

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ANA LUIZA ARTINE**

**EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO DO MEMBRO RODEIO VELHO DA  
BACIA DO CAMAQUÃ, RS**

**Caçapava do Sul**

**2018**

**ANA LUIZA ARTINE**

**EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO DO MEMBRO RODEIO VELHO DA  
BACIA DO CAMAQUÃ, RS**

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

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Matté

Coorientador: Prof. Dr. Tiago Rafael Gregory

**Caçapava do Sul**

**2018**

ANA LUIZA ARTINE

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO DO MEMBRO RODEIO VELHO DA  
BACIA DO CAMAQUÃ, RS

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

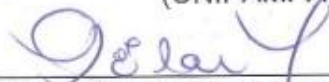
Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em 13/12/2018.

Banca examinadora:



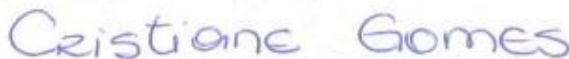
---

Prof. Dr. Vinicius Matté  
Orientador  
(UNIPAMPA)



---

Prof. Drª Delia Del Pilar Montecinos de Almeida  
(UNIPAMPA)



---

Prof. Drª. Cristiane Heredia Gomes  
(UNIPAMPA)

Dedico este trabalho à minha família, aos meus amigos e mestres, por compartilharem comigo as mais variadas formas de enxergar o mundo e as belezas da vida.

## Agradecimentos

Pensei que esse momento iria demorar mais tempo para chegar. Mas passou tão rápido que eu mal vi. Foram 5 anos e meio transitando por esses caminhos de rocha e encantos naturais do Rio Grande do Sul, longe da minha terrinha de arranha-céus e da minha família. Todas as pessoas que me acompanharam nos altos e baixos dessa minha jornada evolutiva em Caçapava do Sul, se fazendo presente fisicamente ou não, merecem os meus mais sinceros e profundos agradecimentos. E são muitos agradecimentos a fazer!

Agradeço primeiramente à minha mãe, Adriana Artine (mais conhecida como Mu), que é o maior amor da minha vida e que sempre me apoiou e me incentivou a seguir meus sonhos, mesmo quando esses sonhos nos afastavam fisicamente. Agradeço por ter sempre acreditado em mim e no meu potencial, mesmo quando eu não conseguia fazê-lo. Também a agradeço por sempre ter sido o exemplo de mulher que difere do senso comum que é imposto pela sociedade, me ensinando todos os dias a enxergar além dos padrões e respeitar as diferenças. Agradeço, acima de tudo, por me ensinar e compartilhar comigo a maior de todas as belezas da existência humana: o amor!

Agradeço à minha tia e madrinha Hori, que é a maior responsável por eu estar realizando meu sonho de me tornar uma geóloga. Agradeço por ser essa pessoa iluminada, dona de um coração tão gigante, tão bom e tão puro, que sempre fez de tudo para que não me faltasse nada e que eu pudesse fazer as coisas que eu queria fazer. Obrigada, tia Hori, por me ensinar a arte de transformar a dor em força, em sorrisos e leveza e beleza. Obrigada por me ensinar a ser uma pessoa gentil e a ter empatia. Obrigada por tudo o que você fez e faz por mim e por tudo que você representa na construção de quem eu sou e quero ser.

Agradeço à professora Delia del Pilar Montecinos de Almeida por ter compartilhado comigo grande parte do material utilizado para a elaboração desse trabalho. Mas não somente por isso. Agradeço por ter sido a pessoa que fez eu realmente me apaixonar pela geologia ao me mostrar a beleza e a complexidade do mundo das rochas ígneas, logo no início da graduação. Agradeço por compartilhar seu conhecimento de modo tão belo, sempre com um sorriso no rosto e um brilho no olhar. Agradeço, também, por ser um exemplo de geóloga incrível em um mundo

científico dominado por homens. Aproveitando a deixa, agradeço também à professora Cristiane Heredia Gomes que, além de contribuir de modo tão efetivo para o melhoramento do meu trabalho, também tenho como exemplo de geóloga e de mulher forte, que não se abala facilmente e está sempre disposta a compartilhar suas visões de mundo com muito bom humor.

Agradeço aos meus queridos mestres, os professores Vinicius Matté e Tiago Rafael Gregory, por terem sido os melhores orientadores que eu poderia sonhar ter. Agradeço ao professor Vini por sempre ter sido muito paciente e gentil comigo, até mesmo quando eu merecia uns puxões de orelha. Também o agradeço por ensinar aquilo que eu mais amo na geologia e por todo o conhecimento que compartilhou comigo ao longo desse último ano. Agradeço ao professor Gregory por ter ministrado grande parte das melhores aulas que tive durante a graduação, especialmente na disciplina de Geotectônica, que integrou todas as componentes do curso e fez minha mente expandir de uma maneira inexplicável. Agradeço por todas as vezes que extrapolou seus horários de atendimento para me ajudar com as minhas dúvidas (que não eram poucas). Agradeço por todos os conselhos de vida e por toda a preocupação. Agradeço, inclusive, pelos puxões de orelha, que eu sei que também são um modo de demonstrar que você se preocupa com a nossa aprendizagem. Muito obrigada, meus mestres! Obrigada por serem tão diferentes e únicos, trazendo, assim, o equilíbrio que eu precisava. Obrigada por toda a compreensão e por não terem desistido de mim durante os tempos difíceis que enfrentei no final da graduação. Vocês são grandes geólogos, professores que visivelmente amam aquilo que fazem, e isso desperta em nós o fascínio pela geologia. Mas, acima de tudo, vocês são seres humanos incríveis. Obrigada, mil vezes obrigada!

Agradeço, também, aos professores de cálculo Daniela Tolfo e Vitalino Cesca Filho, que me ensinaram muito não só sobre matemática, mas sobre a vida em si. Com vocês, eu aprendi que, pra superar os obstáculos, precisamos ter confiança e não ter medo de errar. Aprendi que os erros, na verdade, nos fazem aprender de modo muito mais efetivo, porque, no momento que entendemos qual é o caminho certo a seguir, nós conseguimos identificar a origem do problema com muito mais facilidade e, assim, evitá-lo. Vocês fizeram eu me apaixonar pelo mundo da matemática e fizeram eu perder meu medo de errar. Obrigada por serem professores fantásticos e seres humanos incrivelmente iluminados.

Aqui em Caçapava do Sul, eu descobri que família não se limita apenas aos laços sanguíneos. Família são aquelas pessoas que estão com a gente nos momentos bons e ruins, que são capazes de guardar a própria dor no bolso para nos amparar quando mais precisamos. Que nos oferecem um ombro amigo, um abraço fraterno e um olhar sincero sem querer nada em troca. Que compartilham e apreciam a simplicidade das pequenezas que engrandecem a vida. Aqui em Caçapava, eu descobri que a minha família é muito maior do que eu imaginava.

Agradeço à Fernanda (Não-)Prestes Gauna, a irmã mais velha que eu sempre quis ter e que a Geologia me deu de presente. Inexplicavelmente, desde primeiro dia de aula, nos conectamos e nunca mais nos separamos. Obrigada pelos primeiros anos da graduação, nos quais moramos juntas, e que foram repletos de novas experiências e descobertas. Obrigada por sempre estar ao meu lado, por termos enfrentado juntas todos esses altos incrivelmente altos e os baixos mais baixos, por termos chegado ao fundo do poço e aprendido juntas que a vida se torna muito mais bela quando reunimos forças pra sair de lá. Obrigada por ter sido a força que eu precisei em incontáveis momentos. Obrigada por me ensinar tanto sobre a vida, principalmente a levá-la com mais humor. Obrigada por nossas incontáveis horas de conversas filosóficas que nos fazem questionar tantas coisas e expandir nossos horizontes. São tantas coisas a agradecer que as palavras não são capazes de expressar. Eu só tenho a agradecer por essa conexão que vai além da existência em si e que tem essa imensa força transformadora.

Agradeço à Tamiris Martins Silva, vulgo Tameris, que entrou na minha vida em um dos momentos em que mais precisava de ajuda e que nunca mais saiu dela. Muito pelo contrário! Tu acabou se tornando uma das peças fundamentais dos meus processos evolutivos. Obrigada, Tamy, por ser o meu complemento em tudo na vida e por termos criado esse laço tão forte e tão lindo. Obrigada por tudo que você me ensinou ao longo desses últimos anos – e continua ensinando – e por ser essa pessoa que tem uma essência tão linda e um coração tão bom. Obrigada por também ter se tornado minha irmã de geologia e de alma. Obrigada por ter sido minha companheira de casa nesses últimos anos de graduação, de infinitos e prazerosos estudos de cálculo regados a cerveja, dos momentos que passamos sentadas na cozinha fazendo música... e de coisas que as pessoas normais jamais iriam imaginar ou entender. Companheira de tudo, na essência mais pura que existe no conceito de

companheirismo! Obrigada por ser tão compreensiva e por termos essa liberdade tão grande. Obrigada pela nossa relação que sempre preza o respeito e a comunicação. Obrigada por se tornar parte de quem eu sou!

Agradeço ao André Gustavo, esse pequeno grande homem com quem eu tenho o imenso prazer de compartilhar uma das coisas que mais amo no mundo: a música! Obrigada pelos incontáveis momentos de arte e de liberdade de expressão que compartilhamos. Obrigada, principalmente, por essa incrível conexão musical que compartilhamos e que tantas vezes me salvou da loucura, tornando a vida mais leve nos momentos em que parecia insuportável. Obrigada por essa amizade maravilhosa que temos e por ser uma pessoa tão inspiradora. Obrigada por fazer minha essência de vida florescer de modo tão criativo e libertador!

E com certeza não posso deixar de fazer um agradecimento especial à Thais Costa, Juliana Gimenes, Ísis Moreira, Pedro Hernandez (vulgo vizinho), Camila Alves, Ricardo Lemos (Jesus), Saulo Lopes, Hernanes Firmo, Ronisson Miotto, Tatiana Morais, Renê Coutinho, Priscila Rodrigues, Ingrid Teixeira, Giovanna Razzera e Laila Shihadeh, que também compõem essa minha grande família caçapavana e que estiveram ao meu lado desde o início da graduação, compartilhando os melhores e os piores momentos dessa aventura. Agradeço também à Jéssica Botelho e à Anna Clara (Caô), que surgiram na minha vida ao longo da graduação e se tornaram essenciais nessa minha jornada. Ao compartilhar um pouco de suas bagagens existenciais comigo, sem sombra de dúvidas, vocês agregaram muito ao meu crescimento pessoal. Eu só cheguei até aqui porque todos que mencionei anteriormente me auxiliaram para tal, cada um a seu modo. E como é lindo perceber que as peculiaridades de cada um podem ser tão importantes para o desenvolvimento de um único ser!

Gratidão à Mãe Terra por sua beleza e por tudo o que aprendo com ela todos os dias. Buscar entender sua importância e a grandiosidade da sua essência, sua constante e eterna mudança na busca pelo equilíbrio, abre portas para compreender num nível mais profundo nossa própria percepção de mundo como indivíduos e, ao mesmo tempo, como uma minúscula parte de algo muito maior. Obrigada à geologia, essa ciência que, na verdade, se assemelha mais a uma filosofia de vida. Um modo de viver e enxergar o mundo que faz eu me apaixonar todos os dias, cada vez mais. Que me faz ter a certeza de que as pedras que aparecem em meu caminho tem a



finalidade de me fazer crescer. E que me lembra, sempre que preciso, que a vida, por si só, é sinônimo de encanto.

“I find comfort in the sound  
And the shape of the heart  
How it echoes through the chest  
From under the ground

As the hills turn into holes  
I fill them with gold  
Heavy stones fear no weather”

Empire – Of Monsters And Men

## RESUMO

O Membro Rodeio Velho, pertencente à Bacia do Camaquã, representa o último evento magmático ocorrido durante a formação dessa unidade geológica. As rochas referentes a essa subunidade ocorrem na região centro-oeste do Escudo Sul-riograndense e são caracterizadas por derrames, intrusões rasas e depósitos piroclásticos de composição básica à intermediária. Esse magmatismo está associado aos eventos pós-colisionais distensivos relativos às fases finais do Ciclo Brasileiro/Pan Africano, de idade neoproterozoica. As rochas do Membro Rodeio Velho são controversamente classificadas como rochas de afinidade toleítica à moderadamente alcalina, ou de afinidade subalcalina à alcalina. De modo geral, as informações acerca do Membro Rodeio Velho são escassas e apresentam divergências em diversos aspectos. Com objetivo de revisar as rochas que ocorrem nessa unidade, realizou-se uma compilação dos estudos estratigráficos, geoquímicos, isotópicos, petrográficos, tectônicos e geocronológicos prévios referentes ao Membro Rodeio Velho. A partir dos dados petrográficos adquiridos, sugere-se neste trabalho que o magmatismo da região do Rincão da Tigra, descrito por diversos autores como pertencente ao Membro Rodeio Velho do Alogrupo Guaritas, está relacionado ao magmatismo da Formação Hilário. Também sugere-se que sejam feitos mais estudos de detalhe nas regiões pertencentes ao Membro Rodeio Velho.

Palavras-chave: Membro Rodeio Velho; Magmatismo pós-colisional; Estratigrafia; Geoquímica; Petrografia; Rincão da Tigra.

## **ABSTRACT**

The Rodeio Velho Member, belonging to the Camaquã Basin, represents the latest magmatic event occurred during the formation of this geological unity. The rocks of this subunity occurs in the midwest region of Sul-rio-grandense Shield and they are characterized by lava flows, shallow intrusions and piroclastics deposits with basic to intermediary composition. This magmatism is associated to distensive post-collisional events related to the latest phases of Brasiliano/Pan-African Cycle, corresponding to a neoproterozoic age. The rocks from Rodeio Velho Member are controversially classified as tholeiitic to moderately alkaline affinity or subalkaline to alkaline affinity. Generally, the informations about Rodeio Velho Member are meager and presents differences in various aspects. With the purpose of review the rocks that occurs in this unity, a compilation of the stratigraphic, geochemistry, isotopic, petrographic, tectonics and geochronologics previous studies of the Rodeio Velho Member was realized, aiming at the discussion and interpretation of the information described by the authors who studied this magmatism. From the petrographic data acquired, it is suggested in this work that the magmatism of the Rincão da Tigra region, described by several authors as belonging to the Rodeio Velho member of the Guaritas Alogrupo, is related to the magmatism of the Hilário Formation. It is also suggested more detailed studies in the belonging regions of Rodeio Velho Member.

**Keywords:** Rodeio Velho Member; Post-collisional magmatism; Stratigraphy; Geochemistry; Petrography; Rincão da Tigra.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
2 OBJETIVOS .....	16
2.1 Objetivos Específicos .....	17
3 JUSTIFICATIVA .....	17
4 ÁREA DE ESTUDO .....	18
4.1 Geologia regional .....	18
4.1.1 Escudo Sul-rio-grandense .....	18
4.1.2 Bacia do Camaquã .....	19
4.2 Geologia local .....	22
5. SÉRIES MAGMÁTICAS .....	23
5.1 Séries ígneas e geração de magmas em ambientes pós-colisionais.....	23
5.2 Série toleítica .....	26
5.3 Série alcalina.....	29
6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
7. RESULTADOS .....	31
7.1 Evolução do conhecimento científico acerca do Membro Rodeio Velho. 31	
7.1.1 Contexto geotectônico: gênese e manifestações do magmatismo Rodeio Velho.....	31
7.1.2 Contexto Estratigráfico .....	33
7.1.3 Petrografia.....	33
7.1.4 Interações vulcano-sedimentares.....	39
7.1.4.1 Arroio Carajá .....	40
7.1.4.2 Passo do Moinho.....	44
7.1.5 Geoquímica e Isotopia .....	46
7.1.6 Geocronologia .....	53
7.2 Petrografia da região do Rincão da Tigra .....	54

7.3 Formação Hilário.....	59
8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	60
8.1 Rincão da Tigra: uma possível correlação com a Formação Hilário .....	60
8.2 Geoquímica e isotopia .....	62
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65

## 1 INTRODUÇÃO

O Membro Rodeio Velho (RIBEIRO *et al.*, 1966) é caracterizado por rochas vulcânicas, subvulcânicas (SILVA FILHO *et al.*, 1996) e piroclásticas (ALMEIDA *et al.*, 2000) de composição básica à intermediária. Essas rochas compõem a base ígnea do Alogrupo Guaritas da Bacia do Camaquã (PAIM *et al.*; 1995) e afloram nos municípios de Caçapava do Sul, Santana da Boa Vista, Bagé e Piratini, RS, nas regiões do Arroio Carajá, Passo do Moinho, Minas do Camaquã, Rodeio Velho, Rincão da Tigra, Passo do Correia, Pedra da Arara e Cerro do Diogo. Sua gênese está associada aos estágios finais do Ciclo Brasileiro, decorrente de eventos pós-colisionais distensivos (ALMEIDA *et al.*, 2012).

Paim *et al.* (2014) sugere que o preenchimento da Bacia do Camaquã é subdividido nos Alogrupos Maricá, Bom Jardim, Santa Bárbara e Guaritas. Segundo aquele autor, a base da Bacia do Camaquã é correspondente ao Alogrupo Maricá, que apresenta feições sedimentares predominantemente marinhas e rochas ígneas vulcânicas de composição ácida da Formação Pessegueiro. As unidades intermediárias Bom Jardim e Santa Bárbara caracterizam ambientes lacustres “parcial ou esporadicamente influenciados por águas marinhas” (PAIM *et al.*, 1995, p. 44). Os registros ígneos presentes nesses Alogrupos correspondem, respectivamente, às rochas piroclásticas e derrames de composição básica à intermediária da Formação Hilário e rochas vulcânicas ácidas e básicas da Formação Acampamento Velho. No topo da bacia encontra-se o Alogrupo Guaritas, que apresenta feições de sedimentação continental e rochas ígneas pertencentes ao Membro Rodeio Velho. Embora Paim *et al.* (1995, 2014) e a maioria dos autores que estudaram o Membro Rodeio Velho corroborem com sua classificação como uma subunidade do Alogrupo Guaritas, Toniolo *et al.* (2007) definiram, no Projeto Baneo (Bacias Neoproterozóicas), que as rochas do Membro Rodeio Velho pertencem à sucessão de afinidade alcalina da Formação Hilário (Alogrupo Bom Jardim).

A caracterização do magmatismo pós-colisional é dificultada pela complexidade dessa configuração geodinâmica e pela limitada quantidade de estudos referentes ao assunto. Liégeois (1998) sugere que o ambiente pós-colisional está associado a “grandes movimentos ao longo de zonas de cisalhamento, colisões oblíquas, delaminação da litosfera, subducção de pequenas placas oceânicas e

geração de riftes”, o que pode resultar em vários tipos de magmatismo. Apesar da dificuldade na caracterização do magmatismo pós-colisional, aquele autor indica três características importantes comuns a esse tipo de ambiente: 1) predominantemente potássico, em particular cálcio-alcálico alto-K com rochas shoshoníticas subordinadas; 2) decorrente de largos movimentos horizontais ao longo de zonas de cisalhamento; 3) gerado durante os períodos de subducção e colisão precedentes. Além disso, Liégeois (1998) sugere que a fonte do magmatismo pode conter componentes juvenis, como o manto ou uma crosta recém formada de carácter ígneo. A caracterização de uma componente juvenil provinda do manto foi observada por Almeida *et al.* (2000; 2005; 2012), que sugere que a composição alcalina do magmatismo do Membro Rodeio Velho é decorrente da reativação de um *hot spot*. Nesse cenário, o magma ascendeu ao longo de fraturas profundas geradas em uma fase pós-orogênica distensiva.

