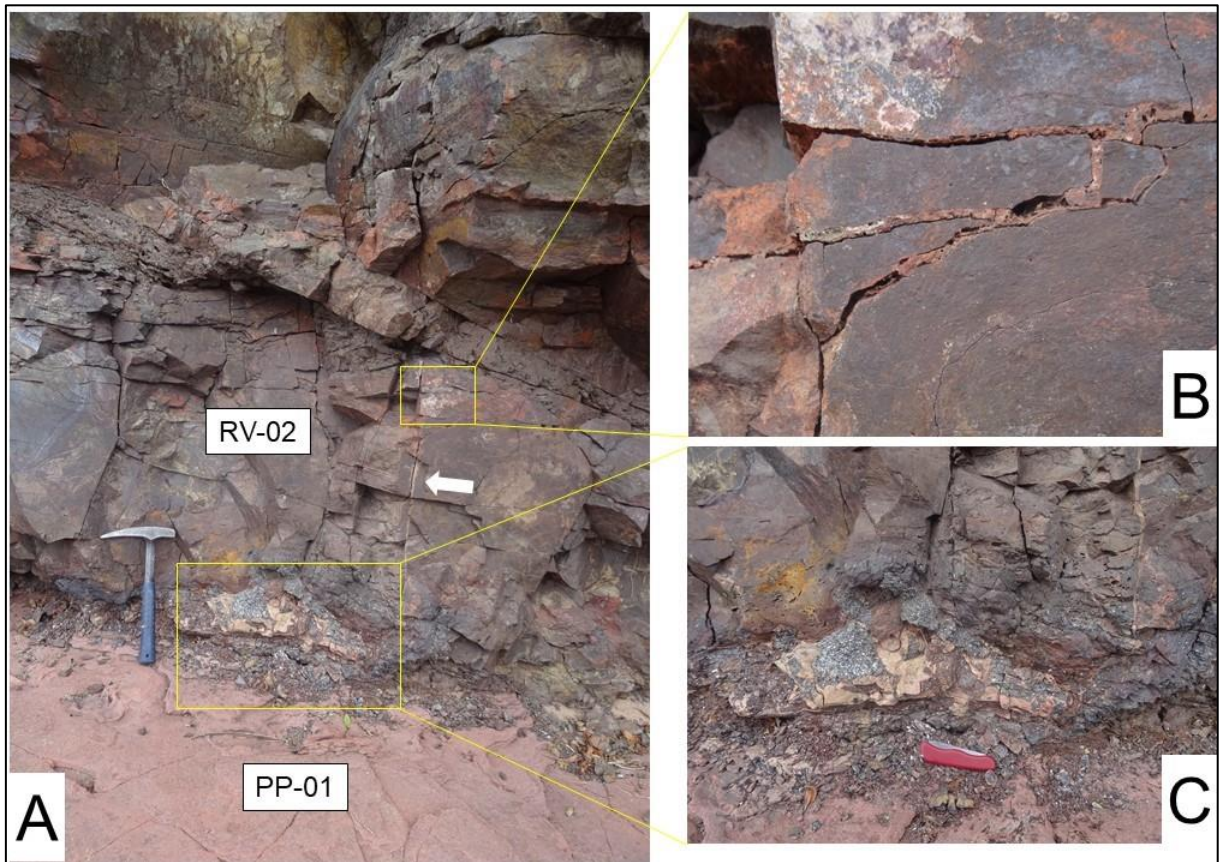
Fonte: autor.

Segundo Skilling *et al.* (2002), os peperitos são configurados geometricamente de acordo com um conjunto de fatores, que no caso das figuras 15-A, B e C, a pequena interação vulcano-sedimentar gerou

Localmente os peperitos ocorrem na forma de clastos de rochas vulcânicas com morfologia angulosa (Figs. 15-A e C), relacionados a fratura preenchidas por injetitos de areia (Fig. 15-B).



**Figura 15** - A) Base de derrame vulcânico (RV 02), com depósito sedimentar (PP 01) sotoposto; B) Injeção de areia; C) Clastos vulcânicos angulosos.



Fonte: autor.