Existe uma discussão acerca da afinidade composicional das rochas do Membro Rodeio Velho. A partir de análises geoquímicas, Almeida *et al.* (2000) e Rosseti *et al.* (2009) determinaram que os termos básicos a intermediários são de afinidade subalcalina à alcalina sódica. Porém, Dutra *et al.* (2008) indicam que no topo da Bacia do Camaquã “ocorrem sucessões siliciclásticas e um magmatismo toleítico a moderadamente alcalino”, correspondente ao Membro Rodeio Velho.

A comparação das rochas ígneas do Membro Rodeio Velho foi o enfoque deste trabalho. A partir das características geoquímicas, petrológicas e tectônicas, discutiu-se as divergências quanto ao carácter geoquímico do magmatismo toleítico e/ou alcalino, visando também compreender, a partir de critérios petrográficos e de dados de campo, se a ocorrência dessa subunidade estratigráfica na região do Rincão da Tigra pertence ao Alogrupo Guaritas ou se está associada à sucessão de carácter alcalino da Formação Hilário, conforme sugerido por Toniolo *et al.* (2007).

## **2 OBJETIVOS**

O presente trabalho tem como objetivo geral uma revisão bibliográfica crítica sobre o Membro Rodeio Velho, analisando as informações de estudos prévios principalmente quanto à divergência com respeito à afinidade composicional do magmatismo, propondo compreender e discutir os aspectos que influenciam nas



diferenças observadas. Também, por meio de dados de campo, propõe-se enriquecer a discussão e obter informações que contribuam para o aprimoramento das definições desta unidade.

## **2.1 Objetivos Específicos**

Especificamente, pretende-se compreender a evolução do conhecimento científico e a caracterização geológica acerca do Membro Rodeio Velho através da comparação de dados geoquímicos divergentes obtidos por diferentes autores (ALMEIDA *et al.*, 2000; DUTRA *et al.*, 2008), visando à contribuição para o entendimento dessa unidade estratigráfica a partir da discussão dessas informações. Também, a partir dos dados petrográficos obtidos em campo na região do Rincão da Tigra, comparar as informações dessa região com dados petrográficos obtidos por estudiosos da Formação Hilário (NARDI & LIMA, 1998; JANIKIAN *et al.*, 2003).

## **3 JUSTIFICATIVA**

A restrita quantidade de informações a respeito do Membro Rodeio Velho e o caráter geoquímico descrito como alcalino e/ou toleítico (ALMEIDA *et al.*, 2000; DUTRA *et al.*, 2008; PAIM *et al.*, 2014; TONIOLO *et al.*, 2007) geram dúvidas à respeito da classificação estratigráfica das diferentes fácies desse magmatismo para diferentes regiões. A revisão dos estudos prévios dessas rochas visa compreender a composição e as ocorrências dos eventos magmáticos relacionados ao Membro Rodeio Velho, discutindo uma possível relação entre as rochas de afinidade alcalina e toleítica observadas por aqueles autores e propondo a comparação das informações adquiridas em campo na região do Rincão da Tigra com a classificação estratigráfica sugerida por Toniolo *et al.* (2007) para o magmatismo Rodeio Velho.

## 4 ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Geologia regional

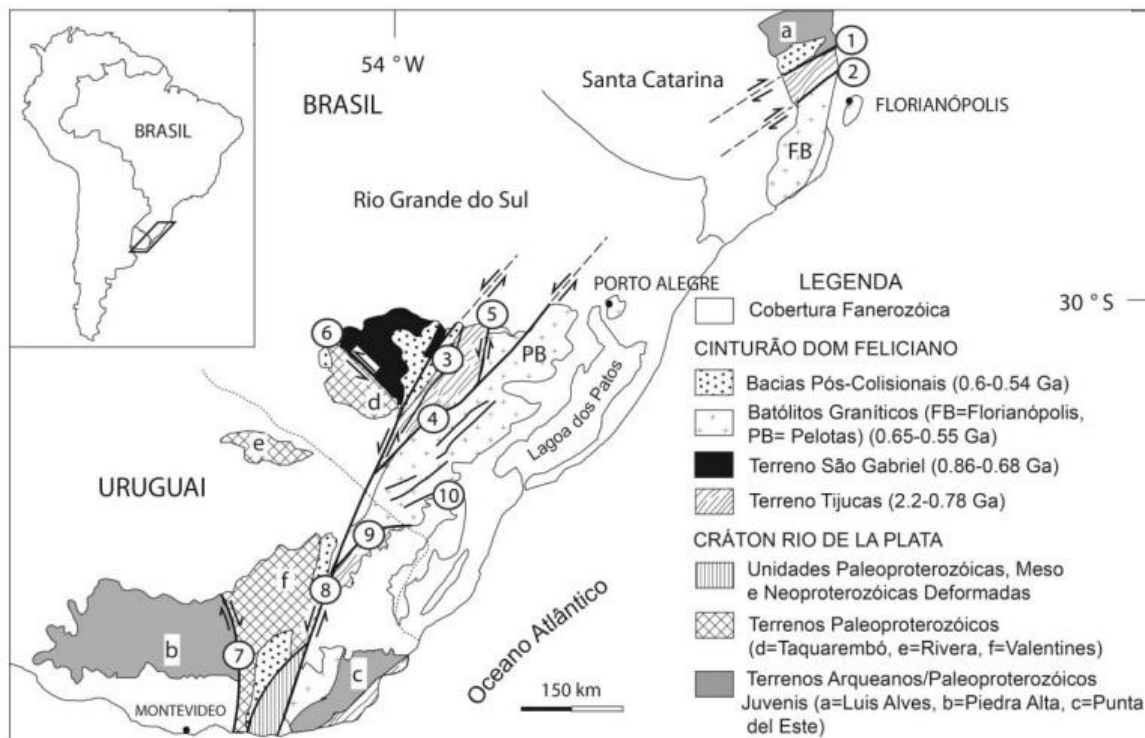
#### 4.1.1 Escudo Sul-rio-grandense

O Escudo Sul-rio-grandense abrange uma área aproximada de 65.000 km<sup>2</sup> e possui grande diversidade geológica (CHEMALE Jr., 2000). Aquele autor subdivide as rochas do Escudo em dois grandes grupos: (i) unidades do embasamento paleoproterozoico e (ii) cinturões neoproterozoicos a eopaleozoicos. A unidade (i) é composta, principalmente, pelo Complexo Granulítico Santa Maria Chico e pelas rochas granito-gnáissicas de grau médio, enquanto a unidade (ii) é representada pelos cinturões Vila Nova, Tijucas e Dom Feliciano (CHEMALE Jr, 2000).

De acordo com seus aspectos estruturais, geofísicos, geoquímicos e litológicos, o Escudo Sul-rio-grandense foi dividido em quatro unidades geotectônicas principais (HARTMANN *et al.*, 1998; 2007), sendo essas Terreno Taquarembó, composto por rochas do complexo granulítico paleoproterozoico – neoproterozoico; Terreno São Gabriel, representado por unidades formadas principalmente por acreção juvenil e rochas derivadas de um manto neoproterozoico; Terreno Tijucas, caracterizado por rochas granito-gnáissicas anfibolíticas paleoproterozoicas, rochas plutônicas e vulcânicas cálcio-alcálicas e metassedimentares; e Batólito de Pelotas, cujos componentes são suítes e complexos graníticos brasileiros. Segundo aqueles autores, o Terreno Taquarembó está inserido no Cráton Rio de la Plata e as demais unidades estão associadas ao Cinturão Dom Feliciano (Fig. 1).

O Membro Rodeio Velho, área de estudo deste trabalho, está localizado na Bacia do Camaquã. Almeida *et al.* (2012) indicam que a bacia se dispõe em direção NE-SW, posicionada ao longo do limites entre o Cinturão Dom Feliciano, à leste, e o Cráton Rio de la Plata à oeste.

Figura 1 - Principais unidades geotectônicas do sul do Brasil e do Uruguai. Zonas de Cisalhamento: 1- Itajai-Perimbó, 2- Major Gercino, 3- Santana da Boa Vista, 4- Dorsal de Canguçu, 5- Passo do Marinheiro, 6- Ibaré, 7- Sarandi Del Y, 8- Sierra Ballena, 9- Cerro Amaro, 10- Arroio Grande.



Fonte: extraído de Hartmann *et al.* (2007).

#### 4.1.2 Bacia do Camaquã

A área estudada está inserida na Bacia do Camaquã. A bacia encontra-se localizada no extremo sul do Brasil e é formada por um conjunto de unidades estratigráficas sedimentares e vulcanogênicas assentadas sobre o embasamento cristalino do Escudo Sul-rio-grandense. Seus registros estão limitados por discordâncias angulares, definidos como alogrupos (PAIM *et al.*, 2000). Sua deposição está associada às fases tardi- a pós-colisionais do Ciclo Brasileiro do Cinturão Dom Feliciano, com ausência de deformações plásticas ou metamorfismo significativo (PAIM *et al.*, 2014). A bacia (Fig. 2) se divide em 4 sub-bacias: Boicí-Piquiri, Guaritas, Santa Bárbara e Ramada-Taquarembó (PAIM *et al.*, 2000).

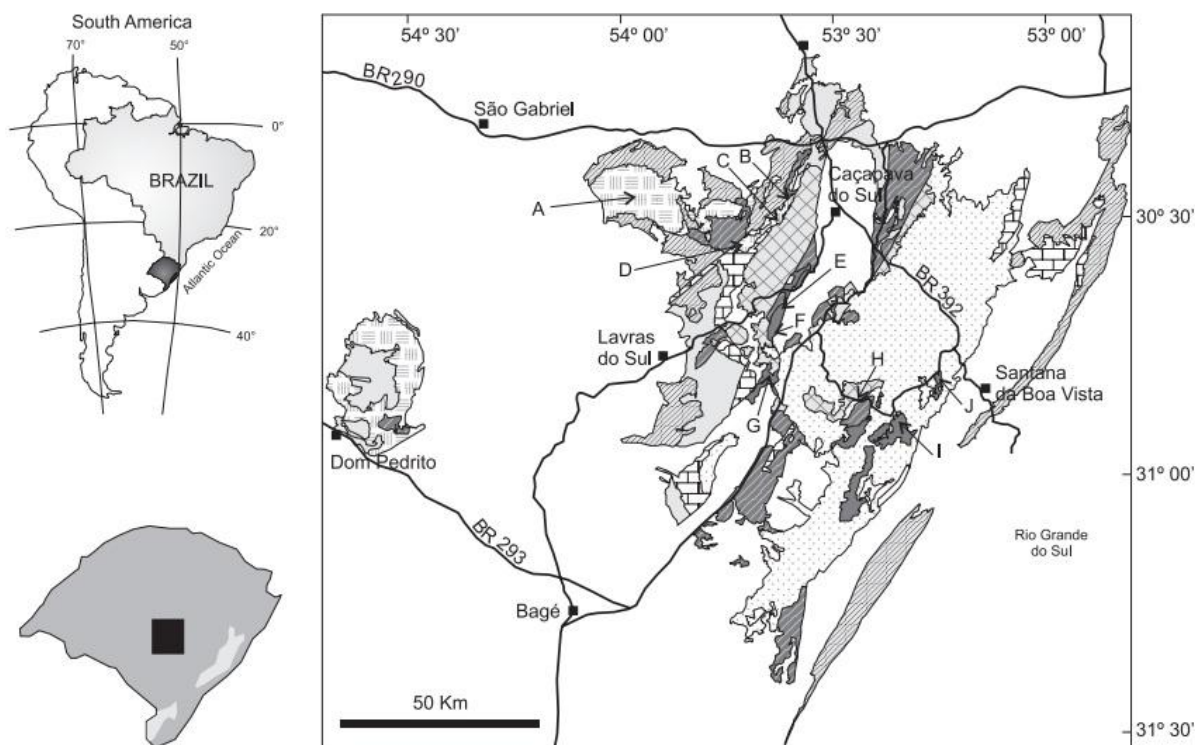
Paim *et al.* (1995) indica que o preenchimento da Bacia do Camaquã é representado pelo Alosupergrupo Camaquã, o qual é subdividido nas seguintes unidades: Alogrupo Maricá, que se encontra na base do Supergrupo e apresenta condições predominantemente marinhas; os Alogrupos Bom Jardim e Santa Bárbara,

em sua porção intermediária, que caracterizam ambientes lacustres parcial ou esporadicamente influenciados por águas marinhas; o Alogrupo Guaritas ao topo, que apresenta comportamento continental. Esse padrão de continentalização da Bacia do Camaquã, associado ao controle tectônico no arranjo estratigráfico de suas unidades, sugere que houve um soerguimento do orógeno Brasileiro em suas fases finais de evolução (PAIM *et al.*, 1995). Quanto às suas características tectônicas, Paim *et al.* (2014) indica que: a Bacia do Camaquã armazena a sobreposição parcial ou total do registro das bacias de antepaís de retroarco Maricá (Alogrupo Maricá); falhas transcorrentes (*strike-slip*) caracterizam o Alogrupo Bom Jardim (Bom Jardim Oeste e Leste); e riftes marcam os alogrupos Santa Bárbara (Santa Bárbara Oeste e Leste) e Guaritas.

Na região sul do Brasil, o magmatismo pós-colisional está predominantemente representado em rochas de idade neoproterozoica. Os eventos plutônicos são caracterizados principalmente por granitoides gerados entre 650 Ma e 580 Ma (NARDI & BITENCOURT, 2007). Aqueles autores indicam a ocorrência de magmatismo subacalino médio a alto-K na fase precoce (650-620 Ma), seguido por associações shoshoníticas (600 Ma) e alcalinas (590-580 Ma).



Na Bacia do Camaquã, diferentes ciclos vulcânicos foram identificados: rochas vulcânicas mais antigas, com composições de afinidade shoshonítica e alcalina predominantemente intermediárias e esparsas ocorrências básicas e ácidas, correspondentes a Formação Hilário, com idade aproximada de 590 Ma; vulcanismo bimodal de afinidade moderadamente alcalina sódica da Formação Acampamento Velho, caracterizados principalmente por depósitos explosivos e efusivos de composição ácida, gerados entre 550 e 580 Ma; e um magmatismo mais novo, representado por depósitos efusivos de composição básica a intermediária e afinidade moderadamente alcalina à toleítica alto-K, correspondentes ao Membro Rodeio Velho (LIMA *et al.*, 2007), com idade de  $470 \pm 19$  Ma.

Figura 2 - Mapa do contexto geológico de parte do Escudo Sul-rio-grandense, segundo Paim *et al.* (2000). Modificado.



#### LEGENDA



##### ALOGRUPO GUARITAS

-  Aloformações Pedra Pintada e Varzinha
-  Membro Rodeio Velho



##### ALOGRUPO SANTA BÁRBARA

-  Aloformações Serra dos Lanceiros e Pedra do Segredo

##### ALOGRUPO CERRO DO BUGIO

-  Aloformação Santa Fé
-  Aloformação Acampamento Velho

##### ALOGRUPO BOM JARDIM

-  Rochas Sedimentares
-  Rochas vulcânicas ("Andesito Hilário")

##### ALOGRUPO MARICÁ

- 

LOCALIDADES	UNIDADE ESTRATIGRÁFICA
A- Acampamento Velho	Formação Acampamento Velho
B- Cerro do Bugio	
C- Cerro do Perau	
D- Serra Santa Bárbara	Membro Rodeio Velho
E- Passo do Correia	
F- Arroio Carajá	
G- Rincão da Tigra	
H- Minas do Camaquã	
I- Rodeio Velho	Membro Rodeio Velho
J- Pedra da Arara	
Passo do Moinho	
Cerro do Diogo	

Fonte: Almeida *et al.* (2005).

## 4.2 Geologia local

O Membro Rodeio Velho, definido originalmente por Ribeiro *et al.* (1996), representa o último evento magmático ocorrido durante a formação da Bacia do Camaquã e é caracterizado genericamente por rochas ígneas vulcânicas – ou subvulcânicas, conforme Silva Filho *et al.* (1996) – de composição básica à intermediária. O contexto geotectônico está associado aos eventos pós-colisionais do Cinturão Dom Feliciano, nos estágios finais do Ciclo Brasileiro (ALMEIDA *et al.*, 2005; PAIM *et al.*, 2014). Seus registros são encontrados nos municípios de Caçapava do Sul, Santana da Boa Vista, Piratini (Fig. 2) e Bagé – RS, principalmente nas regiões do Arroio Carajá, Passo do Moinho e Rincão da Tigra (RIBEIRO *et al.*, 1966; PAIM *et al.*, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2000).

Segundo Paim *et al.* (2000), o Magmatismo Rodeio Velho foi gerado pela reativação de falhas e lineamentos regionais de orientação NE-SW, sob um regime transtrativo. De acordo com estudos geoquímicos realizados por Almeida *et al.* (2003a), sugere-se que trata-se da última manifestação magmática da Orogenia Brasileira, ocorrida em um evento fissural profundo em ambiente intraplaca extensional, possivelmente relacionado a um *hot spot*.

Os minerais comuns nas rochas do Membro Rodeio Velho são geralmente plagioclásio e opacos, como óxidos de ferro, podendo ocorrer apatitas como acessórios e feições de devitrificação, como esferulitos (SILVA FILHO *et al.*, 1996; ALMEIDA *et al.*, 2000). De modo genérico, as rochas são porfíricas ou afaníticas, apresentando vesículas e amígdalas preenchidas predominantemente por calcita e quartzo. Também são observadas feições de fluxo, como lavas em corda (SILVA FILHO, 1996; ALMEIDA *et al.* 2000, LIMA *et al.*, 2007; DUTRA *et al.*, 2008), e feições de interações vulcano-sedimentares bem descritas nas regiões do Arroio Carajá e Passo do Moinho (PETRY, 2006).

## 5. SÉRIES MAGMÁTICAS

### 5.1 Séries ígneas e geração de magmas em ambientes pós-colisionais

As séries ígneas, também chamadas de séries magmáticas, representam a classificação das associações de rochas ígneas segundo sua composição química e desempenham um papel importante para o entendimento da petrogênese, estratigrafia, geotectônica e metalogenia.

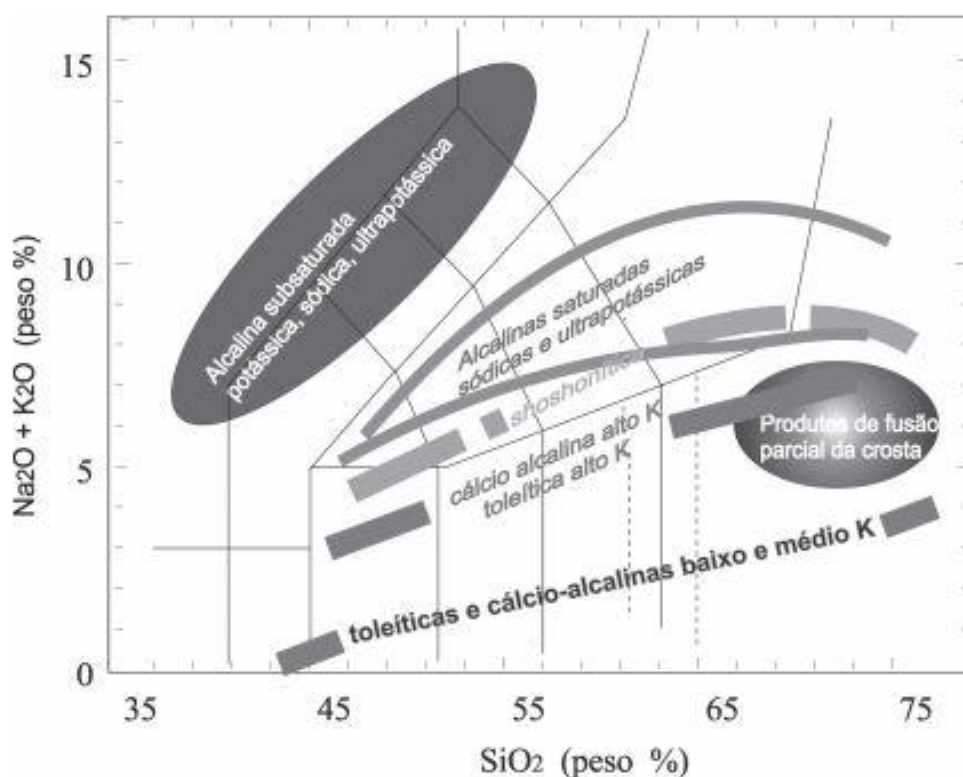
Segundo Nardi (2014, p. 87):

*“[...] as associações de rochas magmáticas derivadas de magmas parentais de composição semelhantes, mesmo que seu processo de diferenciação inclua assimilação ou mistura com materiais externos, ou ainda a reação dos magmas básicos com rochas metamórficas, podem ser agrupadas conforme suas características composicionais comuns.”*

As principais séries magmáticas são: alcalina (subdivida em alcalina subsaturada em sílica, alcalina shoshonítica saturada em sílica, alcalina sódica saturada em sílica e alcalina ultrapotássica saturada em sílica) e subalcalina, representada pelas séries toleítica, cálcio-alcalina e komatítica (NARDI, 2014). Nesse tópico, será enfatizado o comportamento das séries toleítica, alcalina sódica e alcalina shoshonítica.

O termo alcalino é baseado no diagrama TAS [ $\text{SiO}_2$  versus  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ ] (Fig. 3), como referido por Le Maitre (2002). No diagrama, as rochas básicas e intermediárias de afinidade alcalina encontram-se situadas acima da linha que separa as séries saturadas e supersaturadas em sílica, onde as demais são descritas como subalcalinas. A série alcalina sódica saturada em sílica evolui, por diferenciação, para termos supersaturados no diagrama QAPF. No diagrama TAS, ocupa o campo das rochas saturadas em sílica (traquibasaltos, traquiandesitos basálticos, traquiandesitos, traquitos, traquidacitos e riolitos). Essas rochas são, em geral, metaluminosas ou peralcalinas. Existe uma tendência de enriquecimento em elementos de alto potencial iônico, especialmente nos termos peralcalinos, porém são frequentes padrões composicionais de elementos-traço similares aos encontrados nas demais séries (NARDI, 2014).

Figura 1 – Principais séries magmáticas e produtos de fusão crustal lançados no diagrama TAS.

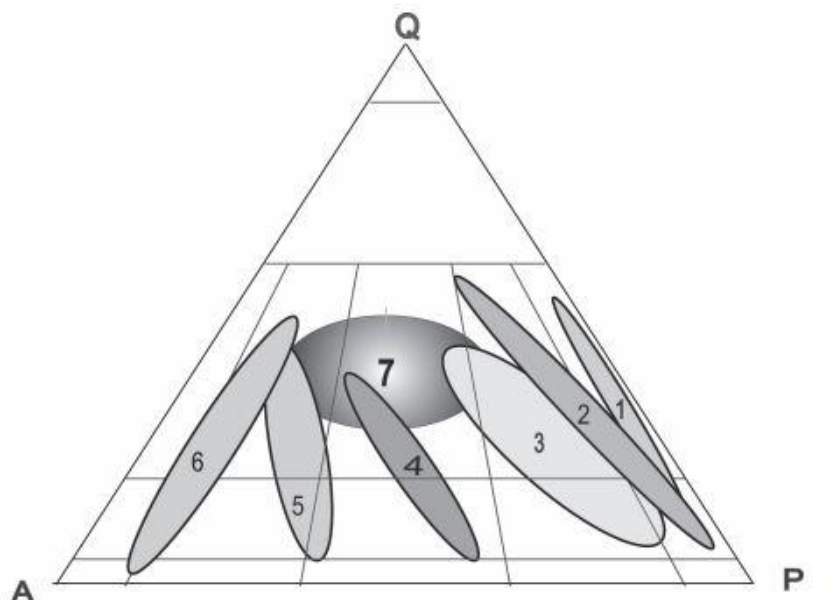


Fonte: Nardi (2014).

A série shoshonítica (Fig. 4), também referida como alcalina potássica saturada em sílica (NARDI, 2014), é representada por rochas de composição gabroica, diorítica, monzodiorítica, monzonítica, quartzomonzonítica e granítica. No diagrama TAS, essas rochas encontram-se distribuídas ao longo dos campos das rochas alcalinas saturadas em sílica, não apresentando enriquecimento relativo em K e condições de  $(K_2O+2) > Na_2O$ . Observa-se um padrão de elevados teores de Sr e Ba, bem como a regularidade nos padrões de ETR (NARDI, 2014). Essas rochas ocorrem predominantemente em ambientes de arco magmático continental maduro e ambientes pós-colisionais.



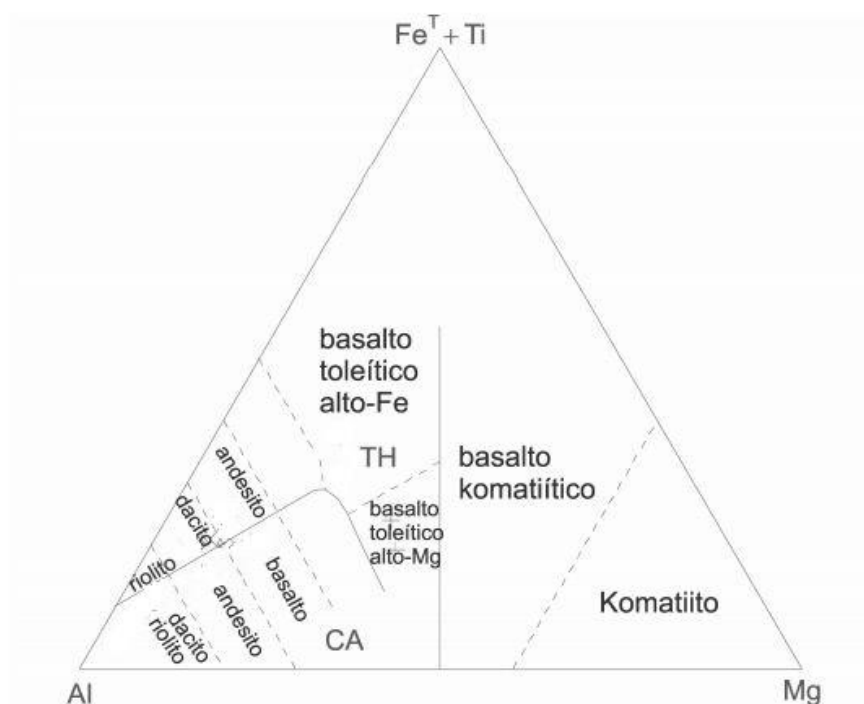
Figura 2 – Principais séries magmáticas e produtos de fusão crustal lançados no diagrama QAP. 1 - série toleítica oceânica; 2 - série cálcio-alkalina baixo-K; 3 - séries subalkalinas (toleítica e cálcio-alkalina) médio e alto-K; 4 - série shoshonítica; 5 – série alcalina saturada em sílica sódica; 6 - série peralkalina e ultrapotássica; 7 - associação leucocrática peraluminosa



Fonte: Nardi (2014).

Segundo Nardi (2014), a série toleítica é classificada como uma série subalkalina. É observado um caráter de enriquecimento de Fe (Fig. 5) nos basaltos toleíticos e empobrecido em  $Al_2O_3$  (variando em torno de 12-14%) quando comparado aos basaltos de afinidade cálcio-alkalina (aproximadamente 17%). As séries toleíticas ocorrem tipicamente em zonas de riftes, associadas a assoalhos oceânicos e cadeias meso-oceânicas ou então a ambientes anorogênicos intraplaca continentais. Nardi (2014) aponta que estudos recentes comprovam a presença desse tipo de magmatismo também em ambientes pós-colisionais.

Figura 3 – Diagrama de Jensen



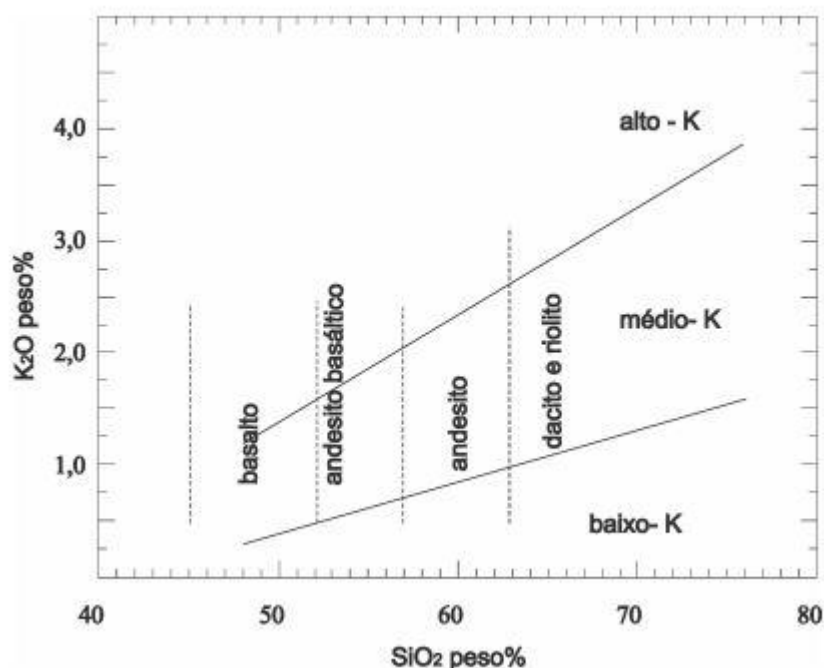
Fonte: Nardi (2014).

Estudos acerca do ambiente pós-colisional ainda são recentes e não foram inteiramente integrados ao modelo de tectônica de placas, dificultando a caracterização do magmatismo gerado nesse ambiente geotectônico. Genericamente, está associado à movimentos ao longo de mega zonas de cisalhamento, colisões oblíquas, delaminação da litosfera, subducção de pequenas placas oceânicas e geração de riftes (LIÉGEOIS, 1998). Esses eventos resultam de um processo colisional precedente, justificando, assim, a utilização da expressão “pós-colisional”. Liégeois (1998) indica que a composição do magmatismo pós-colisional é predominantemente cálcio-alcálica alto-K a shoshonítica, podendo incluir granitoides peraluminosos e granitoides alcalinos a peralcalinos subordinados.

## 5.2 Série toleítica

Segundo Nardi (2014), as séries subalcalinas são compostas principalmente por rochas que se encontram no campo das séries supersaturadas em sílica do diagrama TAS e são subdivididas em baixo-K, médio-K e alto-K (Fig. 6). A série subalcalina é caracterizada pelas séries toleítica, komatiítica e cálcio-alcálica.

Figura 4 - Diagrama de classificação das séries subalcalinas (segundo Le Maitre, 2002)

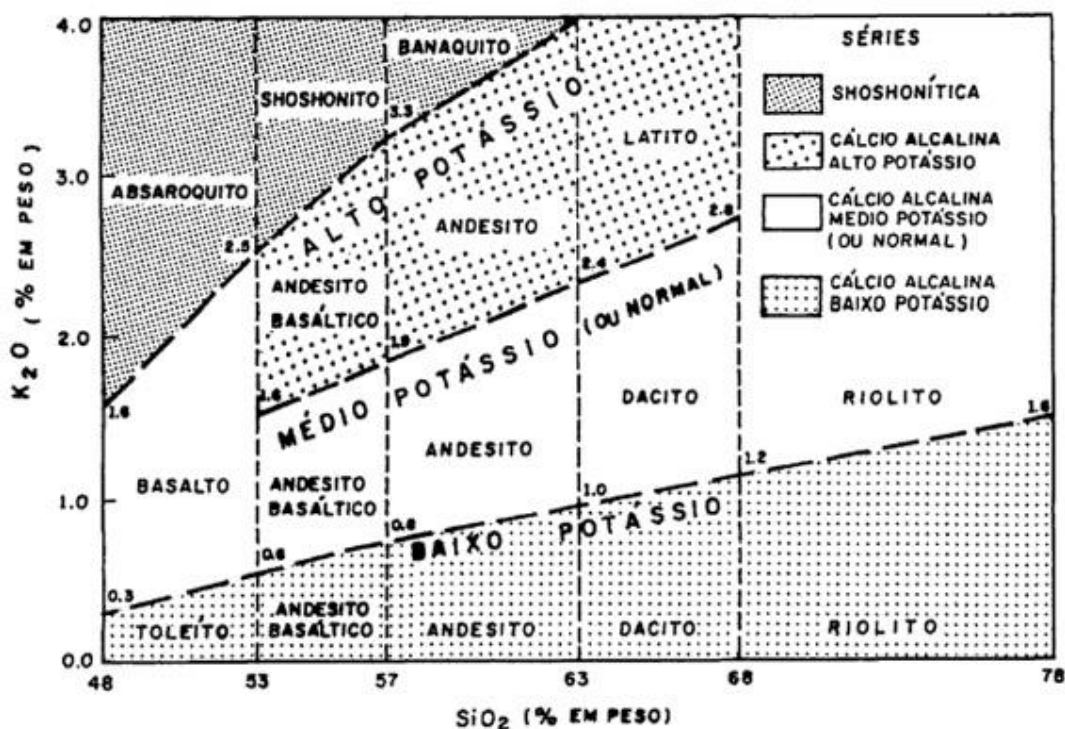


Fonte: Nardi (2014).

A série toleítica é caracterizada principalmente por gabros, quartzo-gabros, tonalitos e trondhjemitos e seus correspondentes vulcânicos, definindo o *trend* tonalítico no diagrama QAP. No diagrama TAS, há uma distribuição da série toleítica da base ao topo da série subalcalina, sendo sua base composta por rochas toleíticas geradas em ambientes oceânicos e ao topo por rochas toleíticas de ambientes continentais (NARDI, 2014). Como descrito no tópico anterior, as rochas de caráter toleítico se caracterizam por padrões de enriquecimento em Fe e empobrecimento relativo em Al quando comparadas com rochas de composição cálcio-alcalina.

Wernick (2004) sugere que as rochas basálticas são divididas em três grandes grupos quando se trata da relação  $\text{SiO}_2$  versus  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ , sendo estes subalcalinas, transalcalinas ou transicionais e alcalinas. Nessa classificação, as rochas da série toleítica encontram-se dentro do grupo das rochas subalcalinas e apresentam teores de  $\text{K}_2\text{O}$  entre 0,8% e 1,8% e teores de  $\text{Na}_2\text{O}$  entre 2,2% e 3,2%. Quanto à relação  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{K}_2\text{O}$ , aquele autor indica que os basaltos toleíticos correspondem aos basaltos baixo-K (Fig. 7).

Figura 5 – Classificação das rochas magmáticas num diagrama SiO<sub>2</sub> versus K<sub>2</sub>O



Fonte: Wernick (2004).

Gill (2014) indica que a divisão de basaltos em alcalinos e toleíticos esclarece o grau de saturação ou subsaturação em sílica em magmas básicos. Antigamente, os basaltos toleíticos eram classificados petrograficamente como sendo aqueles que contém piroxênio com baixo teor de cálcio (enstatita e/ou pigeonita). Porém, pela dificuldade de definir a mineralogia em rochas de granulometria muito fina, essa classificação não é mais recomendada. Para tal, recomendam-se classificações que se baseiam na composição química da rocha (GILL, 2014). Aquele autor sugere que a série toleítica é caracterizada por teores reduzidos de K<sub>2</sub>O e outros elementos incompatíveis.

Embora o uso do diagrama AFM tenha sido muito utilizado para caracterização das séries toleíticas, Le Maitre (2002) argumenta que o diagrama mais recomendado para essa classificação é o de Jensen (figura 5).

### 5.3 Série alcalina

Nardi (2014) subdivide a série alcalina em (i) subsaturada em sílica, com presença modal de feldspatoides e ausência de quartzo; (ii) sódica saturada em sílica, que possui mais  $\text{Na}_2\text{O}$  do que  $\text{K}_2\text{O}$  em sua composição; (iii) potássica, também chamada de shoshonítica, que é rica em K e apresenta razão  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} < 2,0$ ; e (iv) ultrapotássica saturada em sílica, com razão  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 2$ .

Wernick (2004) indica que a principal associação vulcânica associada à série alcalina é dada pela sequência evolutiva de microbasaltos, marcada pelos elevados teores de magnésio nas rochas correspondentes devido a ocorrência de grandes quantidades de olivina modal. Aquele autor indica que pode variar entre série alcalina sódica ou potássica, sendo a sódica, em geral, pobre em feldspatos.

Gill (2014) indica que as rochas alcalinas se subdividem em sódicas, moderadamente potássicas, potássicas e ultrapotássicas, sendo essas diferenças caracterizadas pelas relações entre os teores de  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  que ocorrem nas rochas. De modo geral, é referenciada a utilização de diagrama TAS (Fig. 3) para determinar com maior precisão a afinidade geoquímica das rochas. Situações em que as rochas encontram-se fortemente alteradas podem conter quantidades de álcalis que não representam sua composição magmática. Nestas condições outros diagramas podem ser utilizados, considerando-se elementos menos móveis, como ETRs e elementos-traço.

## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

Por tratar-se de um trabalho de revisão bibliográfica, esta é a principal metodologia aplicada neste estudo. Esse método consiste na busca e interpretação de trabalhos anteriormente realizados na área de estudo e trabalhos que forneçam o embasamento teórico e metodológico para um melhor entendimento dos estudos previamente realizados. O objetivo da revisão bibliográfica é fornecer conhecimento acerca das ocorrências do Membro Rodeio Velho e propor novas interpretações para informações divergentes. A partir da revisão bibliográfica, escolheu-se a região do Rincão da Tigra para reconhecimento do Membro Rodeio Velho em campo.

Parte dos trabalhos utilizados na etapa de revisão bibliográfica do Membro Rodeio Velho foram adquiridos em plataformas online como Lume (UFRGS) e a seção

de publicações do site da Sociedade Brasileira de Geologia (SBG). Trabalhos importantes acerca do Membro Rodeio Velho foram disponibilizados também pela Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Delia Del Pilar Montecinos de Almeida. As demais bibliografias utilizadas para a elaboração deste trabalho foram disponibilizados pelo Prof. Dr. Vinicius Matté e pelo Prof. Dr. Tiago Rafael Gregory.

A segunda etapa do trabalho consiste no trabalho de campo. Os campos auxiliam no reconhecimento dos fenômenos e registros geológicos que ocorrem na área de estudo. Através da observação de afloramentos, relevo e vegetação, obtêm-se informações importantes para o entendimento do contexto geológico local. Nessa etapa, além das observações de campo, foram coletadas amostras para análises mais precisas. Neste trabalho, foram realizadas análises petrográficas das principais amostras coletadas. As aquisições de dados de campo forneceram o embasamento para as novas interpretações propostas.

Para a realização da etapa de campo, foi definido um perfil na região do Rincão da Tigra, área onde são descritas ocorrências do Membro Rodeio Velho. Inicialmente foi realizado trabalho de sensoriamento remoto, através do software Google Earth, com a observação de afloramentos na área em questão. Para o trabalho de campo foi utilizado um veículo disponibilizado pela Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul. Nesta etapa, foram coletadas doze amostras, sendo nove de rochas andesíticas, duas de basaltos e uma de rocha metamórfica.