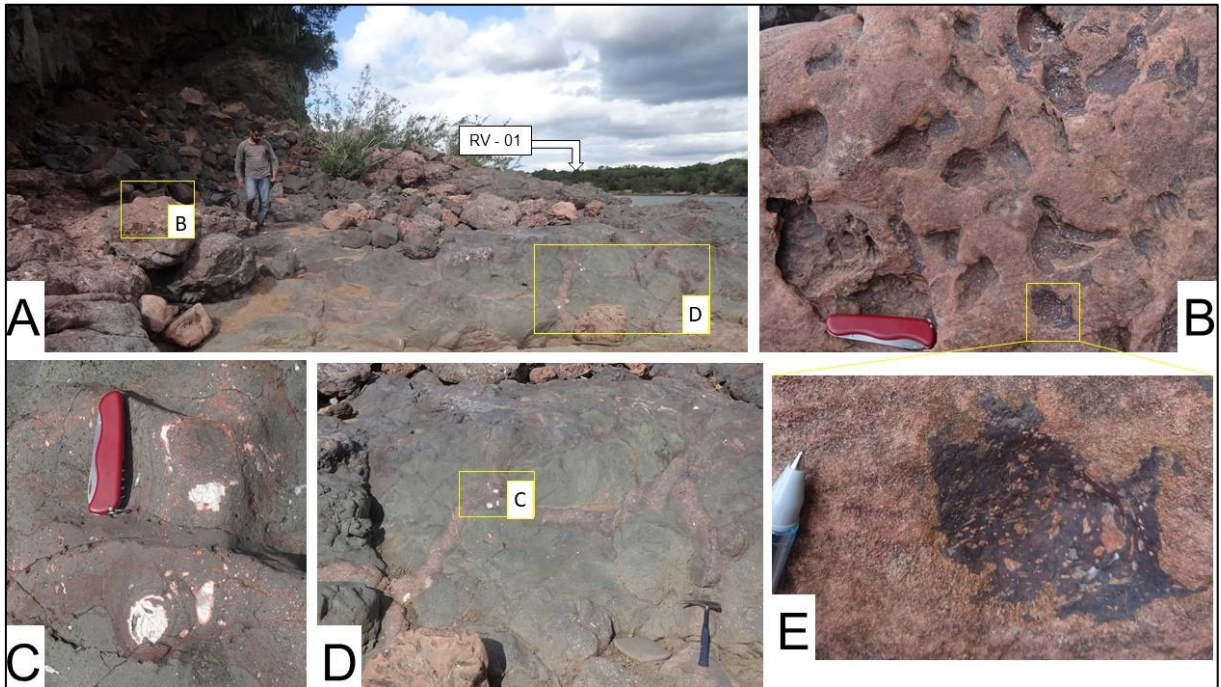
Uma das principais interações vulcano-sedimentares registradas nas regiões do Passo do Moimho e do Fervor são os diques clásticos (injetitos), normalmente marcados pela fluidização e posterior litificação de sedimento tamanho areia. Nas figuras 16 e 18 observam-se uma ampla ocorrência desse tipo de interação, as vezes com formas ramificadas. No interior dos diques de areia ocorreram amígdalas de calcita (Fig. 16-C), apontando um preenchimento após injeção de diques clásticos, onde vesículas foram preenchidas pela percolação de líquidos carbonáticos. Estes fluidos poderiam ser provenientes da fusão parcial de sedimentos.

Clastos ígneos também ocorrem e possuem textura semelhante ao magma de origem, com grande quantidade de amígdalas, na maior parte, preenchidas por arenitos clásticos (Fig. 16-B e E), porém algumas por calcita.



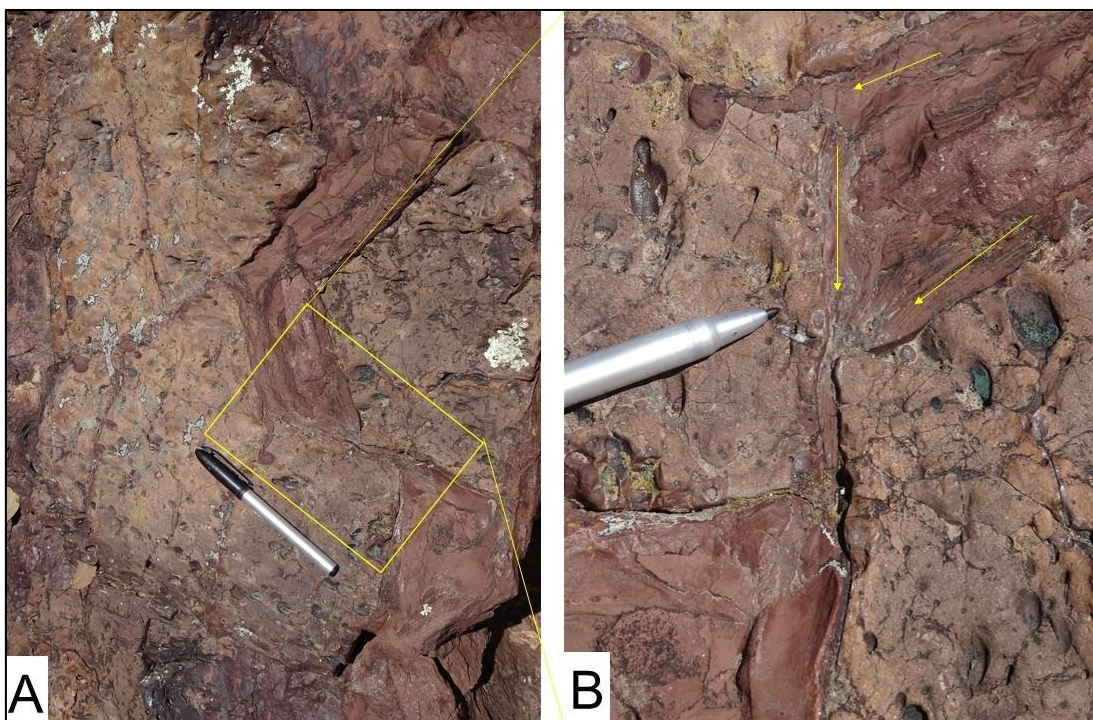
Localmente, o comportamento fluido de arenitos clásticos ricos em voláteis, causa falsos estratos (setas) ao ocorrer estreitamento em fratura (Fig. 17).

**Figura 16** - A) Visão Geral do afloramento; B) Clastos peperíticos com morfologias mistas; C) Amígdalas de calcita posteriores aos injetitos; D) Injetitos de areia vistos em planta; E) Basalto com amígdalas de arenitos clásticos e calcita.



Fonte: autor.

**Figura 17** - A) Dique clástico; B) Detalhe do estreitamento do arenito (setas).

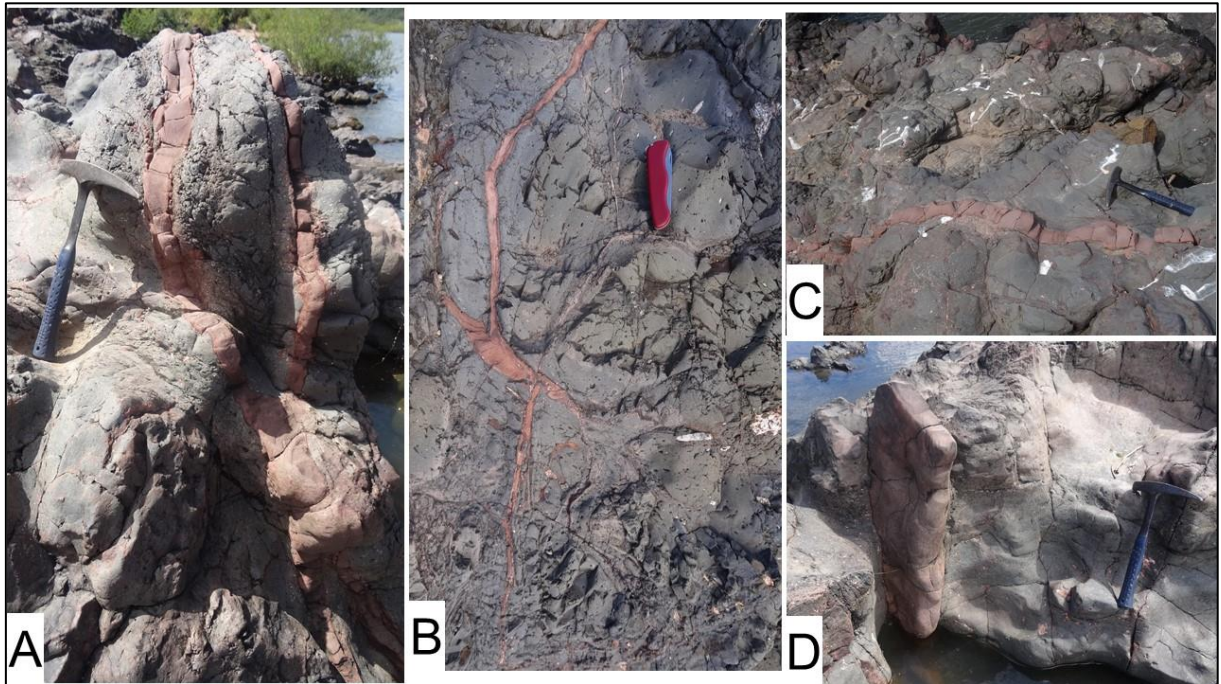


Fonte:

autor.



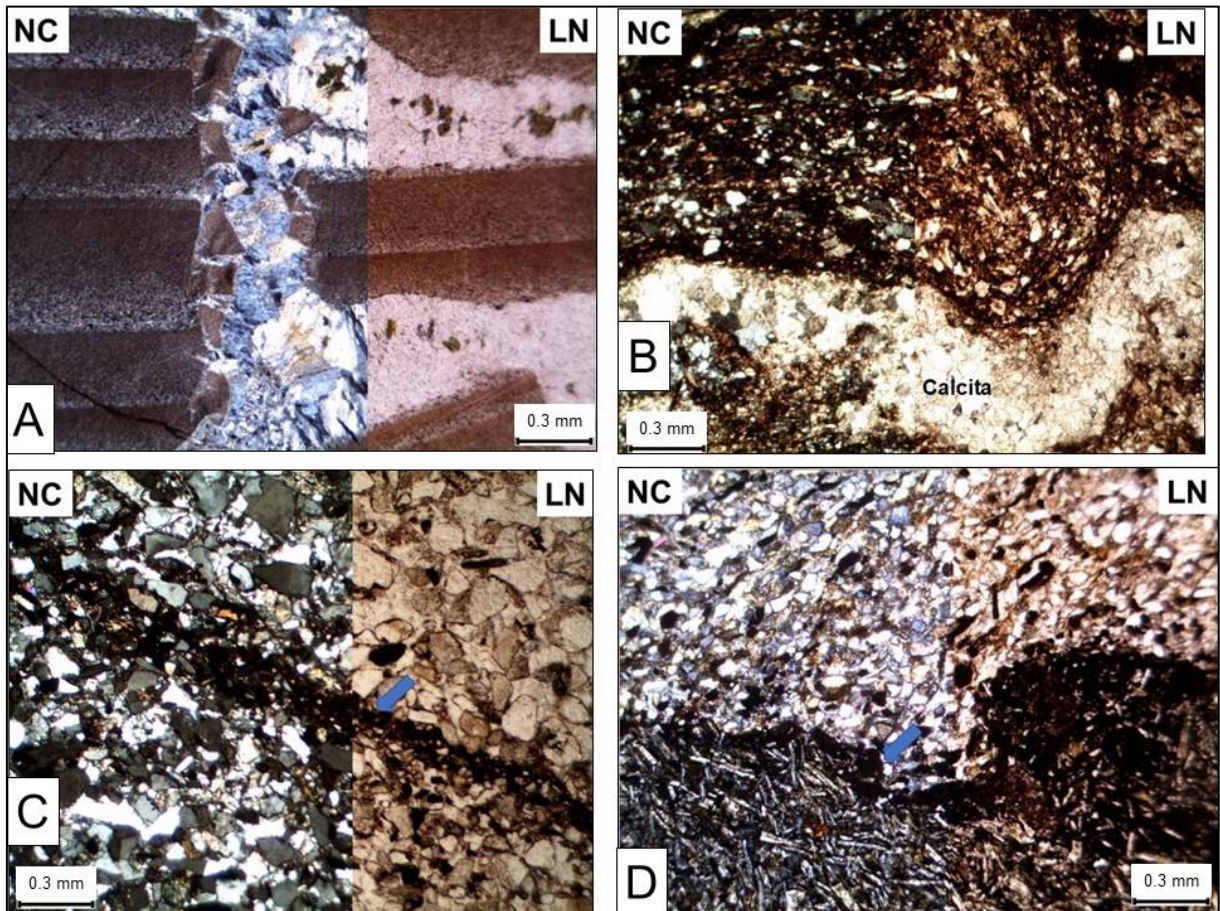
**Figura 18** - A) Dique clástico bifurcado; B) Enxame de diques clásticos irregularmente dispostos; C) Dique clástico orientado; D) Dique clástico subvertical.