A análise petrográfica foi a última etapa do trabalho. Foi realizada em laboratório e subdivide-se em duas etapas que auxiliam na identificação dos constituintes mineralógicos das amostras coletadas. A primeira etapa consiste na análise macroscópica descritiva, qualitativa e quantitativa das amostras coletadas em campo e foi realizada com o auxílio de uma lupa de mão, com aumento de 20 vezes. A segunda etapa representa a análise microscópica, realizada a partir da observação e descrição de lâminas delgadas de amostras da região estudada em campo.

A análise petrográfica macroscópica foi realizada principalmente durante o trabalho de campo, com o auxílio de lupa de mão com 10 e 20 vezes de aumento, para a definição mineralógica das amostras e HCl para identificação de minerais de composição carbonática. Na etapa de microscopia, foram disponibilizadas 7 lâminas pela Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Delia del Pilar Montecinos de Almeida (UNIPAMPA), correspondentes a amostras coletadas na região estudada em campo. Das 7 lâminas, foram utilizadas

para análise apenas duas (RLP-2 e RLP-5) devido a intensa alteração observada nelas. As lâminas foram analisadas no Laboratório de Microscopia da Universidade Federal do Pampa, através do microscópio de polarização binocular Carl Zeiss modelo Axio Lab A1, com aumento de 50X até 500X, também conhecido como microscópio petrográfico, que, a partir da observação em nicóis paralelos e cruzados, permite a identificação dos componentes mineralógicos, texturas e algumas estruturas da rocha.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 Evolução do conhecimento científico acerca do Membro Rodeio Velho**

#### **7.1.1 Contexto geotectônico: gênese e manifestações do magmatismo Rodeio Velho**

O Membro Rodeio Velho está inserido na Bacia do Camaquã (*sensu* PAIM *et al.*, 1995), que está associada a um sistema de bacias tardi a pós-tectônicas da Orogenia Pan-Africana/Brasiliana (ALMEIDA *et al.*, 2000). Aqueles autores sugerem que a manifestação magmática mantélica correspondente ao Membro Rodeio Velho ocorreu em margem continental afetada por tectonismo intraplaca distensivo, causado pela reativação de um *hot spot* localizado que fez o magma ascender por fraturas profundas geradas durante esses eventos distensivos (ALMEIDA *et al.*, 2000; ALMEIDA *et al.*, 2003a; ALMEIDA *et al.* 2005). Almeida *et al.* (2000) corroboram com Lima (1998), que sugerem que o magmatismo Rodeio Velho corresponde à fonte de calor das soluções hidrotermais que geraram as mineralizações de Cu (Ag, Au), Pb e Zn (Cu, Ag) nas Minas do Camaquã.

Almeida *et al.* (2003a) descrevem a ocorrência de quatro cones vulcânicos associados a uma caldeira vulcânica localizada a cerca de 25 km a nordeste de Lavras do Sul. Aqueles autores, a partir de comparações de dados petrográficos, geoquímicos e estratigráficos, indicam que esses cones vulcânicos correspondem à manifestações do magmatismo Rodeio Velho. Almeida *et al.* (2005) sugerem que a formação do Membro Rodeio Velho está relacionada às últimas manifestações magmáticas do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, decorrente dos estágios finais da colisão entre as massas continentais Rio de la Plata (com o microcontinente Encantadas acoplado) e Kalahari (ALMEIDA *et al.*, 2012). Porém, outros autores

corroboram com a hipótese de que esse magmatismo representa os estágios iniciais da geração de um rifteamento em crosta completamente consolidada (Supercontinente Gondwana ou Placa Sul-Americana) que deu origem à sedimentação intracratônica da Bacia do Paraná (PAIM *et al.*, 2000; PETRY e ALMEIDA, 2005; PETRY, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2012).

Almeida *et al.* (2005) indicam que o Membro Rodeio Velho correspondem às últimas manifestações vulcânicas da Bacia do Camaquã, sendo estas contemporâneas aos depósitos aluviais e eólicos do Alogrupo Guaritas. Aqueles autores sugerem que o magmatismo está associado ao desenvolvimento de um sistema de rifteamento transtensivo, orientado continuamente e bem preservado na direção NE-SW (BORBA, 2006), chamado de hemi-graben Guaritas. Petry e Almeida (2005) observaram, na região do Arroio Carajá, a presença de falhas que, segundo aqueles autores, está associada à instalação e evolução de edifícios vulcânicos relacionados ao magmatismo Rodeio Velho. A presença de falhas normais sugerem um caráter tectônico extensional que pode explicar os basculamentos – de aproximadamente 25° para SW – observado nas camadas inferiores do Grupo Camaquã e um evento de transcorrência lateral esquerda posterior a esse basculamento (PETRY e ALMEIDA, 2005; BORBA, 2006). Paim *et al.* (2014) indica que o magmatismo Rodeio Velho está relacionado à extração de magmas mantélicos básicos alcalinos da base da crosta recém-formada, associada aos eventos distensivos do Rifte Guaritas.

As interpretações obtidas através das análises geoquímicas de Almeida *et al.* (2000) sugerem que as rochas do Membro Rodeio Velho, possivelmente, se formaram a partir de processos de cristalização fracionada, como indicado pela boa correlação entre pares de elementos incompatíveis, que pode ser observado nos diagramas bivariados de Ce *versus* Sm, Ce *versus* La, Zr *versus* Nb e Zr *versus* Y (ALMEIDA *et al.* 2000; ALMEIDA *et al.*, 2005). Dados isotópicos sugerem que o magmatismo Rodeio Velho originou-se a partir de um manto depletado, que foi enriquecido posteriormente em elementos incompatíveis como Ba (ALMEIDA *et al.*, 2003b; ALMEIDA *et al.*, 2005). Almeida *et al.* (2012) propõem que o magmatismo Rodeio Velho teve início em 547 Ma, estendendo-se até 535 Ma.



### 7.1.2 Contexto Estratigráfico

A unidade estratigráfica Membro Rodeio Velho (RIBEIRO *et al.*, 1966) foi definida a partir das rochas intermediárias encontradas na região de Rodeio Velho e no vale do Rio do Camaquã, a leste e a sul das Minas do Camaquã, respectivamente, sendo classificado como um membro da Formação Santa Bárbara (Grupo Camaquã). Aqueles autores descrevem o Membro Rodeio Velho como derrames andesíticos com vesículas alongadas, tipicamente isentos de evidências de atividade explosiva, separando as atividades vulcânicas em três derrames intercalados com arenitos arcoseanos da Formação Santa Bárbara, resultando em um pacote de aproximadamente 100 metros de espessura. Borba (2006) também corroboram com a classificação de Ribeiro *et al.* (1966), indicando que o Membro Rodeio Velho está intercalado com a base da Formação Santa Bárbara.

Paim *et al.* (2014) sugere que o magmatismo Rodeio Velho corresponde a uma subunidade da Formação Pedra Pintada do Grupo Guaritas, intercalando-se com estratos de depósitos eólicos e fácies aluviais na base da formação. Toniolo *et al.* (2007) indicam no Projeto Baneo que foi relatada a ocorrência de uma atividade vulcânica andesítica contemporânea a deposição da Formação Santa Bárbara. As rochas correspondentes a esse evento vulcânico foram geoquimicamente classificadas por aqueles autores como traquiandesitos basálticos, andesitos e subordinadamente riolitos. A composição química em rocha total (elementos maiores e traço, incluindo ETRs) indica que esse vulcanismo tem afinidade alcalina (TONIOLO *et al.*, 2007). Aqueles autores classificam essas rochas como sendo pertencentes ao Membro Rodeio Velho, porém eles as incluíram na Formação Hilário por acreditarem que a idade de 535 Ma obtida por Almeida (2005) corresponde à idade da alteração hidrotermal sofrida por essas rochas. Almeida *et al.* (2005) indica que as rochas basálticas e andesíticas do Membro Rodeio Velho se difundem em meio aos depósitos eólicos da base do pacote de 1300 m de espessura do Alogrupo Guaritas.

### 7.1.3 Petrografia

O Membro Rodeio Velho (RIBEIRO *et al.*, 1966) foi definido a partir das rochas básicas e intermediárias encontradas na região de Rodeio Velho e no vale do Rio do Camaquã, a leste e a sul das Minas do Camaquã, respectivamente, sendo classificado como um membro da Formação Santa Bárbara (Grupo Camaquã). Aqueles autores

descrevem o Membro Rodeio Velho como derrames andesíticos com vesículas alongadas, tipicamente isentos de evidências de atividade explosiva, separando as atividades vulcânicas em três derrames intercalados com arenitos arcoseanos da Formação Santa Bárbara, resultando em um pacote de aproximadamente 100 metros de espessura.

Silva Filho *et al.* (1996) descrevem as rochas andesíticas do Membro Rodeio Velho como sendo de textura porfirítica à afanítica com coloração cinza a avermelhada, apresentando vesículas e amígdalas preenchidas por calcita nas zonas de contato com as rochas sedimentares, atingindo espessuras de até 200 metros e grandes extensões laterais. Quanto à mineralogia, as rochas apresentam cristais de plagioclásio, piroxênio (pseudomorfos), biotita e opacos, com plagioclásio, piroxênio e material vítreo na matriz, frequentemente observando-se orientação em decorrência do fluxo magmático (SILVA FILHO *et al.*, 1996). Aqueles autores sugerem, através das feições de contato de topo dos andesitos com as rochas sedimentares, que seu alojamento é intrusivo raso, denominando, posteriormente, o magmatismo como Suíte Intrusiva Rodeio Velho.

Almeida *et al.* (2000) realizaram estudos petrográficos nas rochas do Membro Rodeio Velho, caracterizando três fácies magmáticas nas regiões correspondentes, sendo estas intrusões rasas, com derrames e depósitos piroclásticos ao topo. As diferentes fácies magmáticas apresentam xenólitos de arenitos com estruturas sedimentares preservadas. Na região do Arroio Carajá, são descritas intrusões rasas em contatos abruptos com as rochas sedimentares da Aloformação Pedra Pintada, apresentando feições de interações vulcano-sedimentares, como xenólitos e diques clásticos que preservaram icnofósseis e estruturas originais das rochas sedimentares. Essas intrusões apresentam-se vesiculadas em algumas porções, com amígdalas preenchidas por quartzo, celadonita/clorita e carbonatos. Nessa mesma região, também, são descritos derrames do tipo *aa* e *pahoehoe* com tubos ocos da ordem de centímetros a decímetros. Os derrames e as intrusões apresentam vesículas e amígdalas com cerca de 5 mm de comprimento que ocorrem na base e no topo desses derrames. As intrusões e os derrames anteriormente descritos, também, ocorrem nas regiões de Rodeio Velho, Cerro do Diogo, Pedra da Arara e Arroio dos Neves (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Figura 6 - Contato entre arenito da Formação Pedra Pintada e derrame basáltico do Membro Rodeio Velho na região da Pedra da Arara.



Fonte: autor.

Dois quilômetros ao norte do Arroio Carajá, são descritos por Almeida *et al.* (2003a) afloramentos correspondentes a quatro cones vulcânicos originados através de eventos tectônico-estruturais que foram preservados pela deposição das rochas da Aloformação Varzinha. Ao longo dessa área, há ocorrência de blocos de rochas andesíticas e basálticas vesiculares e concentrações de jaspes, calcedônia e geodos. Almeida *et al.* (2000) indicam que a sucessão de fácies magmáticas encontra-se bem representada na região do Rincão da Tigra, onde são encontradas rochas intrusivas, extrusivas e piroclásticas. As intrusivas estão alocadas sobre as rochas metamórficas do embasamento e as sedimentares da Aloformação Pedra Pintada. Os depósitos piroclásticos são estratiformes com bandas de tufos de cinza e lápili, apresentando

*shards* e *fiammes* oxidados e porções brechadas em algumas localidades, principalmente associadas à base do depósito (ALMEIDA *et al.*, 2000). Quartzo microcristalino ocorre em veios ou como substituição de matriz nas rochas de origem explosiva.

De modo geral, os derrames e intrusões classificados por Almeida *et al.* (2000) apresentam características petrográficas semelhantes. São descritos fenocristais de plagioclásio euédricos à subédricos, parcialmente substituídos por carbonatos ou argilominerais em algumas porções, fraturas preenchidas por óxidos, ocorrências isoladas de fenocristais de minerais opacos e presença de vidro intersticial, por vezes recristalizado e com esferulitos. Petrograficamente, os derrames foram classificados como andesitos e basaltos subalcalinos, traquiandesitos e basaltos alcalinos, enquanto que as subvulcânicas intrusivas foram classificadas como tranquiandesitos e basaltos alcalinos (ALMEIDA *et al.*, 2000). Aqueles autores indicam que as rochas piroclásticas apresentam clastos de rochas vulcânicas afaníticas e rochas vulcânicas com cristais de plagioclásio e quartzo. Alguns dos tufos descritos possuem vidro formado a partir de minerais opacos que, por vezes, constituem a matriz dessas rochas. Os tufos foram petrograficamente classificadas como traquiandesitos (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Lima *et al.* (2007) indicam que as rochas ígneas do Membro Rodeio Velho (Fig. 9) afloram na região de Lavras do Sul como manifestações efusivas subaéreas, caracterizadas por derrames basálticos lenticulares muito alterados. Essas rochas apresentam, em algumas porções, xenólitos de rochas sedimentares da Formação Guaritas e estruturas do tipo *pahoehoe* e tubos nas porções distais dos derrames. São descritas estruturas de escape de gases em algumas porções do topo desses derrames, como *degassing pipes*, que caracterizam intensas atividades de voláteis no magma (LIMA *et al.*, 2007). Aqueles autores indicam que houve uma inversão estratigráfica na sequência de deposição vulcânica na região de Lavras do Sul, pois é descrito o desenvolvimento de crostas superficiais que causaram a formação de túneis onde fluíam lavas mais jovens.

Na região das Minas do Camaquã, o Membro Rodeio Velho se manifesta como intrusões máficas alteradas nos arenitos da Formação Guaritas. São observadas estruturas tipo *pillow-sill* que se diferenciam das estruturas de *pillow* formadas em ambientes subaquosos. Em corte perpendicular essas estruturas definem feições do

tipo *multiple-rind*, que indicam a intrusão de magma em sedimentos molhados ou arenitos parcialmente litificados e saturados em água (LIMA *et al.*, 2007). Aqueles autores sugerem que as relações de natureza vulcano-sedimentar citadas anteriormente ocorrem nas porções próximas à base da Formação Guaritas.

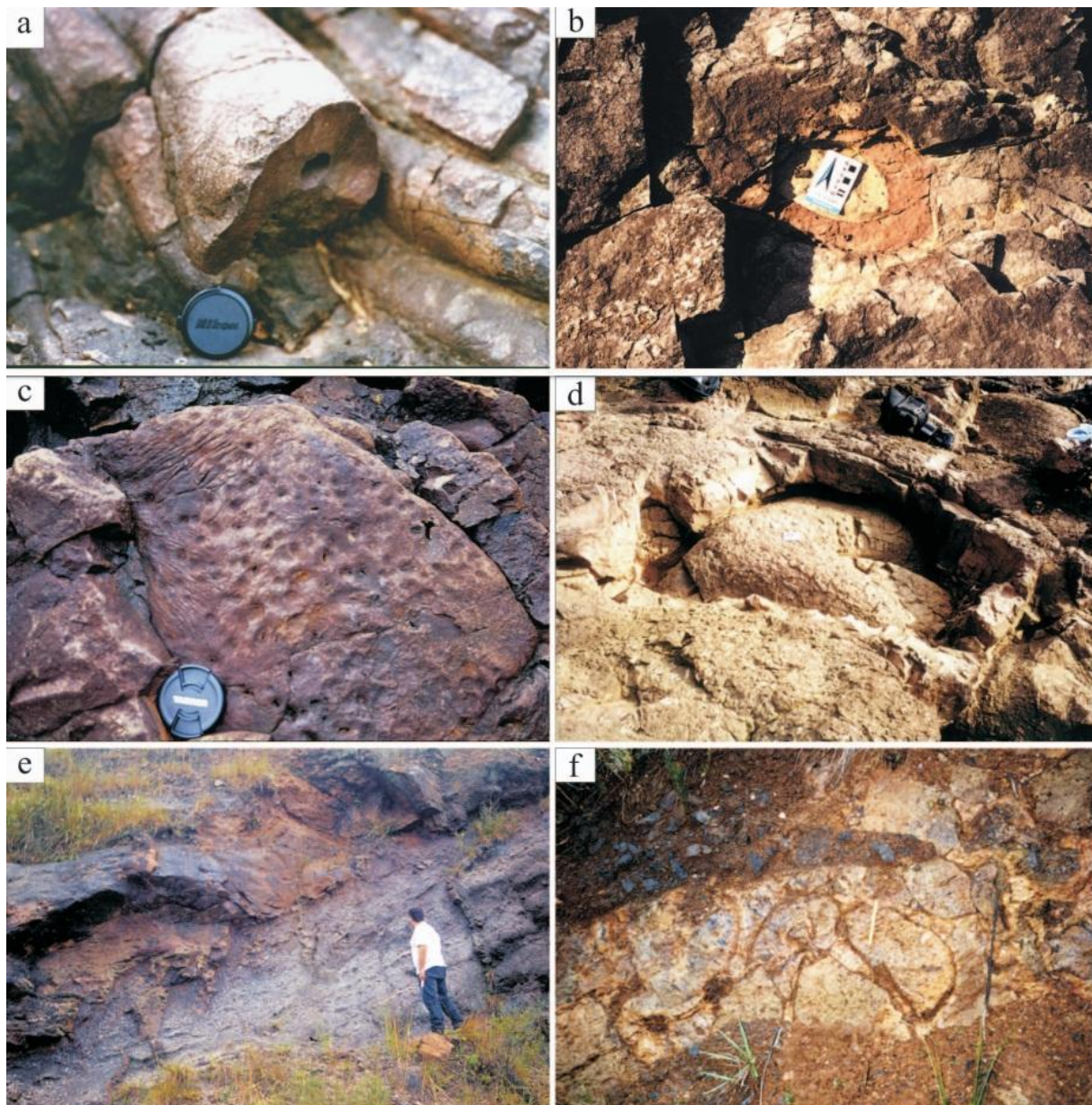
Almeida *et al.* (2000), Petry (2006) e Almeida *et al.* (2012) descrevem diferentes tipos de texturas para as rochas do Membro Rodeio Velho, sendo estas pilotaxítica, vitrofírica, ofítica e glomeroporfírica com fenocristais de plagioclásio euédricos a subédricos. Os cristais de plagioclásio (Fig. 10), geralmente alterados para carbonatos, apresentam tamanho médio de 0,5 mm e podem estar orientados na matriz. Aqueles autores descrevem a presença de resquícios de piroxênio, olivina e minerais opacos euédricos que variam de 0,1 mm a 0,3 mm e minerais acessórios como apatita e zircão. De modo geral, as rochas encontram-se bastante vesiculadas e em algumas porções essas vesículas formam amígdalas preenchidas por quartzo e carbonatos (ALMEIDA *et al.*, 2012).

Dutra *et al.* (2008) estudaram as estruturas dos derrames do Membro Rodeio Velho nas regiões das Minas do Camaquã e Cerro Colorado. Aqueles autores indicam que, nessas regiões, há predomínio de fluxos compostos básicos vesiculados, classificados como *pahoehoe*. Os derrames apresentam estruturação interna – divididas em crosta superior, núcleo e crosta inferior – e feições de superfície lisa, ondulada e em corda (DUTRA *et al.*, 2008). Segundo aqueles autores, as estruturas em *pahoehoe* se formam em condições de baixas taxas de efusão (< 5 – 10 m<sup>3</sup>/s).