Fonte: autor.

As feições de interação vulcano-sedimentar são vistas em maior detalhe em lâminas delgadas. Na figura 19-A, observa-se a injeção de líquidos em meio a arenitos clásticos consolidados, assim fragmentando e precipitando a calcedônia em fraturas. A figura 19-B, advém de processo semelhante, porém, através da injeção de líquidos carbonáticos em sedimentos terrígenos pouco coesos, característica evidenciada por contato brando entre calcita e arenitos (seta). Na figura 19-C, ocorre a percolação de minerais opacos no plano de fraqueza da rocha sedimentar (seta), minerais estes provavelmente oriundos das rochas vulcânicas que mostram proximidade. Na figura 19-D, é possível observar o contato entre a rocha sedimentar e a vulcânica, com minerais opacos demarcando um limite suavizado (seta).

**Figura 19** - Fotomicrografias: Nicóis paralelos - LN (direita) e perpendiculares - NC (esquerda). A) Brechas de arenitos com preenchimento por calcedônia; B) Veio de calcita em arenitos; C) Minerais opacos em plano de fraqueza (seta); D) Interação vulcano-sedimentar no contato (seta).

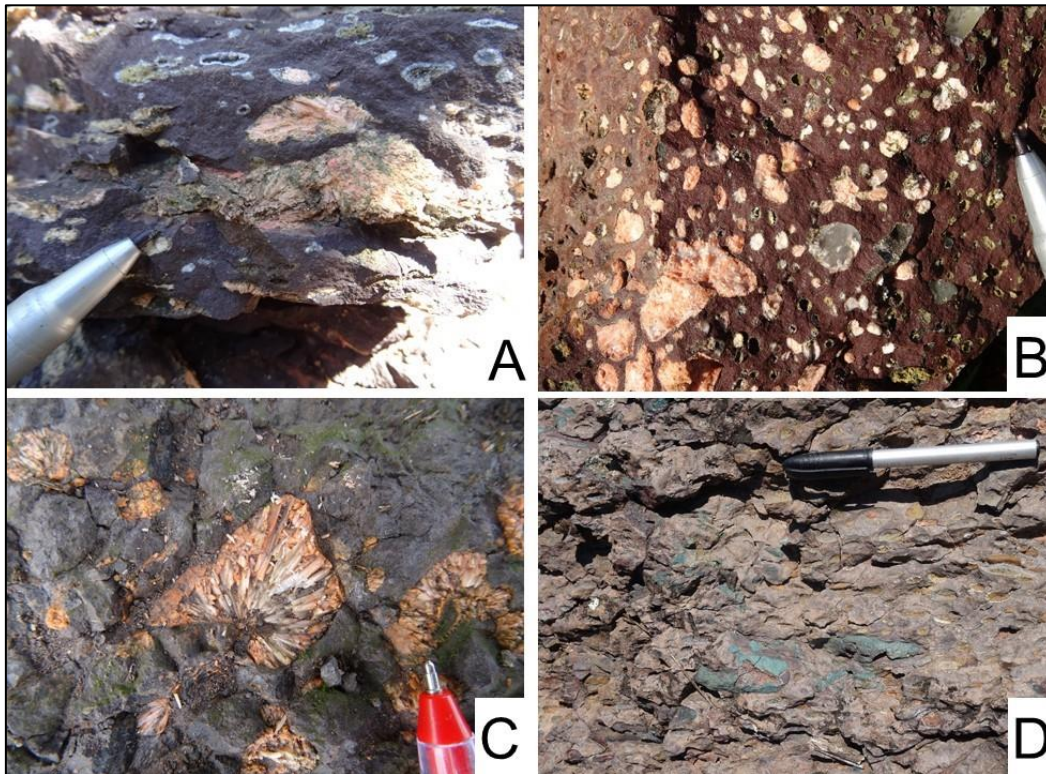


Fonte: autor.

Uma marcante característica das rochas descritas é a formação de espaços vazios decorrentes do escape de gases (vesículas). Estes espaços, em grande parte foram posteriormente preenchidos por minerais de alteração e/ou hidrotermais como quartzo, calcedônia, calcita, zeolitas e celadonitas (Figs. 20 e 21) ou ainda por arenitos clásticos fluidizados.

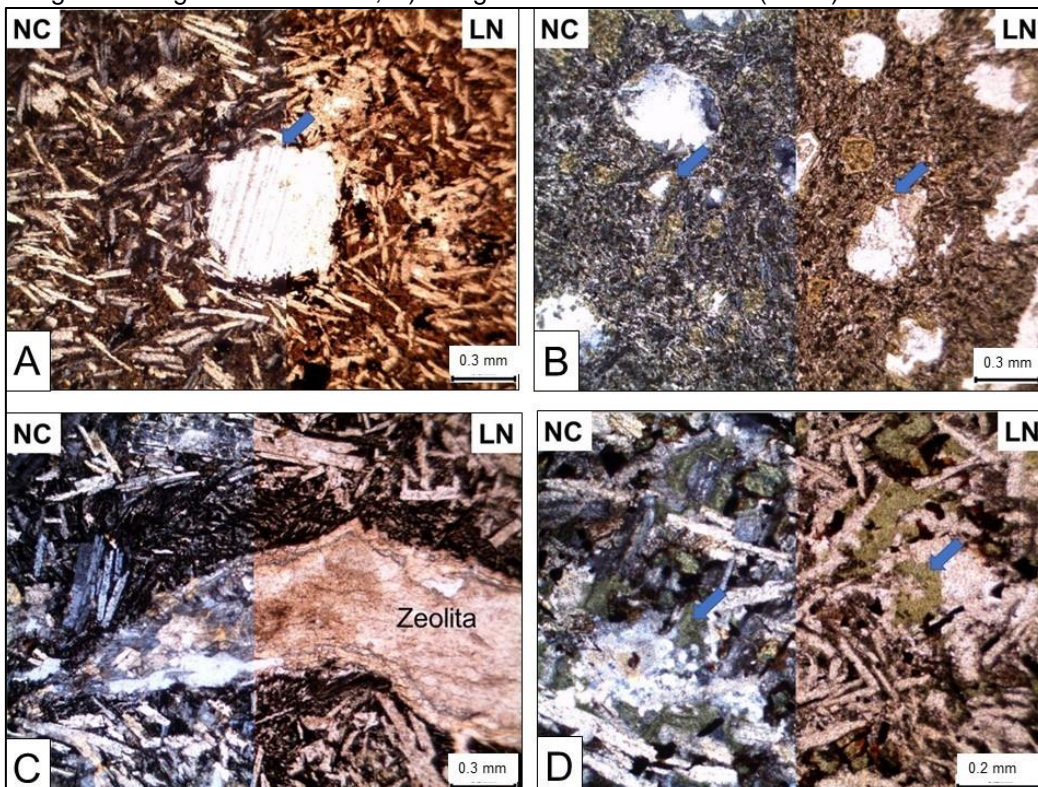


**Figura 20** - A) Amígdalas alongadas com quartzo e zeolitas; B) Amígdalas com zeolitas e calcita; C) Zeolita com hábito fibro-radial; D) Amígdalas com celadonitas.



Fonte: autor.

**Figura 21** - Fotomicrografias: Nicois paralelos - LN (direita) e perpendiculares - NC (esquerda). A) Amígdala com calcita (seta); B) Amígdalas com calcedônia e celadonita nas bordas (setas); C) Amígdala alongada com zeolita; D) Amígdalas com celadonitas (setas).