O início da geração de seus fluxos é marcado pelo avanço da lava em forma de lobos de pequena estrutura que formam rapidamente a crosta superior da estrutura, sendo favorecida a ocorrência de feições de fluxos inflados nas porções com baixa inclinação. Os fluxos *pahoehoe* apresentam espessuras que variam de 8 a 10 metros e estruturas compatíveis com a baixa taxa de efusão, indicando, também, que o vulcanismo se estabeleceu de modo constante em regiões planificadas que favoreceram a formação de vesículas (DUTRA *et al.*, 2008). Aqueles autores ainda sugerem que as erupções foram intermitentes a partir da observação da natureza composta dos fluxos que ocorrem na região.

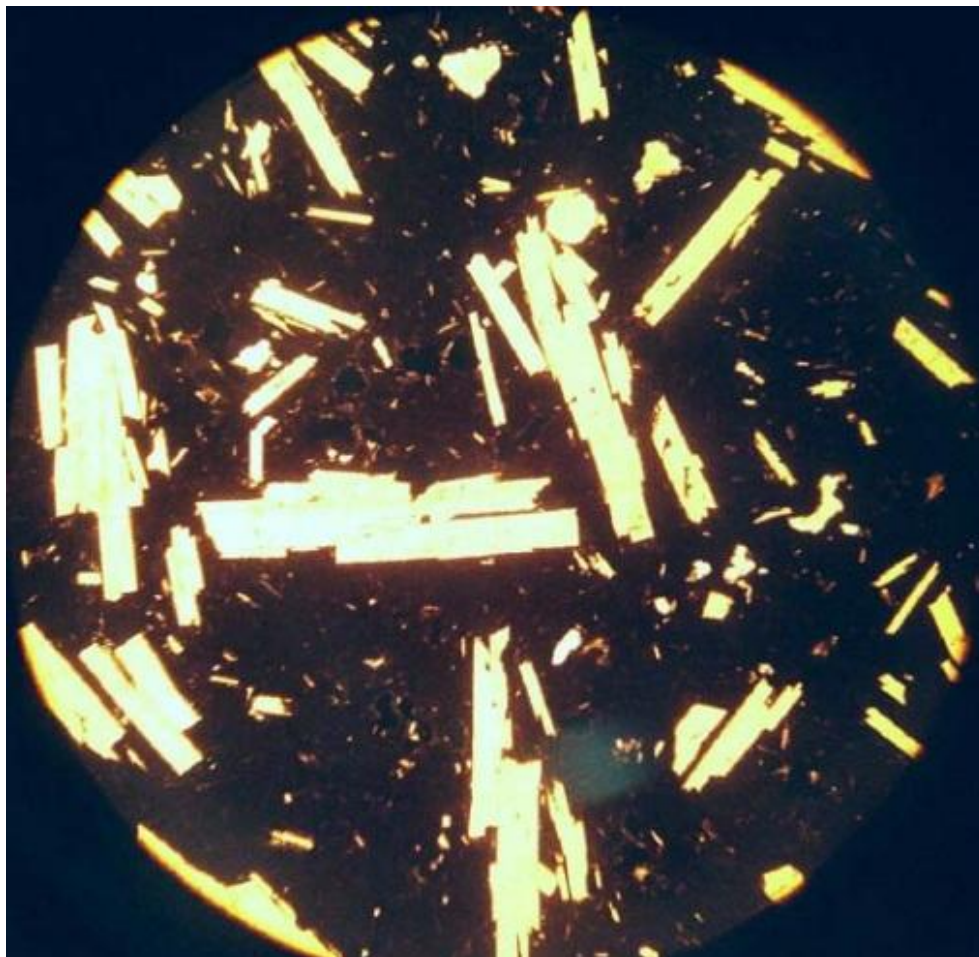


Figura 7 - Exemplos de rochas e estruturas do vulcanismo Rodeio Velho: (a) detalhe da estrutura dos tubos de lava; (b) estrutura de escape de gases; (c) corrugações e depressões circulares, indicando feições de escape de gases; (d) janela sobre crosta de lava, revelando um antigo canal de lava subterrâneo; (e) afloramento mostrando a intrusão de um corpo tipo *pillow-sill* em sedimentos, possivelmente, não consolidados da base da Formação Guaritas; (f) estruturas tipo *multiple-ring*, em seção transversal de *pillow-sill*.



Fonte: Lima *et al.* (2007).

Figura 8 – Fotomicrografia apresentando plagioclásio em matriz vítrea oxidada característica das rochas do Arroio Carajá em microscópio visto à nicóis paralelos com aumento de 10x.



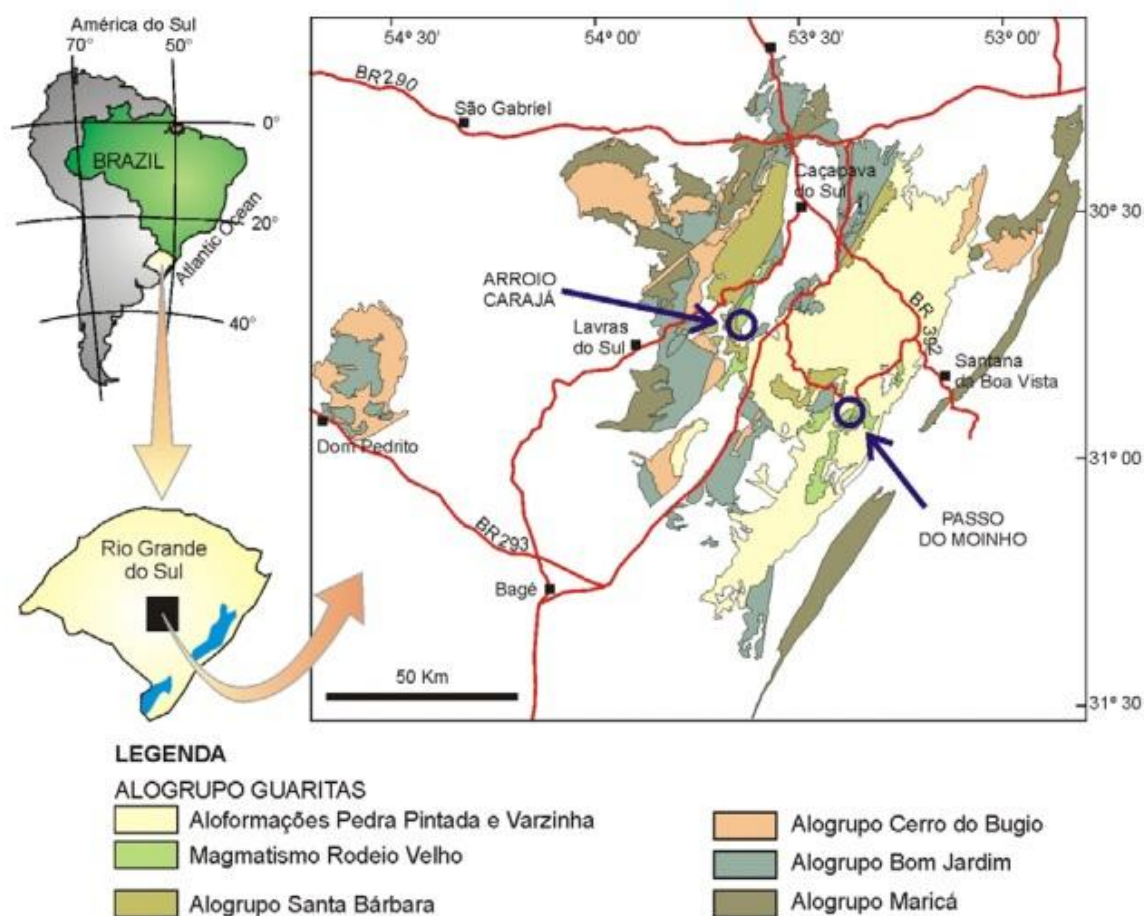
Fonte: Petry (2006).

#### 7.1.4 Interações vulcano-sedimentares

A cerca de 30 km a sudoeste de Caçapava do Sul, no Arroio Carajá, e na região do Passo do Moinho, localizado a 40 km a leste da BR-153 através da estrada das Minas do Camaquã (RS-625), encontram-se ocorrências de interações vulcano-sedimentares relacionados ao Membro Rodeio Velho (Fig. 11). Essas feições ocorrem quando há interação de magmas – sejam em forma de lava, fluxos piroclásticos ou intrusões rasas – com sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados de ambientes sedimentares ativos ou que passaram por processos de soterramento recentes (PETRY, 2006). Ocorrências de interações vulcano-sedimentares, também, são descritas por Lima *et al.* (2007), citadas anteriormente no capítulo de petrografia.



Figura 9 - Localização das interações vulcano-sedimentares do Membro Rodeio Velho.



Fonte: Petry (2006).

#### 7.1.4.1 Arroio Carajá

Petry (2006) descreve três tipos de magmatismo na região do Arroio Carajá, sendo dois derrames, denominados como RV1 e RV3, e uma intrusão rasa (RV2) intercalados com camadas de rochas sedimentares (S1). Segundo aquela autora, não há como distinguir petrograficamente os derrames da intrusão epizonal, sendo essa distinção definida através das relações de contato com as encaixantes. Todos os níveis ígneos observados apresentam-se intensamente vesiculados, com presença de amígdalas preenchidas por quartzo e/ou carbonatos que variam de 0,5 mm a 10 mm.

O derrame RV1 é caracterizado por derrames do tipo *pahoehoe* (Fig. 12) melanocráticos de textura afanítica que apresentam estruturas de tubos anastomosados de aproximadamente 40 cm de diâmetro em sua base e lavas em



corda em suas porções superiores. É descrita por Petry (2006) a presença de diques clásticos associados ao RV1. O caráter maciço dos sedimentos desses diques sugere o preenchimento de fissura no topo do derrame após seu resfriamento. Petrograficamente, RV3 se assemelha muito ao derrame RV1, mas diferencia-se em termos estruturais por apresentar estrias de fluxo nas superfícies de contato com as sedimentares S1 – indicando a direção principal de fluxo N254° – e por não haver evidências de lavas em corda ou tubos de lava, definindo um derrame do tipo aa (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Figura 10 - Derrame tipo pahoehoe com lavas em corda no Arroio Carajá.

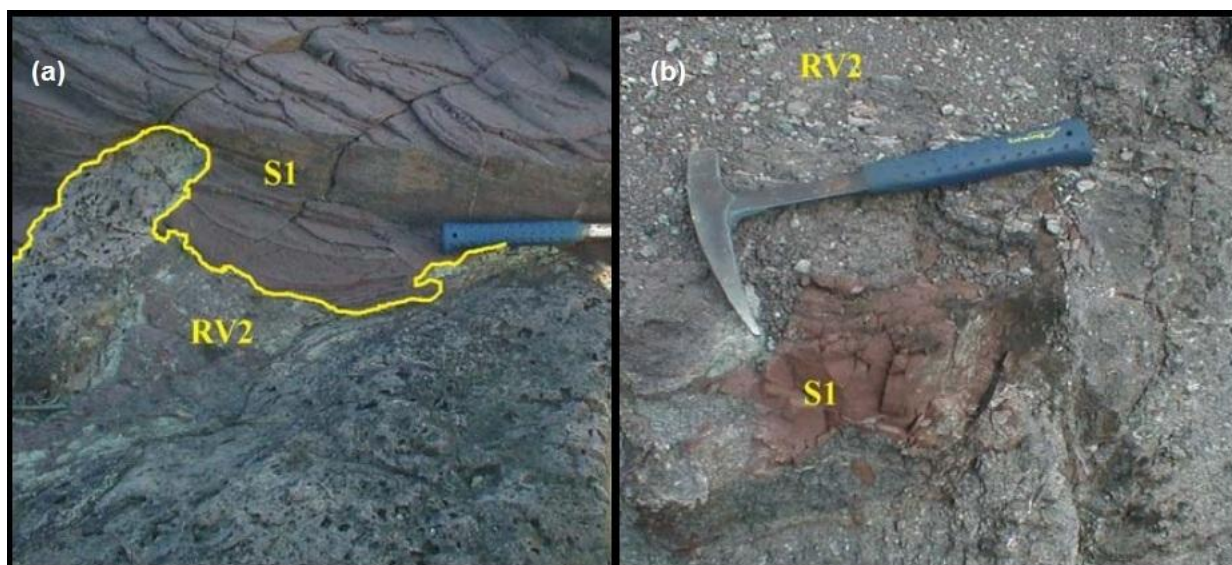


Fonte: autor.

RV2, assim como RV1, é descrito como rocha ígnea melanocrática de textura afanítica. Porém, as relações vulcano-sedimentares (Fig. 13) observadas por Petry (2006) entre apófises protuberantes e a superfície de contato irregular entre RV2 e S1 indicam que trata-se de uma intrusão extremamente rasa. RV2 também apresenta xenólitos em forma de placas tabulares provindos de sedimentos de S1. As camadas sedimentares S1 são caracterizadas predominantemente por arenitos finos a médios com estratificação cruzada de baixíssimo ângulo, tendo alguns níveis de rochas

pelíticas com gretas de contração, que indicam exposição subaérea dessas rochas (PETRY, 2006). Almeida *et al.* (2000) indicam que essas rochas sedimentares pertencem à Aloformação Pedra Pintada, caracterizada por depósitos eólicos e fácies aluviais (PAIM *et al.*, 2014).

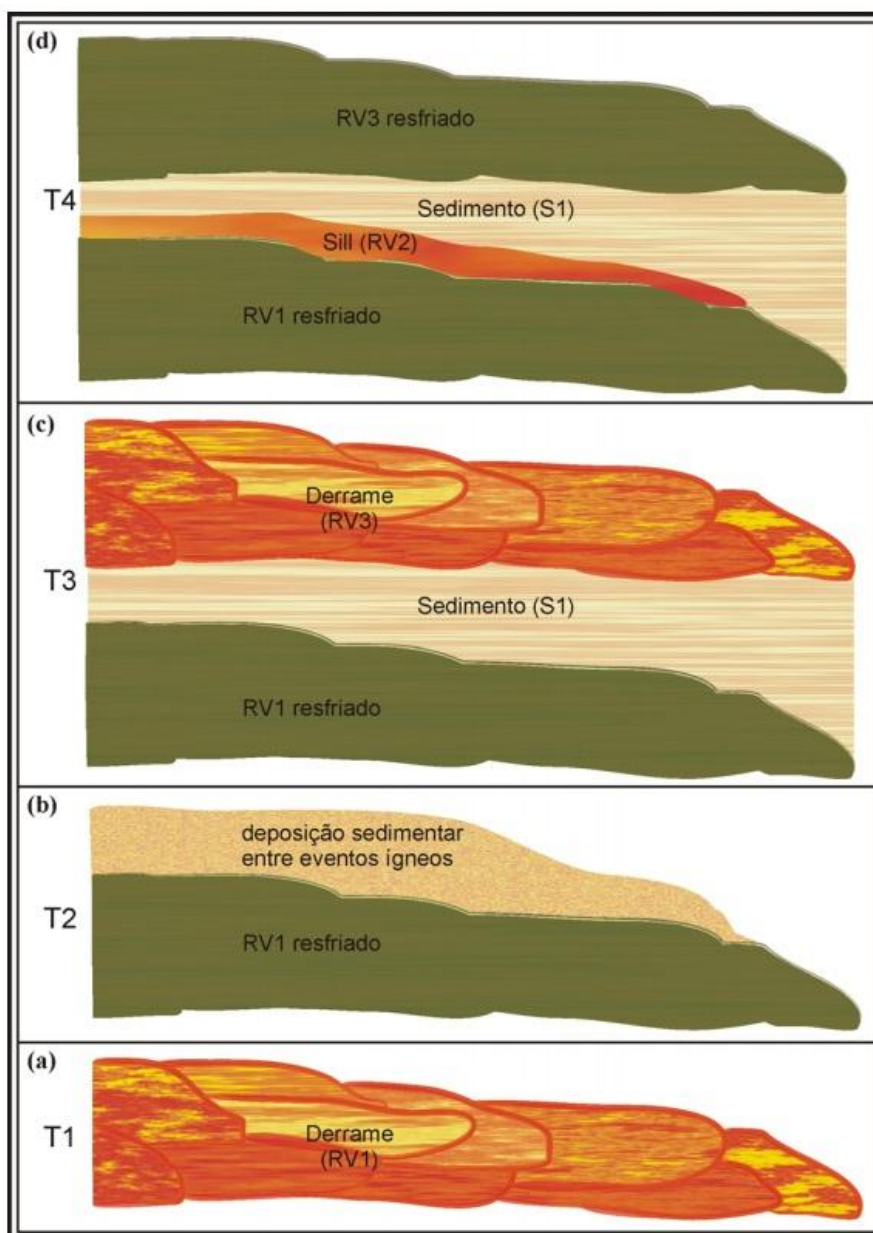
Figura 11 - Interações vulcano-sedimentares no Arroio Carajá. (a) apófise; (b) xenólito de arenito.



Fonte: Petry (2006). Modificado.

Petry (2006) sugere um modelo conceitual para a evolução da interação vulcano-sedimentar observada na região do Arroio Carajá, conforme ilustrado na figura 14. Inicialmente, ocorreu um derrame fluido (RV1) sobre um substrato desconhecido que formou estruturas de tubos e lavas em corda. Ao término do derrame, o resfriamento desse corpo fez com que algumas fraturas surgissem em sua superfície. Essas fraturas são preenchidas por sedimentos que se depositam sobre o corpo ígneo resfriado, formando um pacote de sedimentos inconsolidados.

Figura 12 - Modelo conceitual das interações vulcano-sedimentares no Arroio Carajá. (a) RV1; (b) S1; (c) RV3; (d) RV2.



Fonte: Petry (2006).

Novamente, as atividades ígneas se manifestam através de um novo derrame (RV3) que encobre os sedimentos inconsolidados, ajudando a consolidar o pacote sedimentar (S1) e formando estrias de fluxo e impressões de lava em corda enquanto a lava avança. O último corpo vulcânico, que pode estar ou não ligado ao RV3, é a intrusão (RV2). A lava, enquanto extravasa para a superfície, encontra um intervalo de fraqueza no contato do sedimento (S1) com o derrame (RV3) e coloca-se ali em

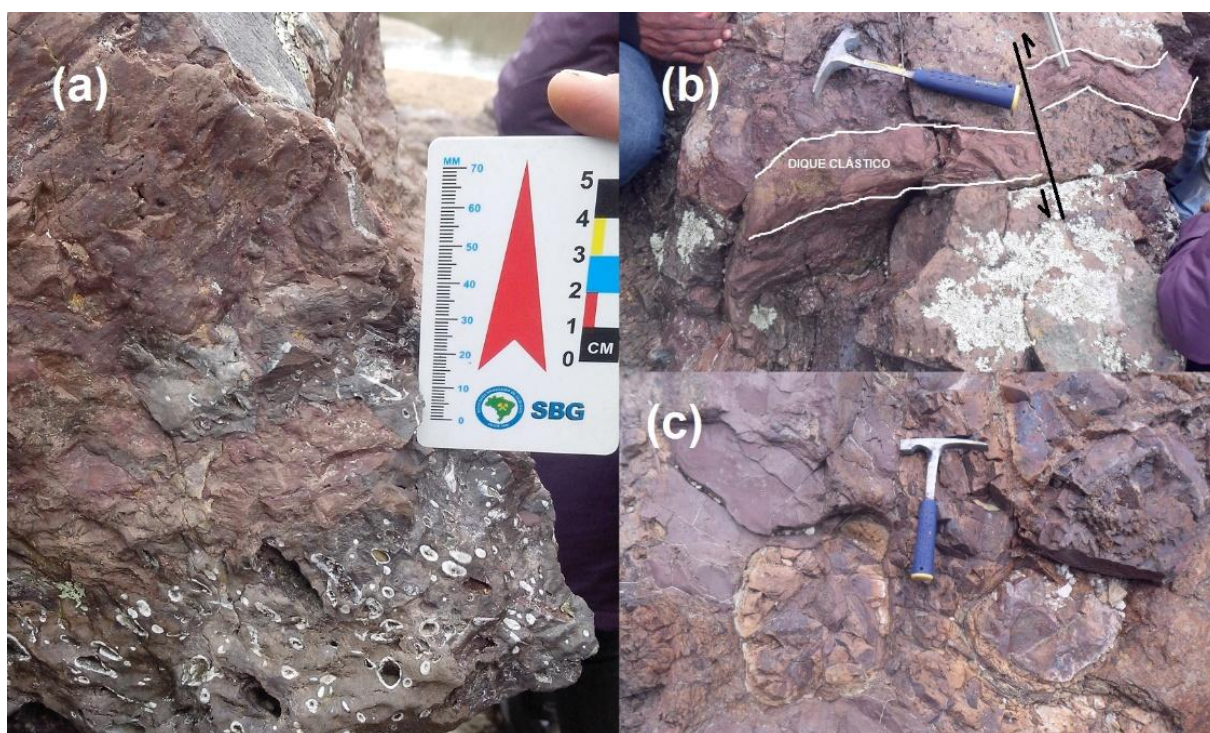


forma de soleira. Por estar em condições próximas à superfície, seu resfriamento provocou o escape de gases e a formação de vesículas que, posteriormente, foram preenchidas por outros materiais. O comportamento do magma, sob as condições de baixíssima pressão litostática pela proximidade com a superfície, também permitiu a formação de apófises lobadas no contato com S1. Essas características do ambiente também corroboram para a formação dos xenólitos observados nessas rochas ígneas. (PETRY, 2006).

#### 7.1.4.2 Passo do Moinho

A região do Passo do Moinho, assim como o Arroio Carajá, é repleta de estruturas – sejam primárias ou posteriores à formação das rochas – e feições vulcano-sedimentares que indicam relações complexas entre pulsos magmáticos e ambientes de deposição de sedimentos ativos ou recentes. Dentre as estruturas e feições encontradas nas regiões, destacam-se a presença de fraturas e falhas normais, enclaves sedimentares, diques clásticos e peperitos (Fig. 15).

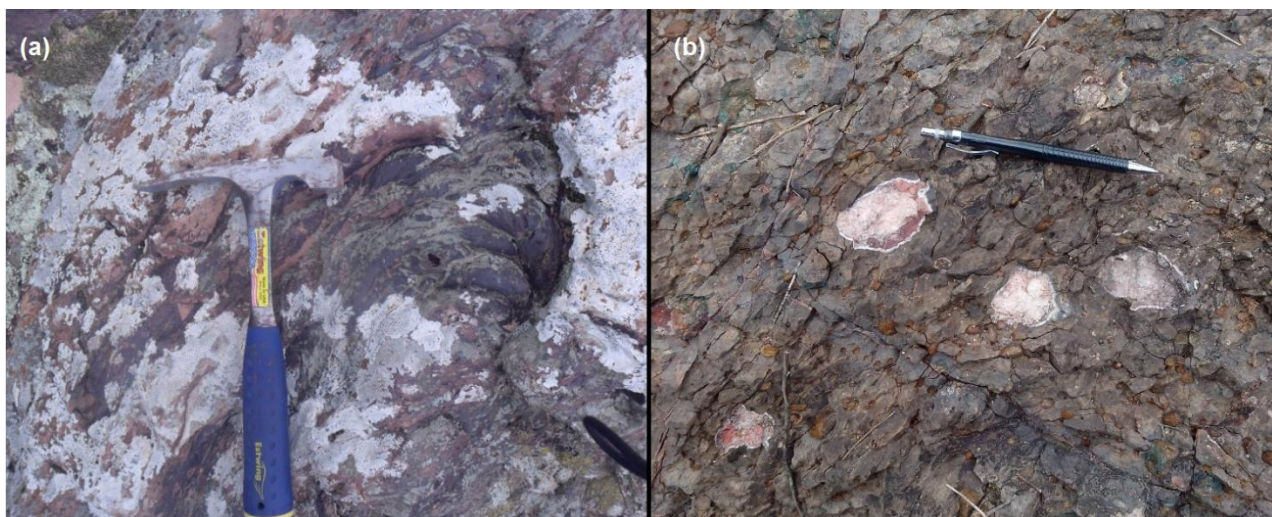
Figura 13 - Exemplos de interações vulcano-sedimentares na região do Passo do Moinho. (a) Peperitos; (b) dique clástico com deformação rúptil causado por falha normal; (c) enclaves sedimentares.



Fonte: autor.

O Membro Rodeio Velho aflora às margens do Arroio do Moinho, na região do Passo do Moinho. Segundo Petry (2006), a porção leste do afloramento, acima da ponte que atravessa o arroio, apresenta estruturas de fluxo como derrames em corda (Fig. 14) e tubos de lava anastomosados. Os derrames encontrados nessa porção do afloramento encontram-se intensamente vesiculados, com porções amigdaloidais preenchidas predominantemente por carbonatos (PETRY, 2006) e argilominerais. Algumas amígdalas chegam a aproximadamente 7 cm de comprimento.

Figura 14 - Estruturas presentes no Passo do Moinho. (a) lava em corda; (b) amígdalas preenchidas por carbonatos.



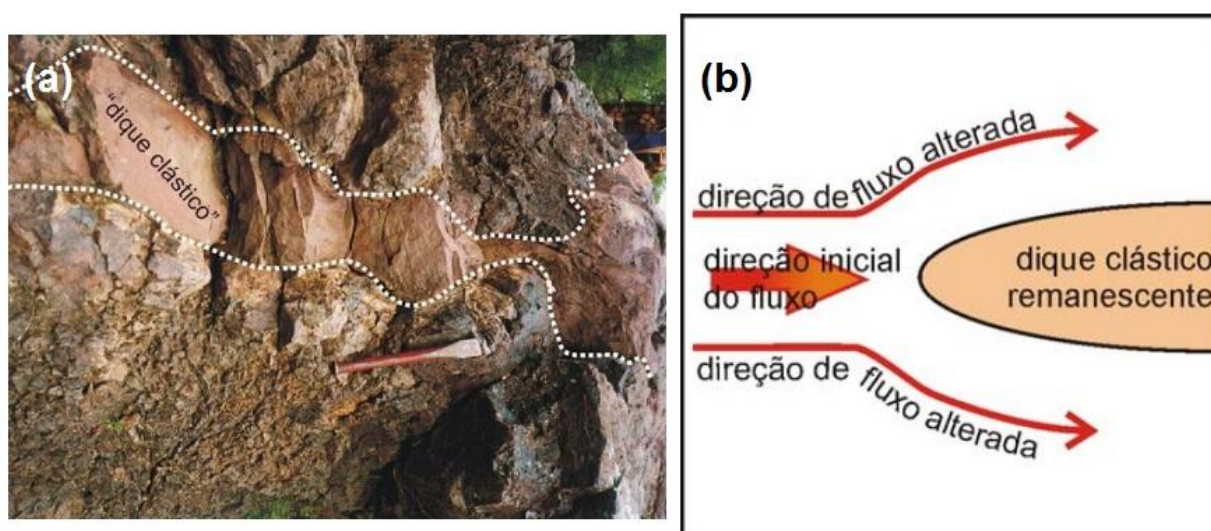
Fonte: autor.

Petry (2006) relata que as feições vulcano-sedimentares que afloram no Passo do Moinho ocorrem acima da barragem, restringindo-se apenas à margem esquerda do arroio, que é o único lugar da região onde há ocorrência de rochas sedimentares. As rochas sedimentares que afloram nessa porção do Passo do Moinho são arenitos finos à médios com estratificação cruzada acanalada de grande porte, havendo, também, a ocorrência de lentes de pelitos com estratificação plano paralela que sugerem um ambiente de deposição eólico caracterizado por dunas e interdunas alagadas (PETRY, 2006). É descrita a presença de enclaves e diques clásticos que, segundo aquela autora, não apresentam evidências de correlação genética entre si. Há, também, presença de peperitos formados a partir de interações vulcano-sedimentares na região.



Segundo Petry (2006), os enclaves sedimentares encontrados nos derrames são arredondados e possuem aproximadamente 5 cm de tamanho, podendo chegar a mais de 10 cm em alguns locais, ocorrendo em porções próximas ao contato com o sedimento sobreposto. Os diques clásticos, de modo geral, apresentam espessuras centimétricas e comprimentos da ordem de decímetros e estrutura maciça. Porém, aquela autora destaca que há um dique clástico principal, com cerca de 15 a 20 cm de espessura, que difere dos demais por preservar fracamente sua laminação original e por apresentar bordas endurecidas e de coloração escurecida. Para Petry (2006), essas características sugerem que esse dique já estava presente antes do derrame e que o fluxo da lava não teve potência suficiente para remobilizar todo o sedimento, deixando um dique remanescente (Fig. 15).

Figura 15 – (a) Dique clástico; (b) Esquema do fluxo da lava ao redor do dique clástico remanescente.



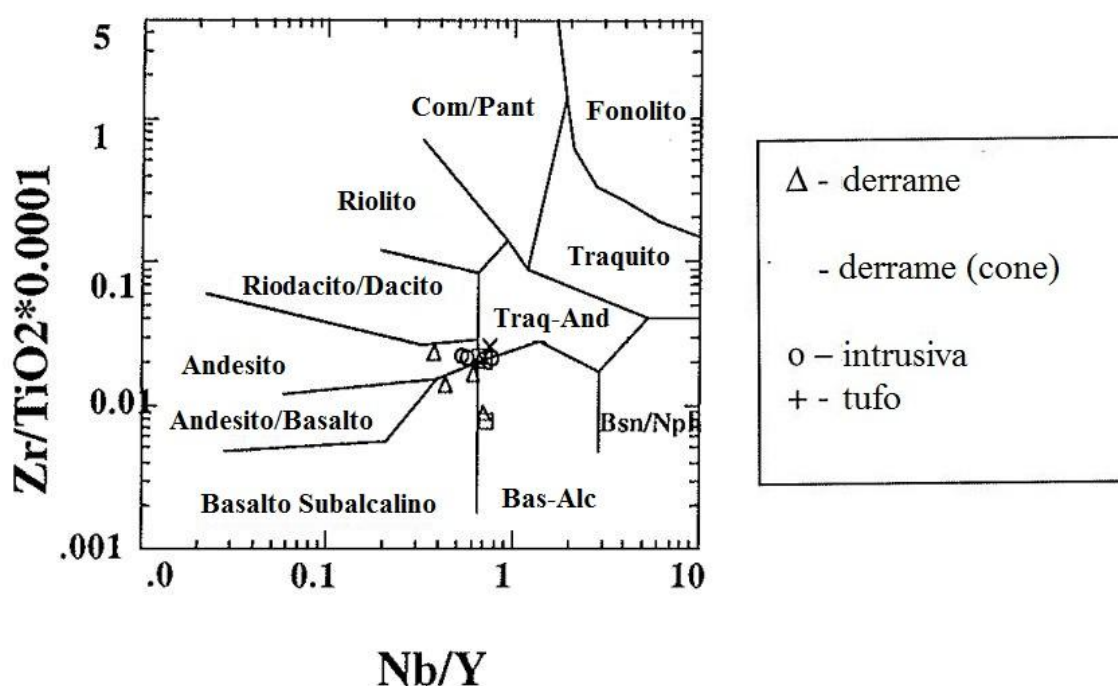
Fonte: Petry (2006). Modificado.

### 7.1.5 Geoquímica e Isotopia

Almeida *et al.* (2000) realizaram análises químicas em amostras de intrusivas, derrames e tufos do Membro Rodeio Velho, coletadas à oeste e sul da região da caldeira (ALMEIDA *et al.* 2003b), sendo parte das extrusivas relacionadas aos cones. Foram analisados por aqueles autores os elementos traços e elementos terras raras (ETRs), pois a alteração hidrotermal e o caráter amigdaloidal/vesicular observado nas rochas influenciam diretamente na mobilidade dos elementos maiores.

Através do diagrama de Nb/Y *versus* Zr/TiO<sub>2</sub> (fig 16), Almeida *et al.* (2000) determinaram que a amostra de rocha piroclástica trata-se de um traquiandesito, assim como parte das intrusivas, sendo a outra parte correspondente a amostras de álcali-basaltos. As amostras de derrame foram classificadas como basaltos subalcalinos, andesitos, traquiandesitos, álcali-basaltos e basaltos-andesíticos. Aqueles autores enfatizam que os três tipos de magmatismo correspondentes ao Membro Rodeio Velho são quimicamente muito similares.

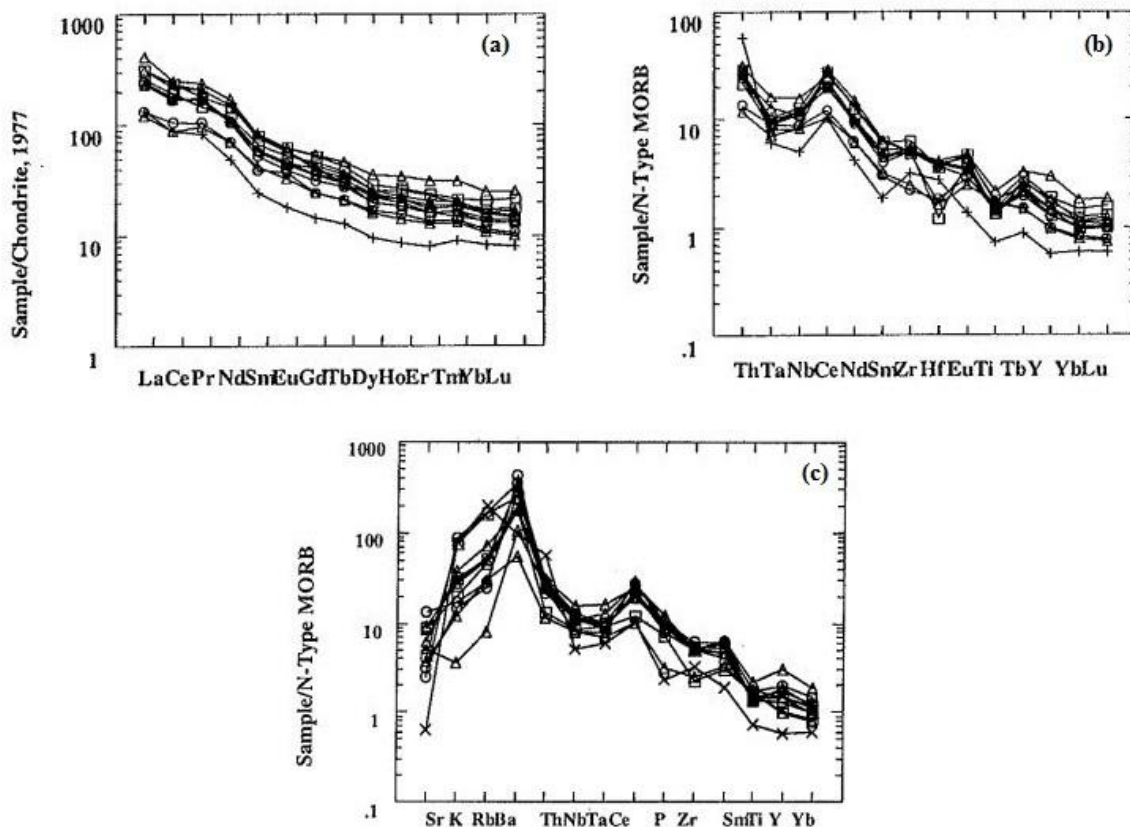
Figura 16 – Diagrama de razão-bivariada de Zr/TiO<sub>2</sub> *versus* Nb/Y. Modificado.



Fonte: Almeida *et al.* (2000).

Almeida *et al.* (2000) sugerem que o padrão de distribuição de ETRs normalizado ao condrito (fig 17a) indica que as rochas correspondem a basaltos alcalinos sem fracionamento expressivo. Aqueles autores, também, identificaram um padrão de enriquecimento de ETRs leves (ETRL) em relação aos ETRs pesados (ETRP). A razão ETRL/ETRP resultou em valores de 4,8 para a amostra de tufo, 3,4 – 5,7 para os derrames e uma média de 4,1 para as intrusivas. Essa razão praticamente constante caracteriza a relação magmática entre as rochas, indicando um aumento progressivo de ETRs do tufo para as intrusivas e derrames (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Figura 17 – (a) Diagrama de ETR normalizado por condrito; (b) Diagrama *spider* multi-elemento tipo N-MORB normalizando os valores; (c) Diagrama *spider* multi-elemento tipo N-MORB normalizando os valores dos elementos-traço.



Fonte: Almeida *et al.* (2000).

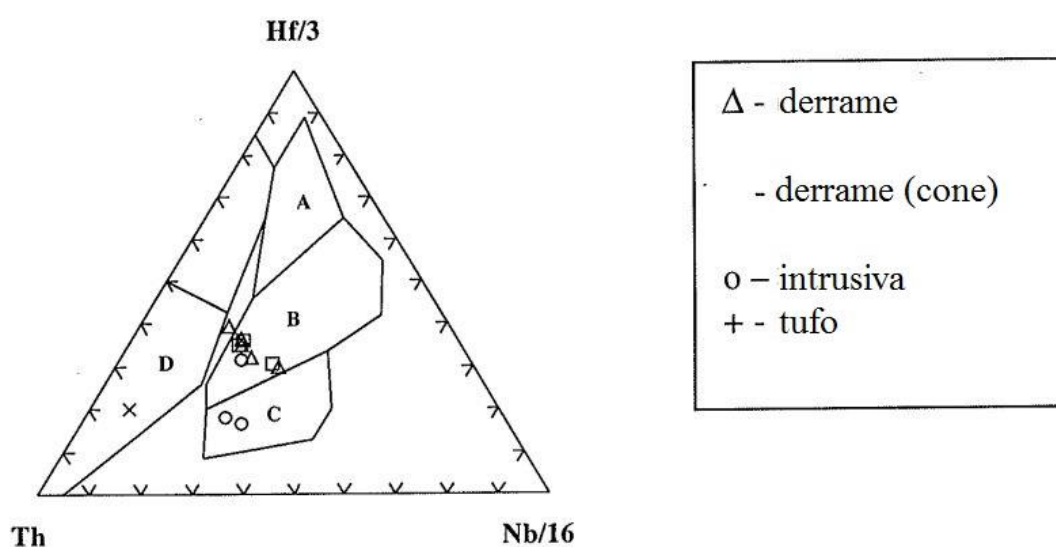
Através do diagrama de discriminação tectônica de Wood (Fig 18), em termos de  $Hf/3$  versus  $Th$  versus  $Nb/16$ , Almeida *et al.* (2000) indicam que as rochas analisadas se dividem em basaltos intraplaca, alcalinos ou E-MORB. Quando os elementos-traço são normalizados para N-MORB (Fig 17c), indicam similaridade com basaltos continentais intraplaca (ALMEIDA *et al.*, 2000). A aplicação de um diagrama com elementos de baixo e alto campo de força (LFS e HFS) realizada por aqueles autores para as rochas analisadas corroboram para um caráter similar a basaltos continentais intraplaca, com empobrecimento de elementos como Sr, Yb, Y e Ti e leve enriquecimento de K, Rb e Ba.

Almeida *et al.* (2000) utilizaram, também, o diagrama AFM para interpretar o caráter geoquímico das rochas do Membro Rodeio Velho, que indicou uma afinidade



toleítica para o magmatismo. Porém, a elevada alteração das rochas analisadas pode ter levado aqueles autores a considerar gráficos com elementos imóveis para a classificação das rochas, descartando a hipótese de afinidade toleítica para esse evento magmático.