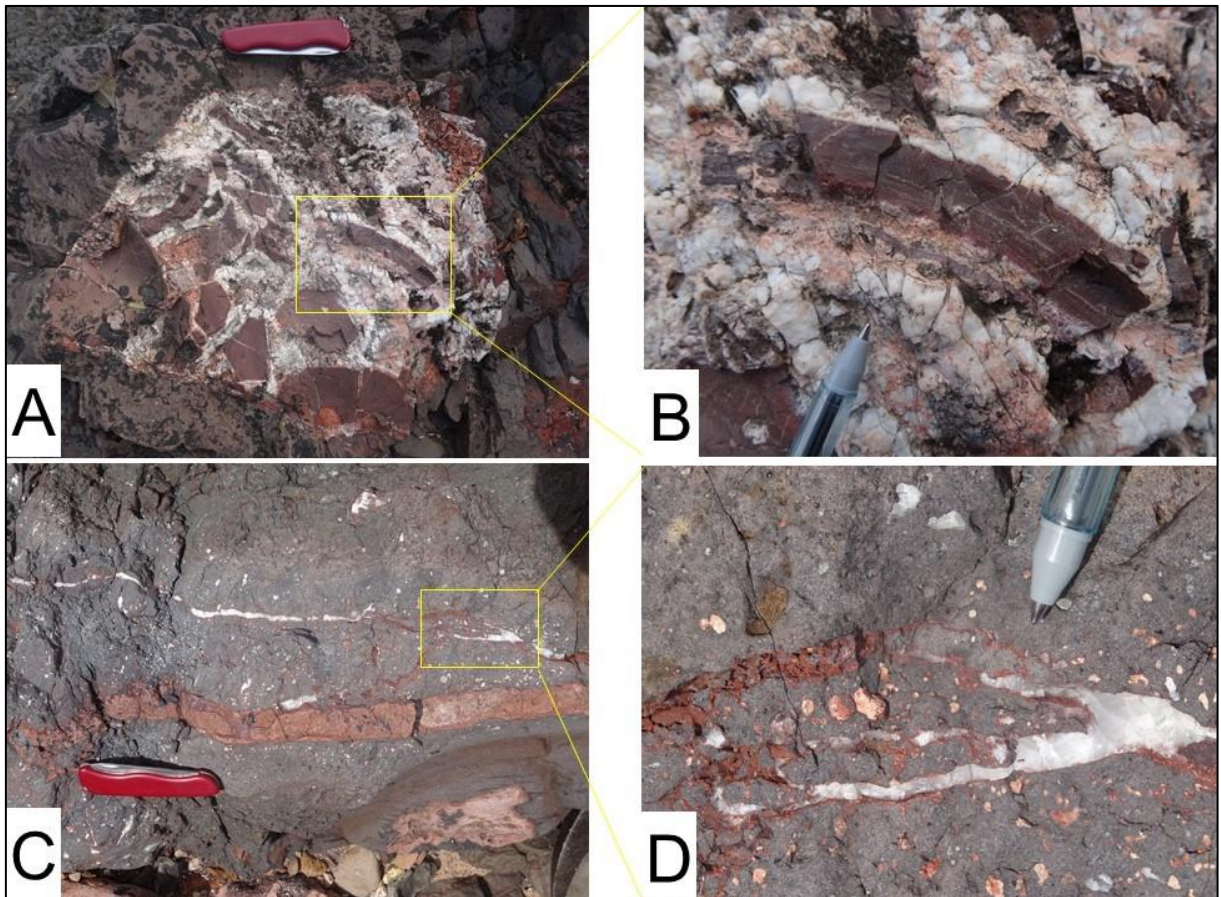


Fonte: autor.



Esses espaços foram localmente preenchidos inicialmente por arenitos clásticos e posteriormente por injeções pressurizadas de líquidos carbonáticos que promoveram a quebra do material sedimentar (Figs. 22-A a D)

**Figura 22** - A) Amígdala com preenchimento por fragmentos de arenitos em matriz calcítica; B) Fragmento de arenito consolidado; C) Diques clásticos e veio de calcita; D) Veios de calcita no interior de diques clásticos.



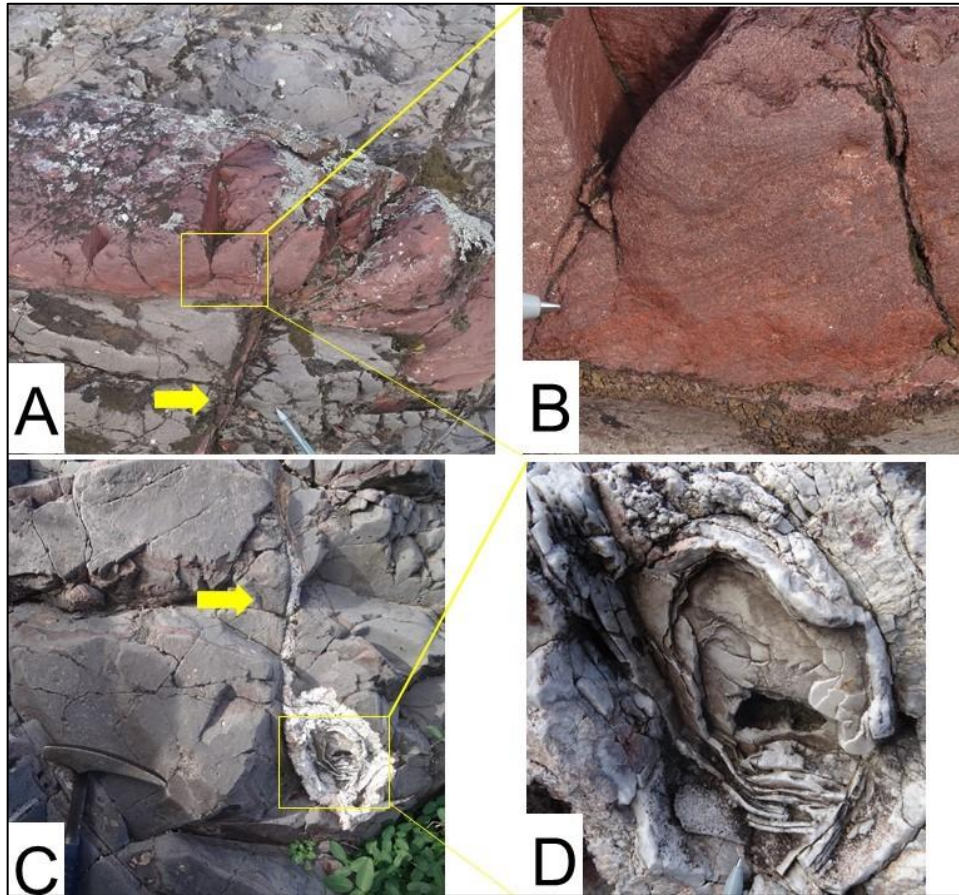
Fonte: autor.

Eventualmente o preenchimento das cavidades se totalizou com a injeção de arenitos clásticos por diques alimentadores, formando falsos estratos (Figs. 23-A e B). Também ocorrem cavidades onde houve a injeção de líquidos carbonáticos, através de veios alimentadores, ocasionando cristalização de calcita apresentando zoneamento (Figs. 23-C e D).

Outra evidência de interação vulcano-sedimentar encontrada na região são as marcas de fluxo. Estas foram geradas na superfície de arenitos eólicos pelo atrito durante o deslocamento do derrame (Fig. 24).



**Figura 23** - A) Amígdala com preenchimento por arenitos, com veio alimentador (seta); B) Acamamento de arenitos; C) Amígdala com calcita e seu veio alimentador (seta); D) Zoneamento de calcita.



Fonte: autor.

**Figura 24** - A) Estrias de fluxo de lava em arenito. A linha indica a direção do fluxo.



Fonte: autor.

## 9 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A distribuição das rochas nas regiões do Passo do Moinho e do Fervor, oeste do município de Santana da Boa Vista é caracterizada pela ocorrência de uma intercalação de depósitos vulcânicos e sedimentares. Observam-se rochas vulcânicas de composição básica, predominantemente basaltos, embora a composição sódica dos plagioclásios ( $An_{30-35}$ ) aponte para rochas andesíticas, constituídos por derrames de pequena espessura (cm a m) afaníticos a porfiríticos, com porções de borda vítrea e com grande quantidade de vesículas e amígdalas. As rochas sedimentares são caracterizadas por arenitos bem selecionados, de origem eólica e localmente por arenitos conglomeráticos e conglomerados de ambiente fluvial. Os depósitos sedimentares possuem características que permitem seu vínculo com a unidade Aloformação Pedra Pintada.

As relações de campo indicam que na região do Passo do Moinho a lava possuía características de derrame pahoehoe, como já descrito por Petry (2006), passando a um regime menos fluído e menos quente, mais longe da fonte de emissão na região do Fervor, evidenciado pelos derrames com características de lava a'a'.

Raramente são observadas feições do tipo lava em corda na região estudada, diferente de outras áreas com ocorrências de rochas do Membro Rodeio Velho, como por exemplo o afloramento da barragem dos Doto no Arroio Carajá (ALMEIDA *et al.*, 1999). Conclui-se desta forma, que a paleotopografia da região do Passo do Moinho e do Fervor era mais acidentada do que em outras onde há essas estruturas na Bacia do Camaquã, propiciando que a lava fluísse em maior velocidade formando apenas lóbulos e dedos de lava.

Na região do Passo do Moinho são encontradas estruturas de fluxos de lava como lóbulos e dedos de lava e interações vulcano-sedimentares do tipo diques de arenitos clásticos. Na região do Fervor afloram depósitos vulcânicos com características mais maciças, onde são encontradas estrias de fluxo, diques clásticos e peperitos, diagnosticando assim uma maior interação vulcano-sedimentar, porém com temperaturas menores de colocação no Passo do Moinho.

O estudo de diques clásticos eventualmente apresenta controvérsias, pois há ocorrências deste tipo de material que supostamente foi depositado de cima para baixo, ou seja, trata-se de evento sedimentar, como o que ocorre no Grupo Serra Geral (Polo & Janasi, 2014). Naquela mesma unidade geológica outros autores consideram apenas a presença de diques clásticos (Hartmann, 2014). Na área estudada há situações em que os arenitos clásticos estão convergindo para local de menor espaço no plano de fraqueza, evidenciado por estruturas em linhas que se agrupam no mesmo ponto. Desta forma, não se trata de acamamento primário e sim de estrutura posterior de preenchimento.

De forma geral, as vesículas estão preenchidas em quase sua totalidade por carbonatos, com pequena parcela preenchida por quartzo ou calcedônia, geralmente associados aos arenitos, ou seja, próximo aos injetitos. Isto denota a importância dos arenitos fluidizados como material para o preenchimento das vesículas.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os afloramentos Passo do Moinho e Fervor são constituídos essencialmente por rochas vulcânicas básicas de composição basáltica do Membro Rodeio Velho (Bacia do Camaquã). Secundariamente ocorrem rochas sedimentares como arenitos e conglomerados. A abundante presença de várias formas de feições de interação vulcano-sedimentar ocorre no contato entre depósitos sedimentares e vulcânicos e indica contemporaneidade entre ambos, assim como a provável presença de água, na maioria dos casos.

A presença de consideráveis feições de interação vulcano-sedimentar na região estudada contribui para um melhor entendimento das condições paleoambientais e paleoclimáticas da deposição da Aloformação Pedra Pintada, ao final da evolução da Bacia do Camaquã. Pelo fato da maior parte das interações encontradas nesta região necessitarem da presença de água para o seu desenvolvimento, conclui-se que um ambiente relativamente úmido ocorria no momento da formação daquelas rochas, o que vai contra as hipóteses de um ambiente desértico para esta unidade geológica (e.g. PAIM *et al.*, 1995).