Figura 18 – Diagrama de discriminação tectônica de Wood. A– tipo N-MORB; B– tipo E-MORB, toleítico WPB e diferenciados; C– alcalino WPB e diferenciados; D– basaltos de margem de placa destrutiva e diferenciados.

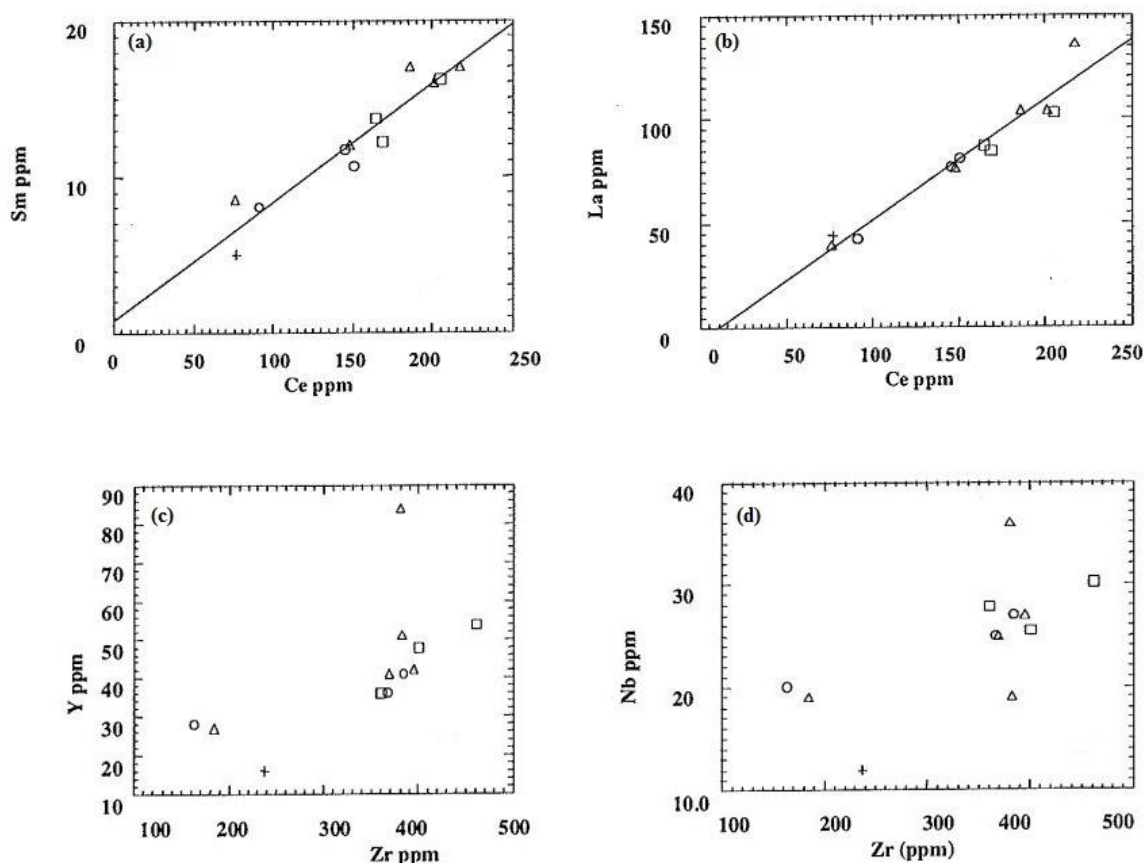


Fonte: Almeida *et al.* (2000). Modificado.

Ao utilizar o diagrama normalizado para N-MORB (fig 17b), Almeida *et al.* (2000) notaram que o comportamento de ETRs indica o enriquecimento de Nb, Ce, Nd, Sm e Zr relacionado a Ti, Tb, Y, Yb e Lu. Esse padrão de enriquecimento sugere que, provavelmente, o magma original possuía esses elementos em abundância. Aqueles autores apontam que a correlação positiva observada em relação a Ta *versus* Th sugere a cristalização fracionada como principal mecanismo responsável pela evolução das rochas do Membro Rodeio Velho, caracterizando o enriquecimento de líquido residual. Almeida *et al.* (2000) enfatizam que a boa correlação entre pares de elementos incompatíveis, como observado nos diagramas bivariados de Ce *versus* Sm, Ce *versus* La, Zr *versus* Nb e Zr *versus* Y (Fig. 19), também, corroboram para a hipótese do envolvimento de processos de cristalização fracionada na formação das rochas, havendo um paralelismo entre elas. Foi observado por Almeida *et al.* (2000) uma correlação negativa entre Zr *versus* Cr e Zr *versus* Ti, interpretada por aqueles

autores como sendo relacionada a cristalização de magnetita e outros minerais máficos no início do processo de fracionamento. Uma anomalia negativa de Ce observada por Almeida *et al.* (2000) pode indicar contaminação magmática por sedimentos empobrecidos em Ce.

Figura 19 – (a) e (b) diagramas bivariados de Ce *versus* Sm e La; (c) e (d) diagramas bivariados de Zr *versus* Y e Nb.



Fonte: Almeida *et al.* (2000).

Lima *et al.* (2007) sugerem, a partir dos dados obtidos por Almeida *et al.* (2000), que as rochas do Membro Rodeio Velho possuem caráter moderadamente alcalino indicado pelos padrões de Nb, Y, Zr e TiO<sub>2</sub>. Rosseti *et al.* (2009) indicam que os conteúdos de SiO<sub>2</sub> observados nas rochas do Arroio Carajá retratam as transformações hidrotermais de basaltos. Segundo aqueles autores, o enriquecimento em ETRL em relação a ETRP é comum em magmas provindos de fontes mantélicas do tipo granada-lherzollitos. Como a intensa alteração hidrotermal observada nas

rochas do Membro Rodeio Velho prejudicam a utilização de elementos maiores e elementos litófilos de íons grandes (LILES) para identificar o caráter geoquímico do sistema, Rosseti *et al.* (2009) observaram que os teores de HFS nas rochas do Arroio Carajá são moderados a elevados, indicando que, possivelmente, essas rochas correspondem a uma série alcalina sódica. Dutra *et al.* (2008) indicam que o magmatismo Rodeio Velho possui afinidade toleítica a moderadamente alcalina.

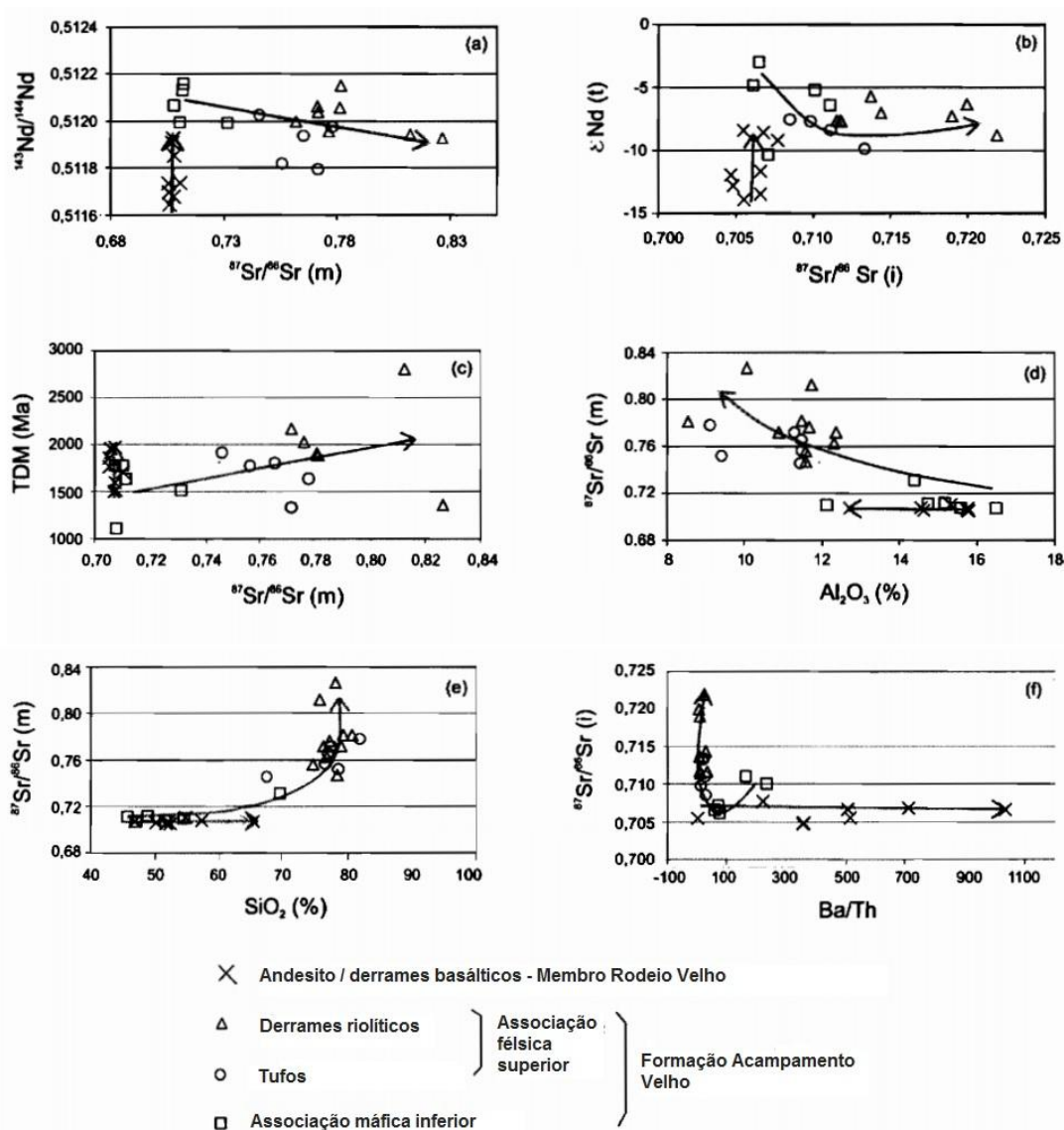
O padrão de enriquecimento em ETRL indica que as rochas de caráter alcalino do Membro Rodeio Velho provém do manto superior, tendo sua origem relacionada a fontes mantélicas do tipo EM1, que são enriquecidas em Nd e empobrecidas em Sr radiogênicos (ALMEIDA *et al.*, 2000; ALMEIDA *et al.*, 2005). Almeida *et al.* (2012) sugerem que o enriquecimento em ETRL ocorre em condições de baixas taxas de fusão parcial, especialmente associados a uma fonte que contém granada, sugerindo, assim, uma grande profundidade para a geração das rochas do Membro Rodeio Velho.

Almeida *et al.* (2003b) realizaram estudos da assinatura isotópica da Formação Acampamento Velho e do Membro Rodeio Velho, sendo este o último o enfoque do presente trabalho. Os resultados obtidos por aqueles autores mostram baixas concentrações de Rb e altas concentrações de Sr, correspondendo, respectivamente, a 4,5 – 91,0 ppm e 310,1 – 1203,25 ppm. Foram observados por Almeida *et al.* (2003b) baixas razões isotópicas para Sr, com variação de 0,70526 a 0,71040 para o medido e 0,70467 a 0,70774 para o inicial (Fig. 20b). Os valores obtidos para  $\epsilon\text{Nd}(0)$  e  $\epsilon\text{Nd}(t=470)$  são fortemente negativos, sendo suas variações, de -13,89 a -19,36 e -8,39 a -13,92, respectivamente. A razão  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (Fig 20a) se concentra entre 0,51165 e 0,51193 e o modelo de idades  $T_{\text{DM}}$  (Fig. 20c) obteve resultados que variam de 1,50 a 1,96 Ga (ALMEIDA *et al.*, 2003b).

Almeida *et al.* (2003b) sugerem que a falta de mais facies vulcânicas diferenciadas – que variam de composições básicas a intermediárias – não permitem a formação de uma tendência, sendo possível observar apenas a concentração de valores baixos de  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  e valores muito negativos para  $\epsilon\text{Nd}(t)$  (Fig. 20b). De acordo com aqueles autores, esses padrões de Nd indicam que o magmatismo Rodeio Velho, possivelmente, se originou através da modificação do manto por metassomatismos ou introdução de componentes crustais por subducção. Porém, a ausência de variações evidentes em  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{SiO}_2$  (Figs. 20d e 20e) nas amostras

indicam que não há contaminação crustal significativa em sua gênese. Essa informação é complementada e corroborada por Almeida *et al.* (2003b) através da observação de enriquecimento em Ba (Fig. 20f), indicando que, possivelmente, esse elemento foi absorvido pelo manto original durante processos de metassomatismo.

Figura 20 – Diagramas gerados a partir dos dados isotópicos obtidos para as rochas do Membro Rodeio Velho e da Formação Acampamento Velho: (a)  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  versus  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (m); (b)  $\epsilon\text{Nd}$  (t) versus  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (i); (c) TDM (Ma) versus  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (m); (d)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (m) versus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (%); (e)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (m) versus  $\text{SiO}_2$  (%); (f)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (i) versus Ba/Th.



Fonte: Almeida *et al.* (2003b).

### 7.1.6 Geocronologia

A primeira datação das rochas do Membro Rodeio Velho foi realizada por Hartmann *et al.* (1998) na região do Rincão da Tigra, sugerindo uma idade Meso-Ordoviciano de  $470 \pm 19$  Ma através do método U-Pb SHRIMP em zircão. A idade proposta por Hartmann *et al.* (1998) relaciona o magmatismo com o início da deposição da Bacia do Paraná (ALMEIDA *et al.*, 2012). Ela é interpretada como controversa por diversos autores (ALMEIDA, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2012; TONIOLO *et al.*, 2007), por ter sido realizada a partir de apenas um cristal de zircão.

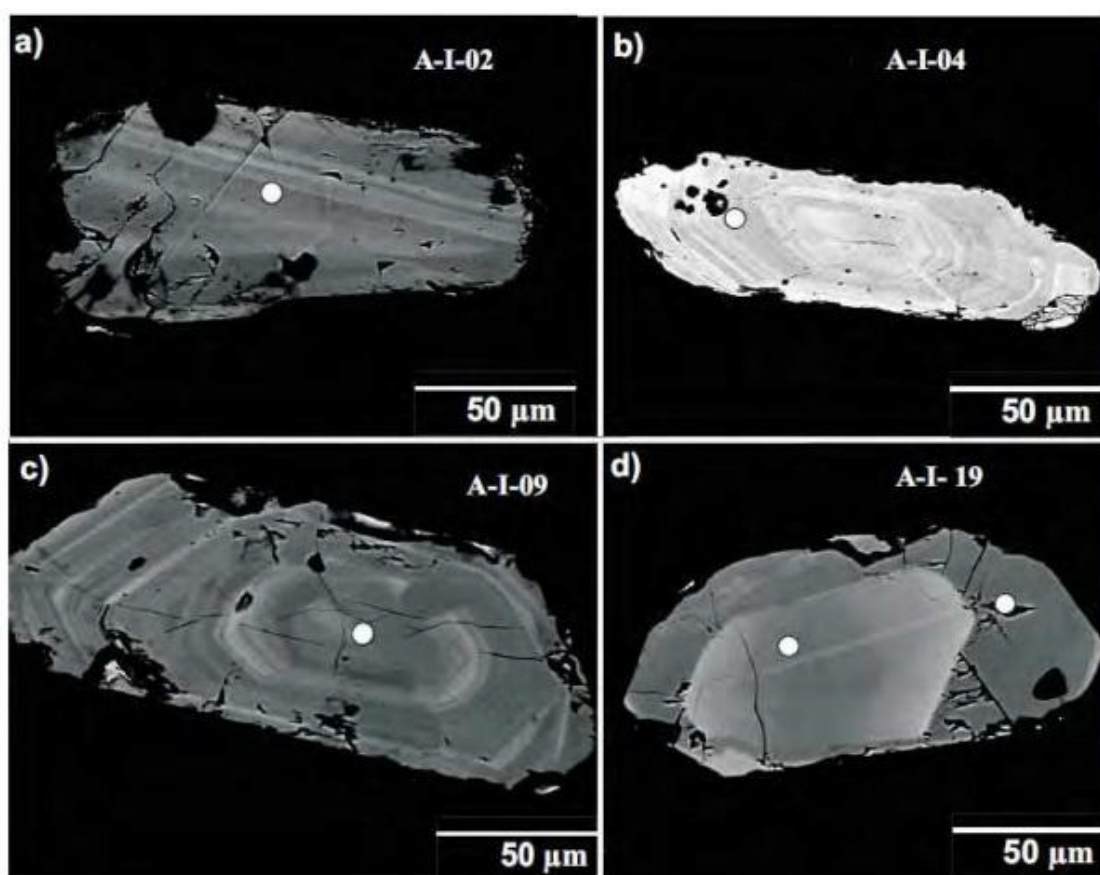
Almeida (2005) coletou amostras de rochas básicas da localidade-tipo do Membro Rodeio Velho, definida por Ribeiro *et al.* (1966) na região homônima, para realizar a datação do membro através do método Ar-Ar (*step heating*). Segundo aquele autor, as rochas correspondentes apresentavam elevado grau de alteração devido ao intemperismo, restando apenas uma amostra de granulação fina com condições de preservação dos minerais compatíveis com o método utilizado. Dessa única amostra de basalto fanerítico fino, foram retiradas três amostras menores para serem analisadas como rocha total. As análises resultaram na idade de  $535,2 \pm 1,1$  Ma para o Membro Rodeio Velho.

Toniolo *et al.* (2007) consideram que o magmatismo Rodeio Velho pertence a associação de rochas de afinidade alcalina da Formação Hilário. As datações realizadas nas rochas do Membro Rodeio Velho indicam, até o presente momento, que estas são mais novas do que a idade correspondente ao magmatismo da Formação Hilário – que possui cerca de 590 Ma (LIMA *et al.*, 2007). Toniolo *et al.* (2007) corroboram, de certo modo, com a idade definida por Almeida (2005), pois posiciona esse magmatismo no período Cambriano. Porém, aqueles autores interpretam que essa idade de  $535,2 \pm 1,1$  Ma não é correspondente à sua formação, mas sim posterior à sua cristalização, sendo resultado da intensa alteração hidrotermal a qual as rochas dessa unidade foram submetidas.

Almeida *et al.* (2012) realizaram a datação mais recente do Membro Rodeio Velho através do método U-Pb. A amostra utilizada para a datação corresponde a um basalto alcalino coletado entre as regiões do Rodeio Velho e da Pedra da Arara. Aqueles autores dataram 16 cristais de zircão e identificaram quatro grupos de idades:  $2190 \pm 18$  Ma (um zircão);  $1079 \pm 12$  Ma (seis zircões);  $658 \pm 8,3$  Ma (dois zircões) e  $547 \pm 6,3$  Ma (cinco zircões). As três idades mais antigas encontradas por Almeida *et*

*al.* (2012) foram caracterizadas pelos autores como xenocristais de zircão que foram herdados pela assimilação de rochas do Paleoproterozóico, Mesoproterozóico e Neoproterozóico durante a ascensão do magma. Almeida *et al.* (2012) consideram que o grupo de cinco cristais de zircão analisados (Fig. 21) determinam a idade real do magmatismo Rodeio Velho, correspondente a  $547 \pm 6,3$  Ma.

Figura 21 – Microfotografias dos zircões utilizados para definir a idade de  $547 \pm 6.3$  Ma para o magmatismo Rodeio Velho. As feições circulares observadas nas imagens correspondem aos pontos exatos onde os cristais foram datados.