## 11 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. P. D. et al. **Recurring extensional and strike-slip tectonics after the Neoproterozoic collisional events in the southern Mantiqueira province.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 84, p. 347-376, 2012.
- ALMEIDA, D. P. M. D. et al. **Petrography and geochemistry of the volcanic rocks of the Rodeio Velho Member, Ordovician of the Camaqua basin (RS-Brazil).** Revista Brasileira de Geociências. p. 763-768, 2000.
- AUBELE, J. C.; CRUMPLER, I. S.; ELSTON, W. E. **Vesicle zonation and vertical structure of basalt flows.** Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 35, p. 349-374, 1988.
- BROOKS, E. R. et al. **Origin and metamorphism of peperite and associated rocks in the Devonian Elswell Formation, northern Sierra Nevada, California.** Geol Soc. Am. Bull, v. 93, p. 1208-1231, 1982.
- BORBA, A. W.; MIZUSAKI, A. M. P.; SANTOS, J. O. S.; McNAUGHTON, N. J.; ONOE, A. T.; HARTMANN, L. A. **U-Pb zircon and  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  K-feldspar dating of the syn-sedimentary volcanism of the Neoproterozoic Maricá Formation: constraining the age of foreland basin inception and inversion in the Camaquã Basin of southern Brazil.** Basin Research, v. 20, p. 359-375, 2008.
- CHEMALE JR, F. **Evolução geológica do escudo Sul-Rio-Grandense.** In: DE ROS, Luiz Fernando; HOLZ, Michael (Orgs.). Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO-UFRGS, p. 13-52, 2000.
- EUROPEAN SPACE AGENCY. **Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services.** Disponível em: <<https://copernicus.eu/dhus/#/home>>. Acesso em: 08 de junho de 2019.
- Fragoso-Cesar, A.R.S., 1991. **Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: As orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul.** Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 367p.
- HASENACK, H.; WEBER, E. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000.** Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010.
- HARTMANN, A. L. **História natural do Grupo Serra Geral desde o Cretáceo até o Recente.** Ciência e Natura, Santa Maria, v 36 173–182, 2014.
- HARTMANN, A. L; CHEMALE Jr, F; PHILIPP, P. R. **Evolução geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano.** In: IANUZZI, Roberto; FRANTZ, José Carlos (Orgs.). 50anos de Geologia. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, v. 1, p. 97-123, 2007.



JERRAM, D. A.; STOLLOFEN, H. **Lava/sediment interaction in desert settings: are all peperite-like textures the result of magma-water interaction.** Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 114, p. 231-249, 2002.

KILBURN, C. **Surfaces of Aa Flows-fields on Mount Etna, Sicily: Morphology, rheology, crystallization and scaling phenomena.** Fink, J.H. (ed.) Lava Flows and Domes, Berlin, Springer-Verlag, p. 129-156, 1990.

LIMA, F. E.; SOMMER, A. C.; NARDI, S. V. L. **O vulcanismo neoproterozóico-ordoviciano no Escudo Sul-riograndense: os ciclos vulcânicos da Bacia do Camaquã.** In: IANUZZI, Roberto; FRANTZ, José 83 Carlos (Org.). 50anos de Geologia. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, v.1, p. 79-95, 2007.

MACDONALD, G. A. **Pahoehoe, a'a', and block lava.** American Journal of Science, v. 251, p. 169-191, 1953.

PAIM, P. S. G.; Lopes, R. C.; Chemale JR, F. **Aloestratigrafia, Sistemas Depositionais e Evolução Paleogeografica da Bacia do Camaquã - Vendiano Superior/Ordoviciano Inferior do Rs.** In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, IV, Porto Alegre, SBG, p. 39-50, 1995.

PAIM, P. S. G.; CHEMALE JR, F.; LOPES, R. C. **A Bacia do Camaquã. Geologia do Rio Grande do Sul,** p. 251-374, 2000.

PAIM, P. S. G. **Depositional systems and Paleogeographical evolution of the Camaquã and Santa Barbara Basins, Brazil.** Doctor Thesis, University of Oxford. [S.l.], p. 277. 1994.

PAIM, P. S. G.; CHEMALE JR, F.; WILDNER, W. **Estágios evolutivos da Bacia do Camaquã (RS).** In: Ciência e Natura, v. 36, n. 3, p. 183-193, 2014.

PETRY, K. **Feições de interação vulcano-sedimentares: Seu uso como indicadores de contemporaneidade no Magmatismo Rodeio Velho (Meso-Ordoviciano) e no vulcanismo Serra Geral (Cretáceo Inferior).** Dissertação de Mestrado, UNISSINOS, Porto Alegre, 2006

Polo, L.A., Janasi, V.A. **Volcanic stratigraphy of intermediate to acidic rocks in southern Paraná Magmatic Province, Brazil.** Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 14, n. 2, p. 8-100, 2014

RIBEIRO, M., BOCCHI P.R., FIGUEIREDO F.P.M., TESSARI R.I. **Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul.** DNPM/DFPM (Boletim 127). Rio de Janeiro, p. 1-232. 1966.

SOMMER, C. A. **O vulcanismo neoproterozóico do Platô da Ramada, região de Vila Nova do Sul, RS.** Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SANTOS, M. G. M. D. **Tectônica e sedimentação na Bacia do Camaquã central (RS): Exemplos do Grupo Guaritas e do Grupo Santa Bárbara.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2010.

SKILLING, I. P. et al. **Peperite: a review of magma-sediment mingling.** In: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 114, p. 1-17, 2002.

SCHERER, C.M.S. **Preservation of Aeolian genetic units by lava flows in the Lower Cretaceous of the Paraná Basin, southern Brazil.** Sedimentology, p. 49-97, 2002.

TONIOLO, J. A. et al. **Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-Eopalozóicas do Sul do Brasil: Bacia do Camaquã.** Projeto BANEO, CPRM, Porto Alegre, 2007.

WHITE, J.D.L. et al. **Peperite: a useful genetic term.** In: Bulletin of Volcanology, v. 62, p. 65–66, 2000.

WILDNER, W., LIMA E.F., NARDI, L.V.S., SOMMER, C.A. **Volcanic cycles and setting in the Neoproterozoic III to Ordovician Camaquã Basin succession in southern Brazil: characteristics of post-collisional magmatism.** Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 118, p. 261-283, 2002.