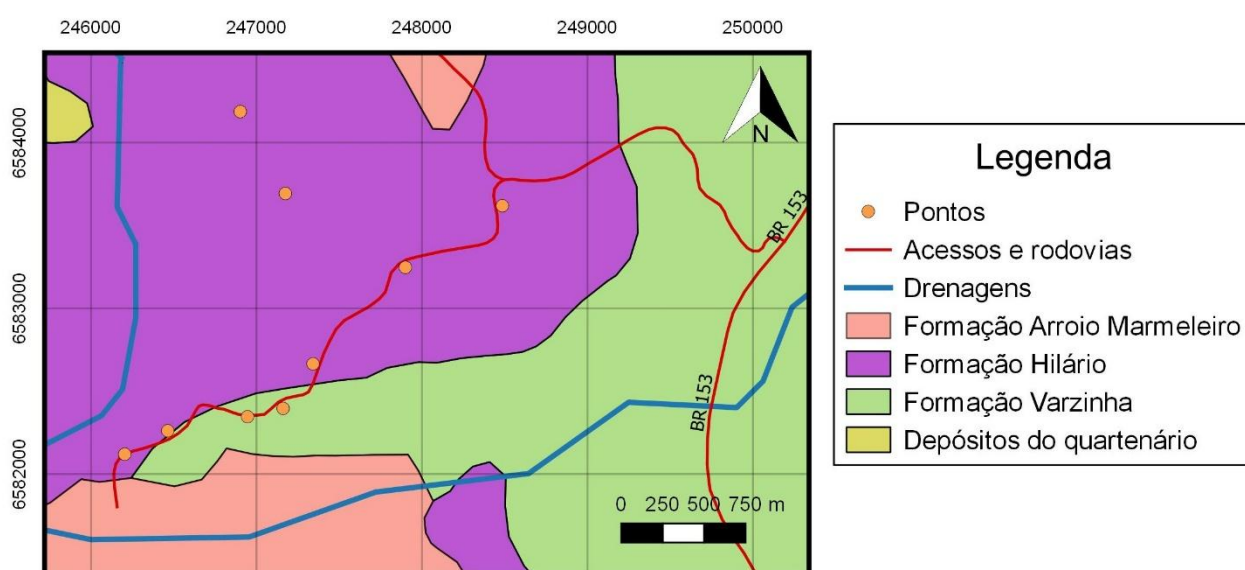
Fonte: Almeida *et al.* (2012).

## 7.2 Petrografia da região do Rincão da Tigra

No Rincão da Tigra, região sul do município de Caçapava do Sul, ocorrem rochas vulcânicas máficas relacionadas à Bacia do Camaquã, bem como rochas metamórficas e sedimentares (Fig. 22). Nesta região, o embasamento aflorante corresponde a rochas metamórficas de baixo e médio grau com foliação incipiente. Essas rochas metamórficas são predominantemente avermelhadas, compostas por

plagioclásio, feldspato e quartzo, sendo que esse último se concentra principalmente nas porções brechadas da rocha (Fig. 23a). A rocha que apresenta grau metamórfico intermediário é rica em quartzo e possui foliação bem marcada (Fig. 23b). Nesta região, também, há ocorrência de rochas sedimentares, em geral conglomerados de matriz argilo-arenosa com clastos que podem chegar a mais de 30 cm, predominantemente compostos por rochas metamórficas (Fig. 23c).

Figura 22 – Mapa geológico da região do Rincão da Tigra com os pontos visitados em campo.



Fonte: autor. Modificado de CPRM (2002).

As rochas ígneas são representadas por basaltos e, predominantemente, andesitos. As rochas basálticas são porfíricas com matriz afanítica e, em geral, apresentam duas famílias de fenocristais de plagioclásio (Fig. 23d). Essas rochas são vesiculares e apresentam amígdalas, predominantemente arredondadas e com cerca de 7mm de diâmetro, preenchidas por calcedônia, calcita e seladonita. As rochas andesíticas, de modo geral, são porfíricas com matriz que varia de fanerítica fina a muito fina, com fenocristais de plagioclásio subédricos a euédricos que podem chegar a até 1 cm de comprimento.



Figura 23 – (A) rocha metamórfica de baixo grau brechada; (B) rocha metamórfica de grau intermediário foliada; (C) conglomerado; (D) basalto com fenocristais de plagioclásio; (E) andesito vesicular com amígdalas de calcita; (F) andesito com semi-orientação de fenocristais de plagioclásio.



Fonte: autor.

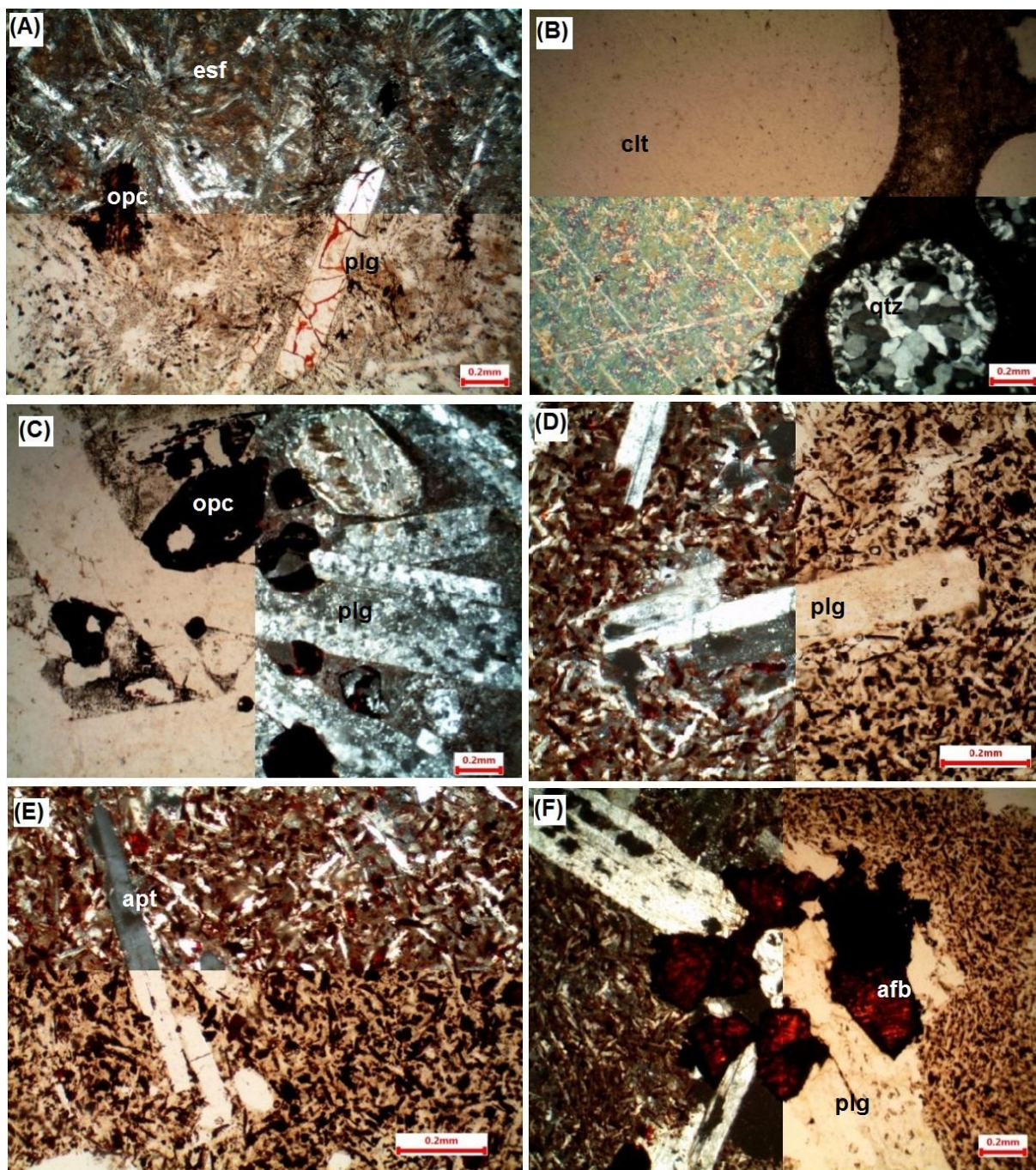


A mineralogia comum observada nos andesitos é composta por plagioclásio, minerais máficos como óxido de ferro e óxido de manganês, ocorrendo de modo isolado clorita e quartzo. As rochas são predominantemente muito vesiculadas e amigdaloidais (Fig. 23e), com preenchimento de calcita e quartzo. Há ocorrência de fraturas preenchidas por óxido de ferro, calcedônia e calcita, além de feições de dissolução de minerais máficos, provavelmente anfibólios. Em porções mais isoladas é possível observar semi-orientação dos fenocristais de plagioclásio (Fig. 23f).

As lâminas analisadas correspondem às amostras RLP-2 e RLP-5. A amostra RLP-2 representa um derrame que possui textura glomeroporfírica (Fig. 24c), com fenocristais de andesina ( $An_{45}$ ) subédricos a euédricos que podem chegar a até 4 mm de comprimento. Os fenocristais de plagioclásio ocorrem, também, de modo isolado, assim como fenocristais de minerais opacos (óxidos de ferro). Sua matriz é hipohialina com micrólitos de plagioclásio que ocorrem randomicamente em meio ao vidro. A rocha apresenta amígdalas de até 6 mm preenchidas por quartzo microcristalino, calcita e, por vezes, os preenchimentos de carbonato apresentam borda de quartzo microcristalino (Fig. 24b). Há presença de esferulitos (Fig. 24a), gerados a partir da devitrificação dos plagioclásios, que se concentram apenas na porção menos amigdaloidal da lâmina. Algumas fraturas ocorrem na rocha e, em geral, encontram-se preenchidas por quartzo ou óxido de ferro. Provavelmente trata-se de um andesito.

A lâmina RLP-5 corresponde a uma rocha porfírica de matriz fanerítica muito fina (Fig. 26d). É possível observar textura glomeroporfírica (Fig. 24f), cujos fenocristais correspondem a andesinas ( $An_{37}$ ) euédricas a subédricas, com até 4,4 mm de comprimento, e opacos, geralmente, subédricos. Ocorrem apatitas como minerais acessórios (Fig. 24e). A matriz da rocha é holocristalina, composta por uma família de cristais de plagioclásio menores, óxidos de ferro e, em menor quantidade, vidro. Ocorrem vesículas esparsas na lâmina. Também é possível observar a presença de minerais que parecem anfibólios alterados (Fig. 24c). Possivelmente, a rocha corresponde a um andesito.

Figura 24 – Andesitos do Rincão da Tigra vistos em microscópio: (A) esferulitos vistos à nicóis cruzados (NC) e paralelos (NP); (B) amígdalas preenchidas por quartzo microcristalino (à direita) e por calcita com quartzo microcristalino em sua borda, à NP e NC, respectivamente; (C) textura glomeroporfírica com fenocristais de plagioclásio e óxido de ferro (NP e NC); (D) fenocristal de plagioclásio em matriz fanerítica fina (NC e NP); (E) cristais de apatita (NC e NP); (F) textura glomeroporfírica com os possíveis cristais de anfibólio alterado (NC e NP).



Fonte: autor.

### 7.3 Formação Hilário

A Formação Hilário representa um arco magmático gerado no período pós-colisional do Ciclo Brasileiro, há cerca de  $590 \pm 6$  Ma (JANIKIAN *et al.*, 2008), e é composta por rochas vulcânicas, plutônicas e piroclásticas com afinidade alcalina potássica (shoshonítica) (LIMA & NARDI, 1998). Os derrames e intrusões rasas de composição básica descritos por aqueles autores possuem, de modo geral, textura porfírica com matriz composta por andesina, oligoclásio, vidro e apatita. Os fenocristais, geralmente, são de olivina, labradorita, andesina e ilmenita. Podem ocorrer, como minerais secundários, serpentina, óxidos de ferro, carbonatos, mica e clorita. Há predomínio de rochas intermediárias em relação às rochas básicas. Os andesitos apresentam, de modo geral, texturas porfírica e glomeroporfírica com matriz composta por andesina, oligoclásio e vidro, e fenocristais de plagioclásio (labradorita-andesina) orientados. Ocorrem também, em menor quantidade, augita, olivina, magnetita e apatita (LIMA & NARDI, 1998).

Janikian *et al.* (2003) indicam que há predominância de rochas vulcânicas de composição básica à intermediária da Formação Hilário ao longo do Cerro dos Lopes e no cruzamento das rodovias BR-153 e BR-392, ocorrendo, também, intrusões rasas de composição semelhante. Nessas localidades, as rochas são porfíricas com matriz afanítica e fenocristais de plagioclásio predominantemente cálcico (labradorita e bytownita) e por vezes andesina. Em algumas porções, há presença de esferulitos e amígdalas preenchidas por carbonato, zeolita e clorita (JANIKIAN *et al.*, 2003). Aqueles autores sugerem que as espessas sucessões de rochas piroclásticas e vulcânicas associadas à Formação Hilário indicam um período de intensa atividade tectônica, relacionada ao desenvolvimento da bacia.

Lopes *et al.* (2014) realizaram estudos petrográficos e geoquímicos na região da Mina do Seival, caracterizando duas sequências andesíticas. A sequência I é composta por andesitos amigdaloidais, geralmente orientados por fluxo, com matriz de plagioclásio que define uma textura traquítica. Há ocorrência de fenocristais de plagioclásio, clinopiroxênio e pseudomorfos de anfibólios. As amígdalas são normalmente preenchidas por clorita, calcita, esmectita e quartzo. Também podem ocorrer hematita e malaquita como resultado de processos supergênicos (LOPES *et al.*, 2014). Segundo aqueles autores, a sequência II é relativamente similar à anterior. Possui textura traquítica, fenocristais de plagioclásio e matriz fanerítica fina muito fina

a afanítica microcristalida composta por plagioclásios orientados e piroxênios. Essas rochas andesíticas apresentam intensa sericitização. Os demais minerais que ocorrem na rocha são clorita, epidoto e corrensitita – este último substituindo minerais máficos (LOPES *et al.*, 2014).

As rochas estudadas por Lopes *et al.* (2014) foram classificadas no diagrama TAS como andesitos traqui-basálticos e predominantemente traquiandesitos. De acordo com os dados geoquímicos obtidos por aqueles autores, o efeito do hidrotermalismo diminuiu o teor de álcalis das rochas, podendo caracterizar o magmatismo que deu origem à essas rochas como pertencente as séries alcalinas saturadas em sílica.

## **8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **8.1 Rincão da Tigra: uma possível correlação com a Formação Hilário**

A região do Rincão da Tigra é descrita por Almeida *et al.* (2000) como a área que apresenta a sucessão de fácies magmáticas mais completa do Membro Rodeio Velho, ocorrendo derrames, intrusivas rasas e piroclásticas de composição básica a intermediária. Porém, neste trabalho de campo não foram encontradas rochas piroclásticas.

As rochas ígneas que ocorrem na região estão, em geral, muito alteradas. Essa intensa alteração é uma característica comum nas rochas do Membro Rodeio Velho, dificultando uma caracterização mais precisa do magmatismo por conta da mobilidade dos elementos maiores e dos altos valores de LOI encontrados nas análises geoquímicas. Essa intensa alteração pode também acabar por mascarar ou alterar algumas características composicionais originais da rocha.

Lopes *et al.* (2014) indicam que a afinidade do magmatismo que corresponde às rochas andesíticas é alcalina saturada em sílica, pois as intensas atividades hidrotermais provocaram a mobilidade dos elementos maiores mais fácies de serem lixiviados, como os álcalis, fazendo com que as rochas ficassem saturadas em sílica. Rosseti *et al.* (2009) sugerem que o Membro Rodeio Velho poderia corresponder a uma afinidade alcalina sódica. Porém, a falta de informações mais detalhadas referente àqueles autores, como tabelas e diagramas geoquímicos, limitam a



discussão a respeito das características utilizadas para a determinação preliminar do caráter do magmatismo.

A idade obtida por Janikian *et al.* (2008) indica que o magmatismo que deu origem à Formação Hilário (590 Ma) é mais antigo do que o magmatismo Rodeio Velho, que foi datado entre 547 Ma – 535 Ma (ALMEIDA *et al.*, 2012; ALMEIDA, 2005). Porém, Toniolo *et al.* (2007) indicam que a idade mais nova obtida por Almeida (2005) e Almeida *et al.* (2012) corresponde, na verdade, à idade da alteração hidrotermal sofrida pelas rochas e que o Membro Rodeio Velho corresponde à sucessão de rochas alcalinas da Formação Hilário. Essa idade de alteração, segundo Toniolo *et al.* (2007), é devida a modificação de temperatura, densidade e pressão dos fluídos ocasionada pela transferência térmica das intrusões, que ocorreram posteriormente ao magmatismo da Formação Hilário, para as rochas encaixantes.

De modo geral, os dados obtidos em campo e através das análises microscópicas do Rincão da Tigra possuem certa relação com as rochas descritas por Almeida *et al.* (2000) e com as descrições das rochas básicas e intermediárias da Formação Hilário. Genericamente, são rochas vesiculares e amigdaloidais com preenchimento de calcita e quartzo, com textura porfirítica (por vezes glomeroporfirítica) e fenocristais de plagioclásio e matriz fanerítica fina à afanítica composta predominantemente por plagioclásio e vidro. São descritas ocorrências de minerais opacos, como óxido de ferro, clorita e apatita, além de feições de dissolução de minerais. O que diferencia petrograficamente as rochas descritas são as ocorrências de minerais máficos (como piroxênio e anfibólio), e alguns minerais secundários. Essas diferenças mineralógicas observadas poderiam estar associadas a estágios diferentes de evolução magmática ou, então, até mesmo, às consequências da intensa alteração hidrotermal que ocorre nas rochas da região.

De acordo com as informações elencadas acima, observa-se que existe uma correlação entre as rochas da Formação Hilário e as rochas do Rincão da Tigra, caracterizadas por outros trabalhos como pertencentes ao Membro Rodeio Velho do Alogrupo Guaritas (Almeida *et al.*, 2000; 2012). Portanto, provavelmente as rochas da região do Rincão da Tigra pertençam à Formação Hilário. As texturas notadamente porfiríticas dos andesitos da Formação Hilário, com fenocristais que em alguns casos atingem vários centímetros de comprimento denotam cristalização desta fase mineral em câmaras magmáticas de relativa profundidade, por um tempo consideravelmente

longo, em contraste com as texturas tipicamente vulcânicas efusivas dos basaltos do Membro Rodeio Velho. Estas características petrográficas sugerem que o magmatismo da Formação Hilário estabeleceu-se em uma crosta sem expressiva componente extensional, o que teria causado o estacionamento e a diferenciação dos magmas por um tempo maior que o que teria ocorrido no vulcanismo do Membro Rodeio Velho, onde já ao final da evolução da Bacia do Camaquã as forças extensionais desempenharam um importante papel na geração de profundas falhas e fraturas que permitiram ao magma mantélico ascender rapidamente e sem diferenciar-se até a superfície.

## 8.2 Geoquímica e isotopia

De modo geral, os estudos a respeito do Membro Rodeio Velho são escassos. A falta de informações geoquímicas mais detalhadas sobre a definição do caráter toleítico proposto por Dutra *et al.* (2008) limita a discussão a respeito da afinidade geoquímica desse magmatismo ser alcalina (ALMEIDA *et al.*, 2000; ROSSETI *et al.* 2009), toleítica ou ambas.

É de consenso entre geoquímicos que a utilização de diagrama TAS ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  vs  $\text{SiO}_2$ ) é indicada para caracterizar a afinidade alcalina do magmatismo. Porém, a intensa alteração hidrotermal observada nas rochas fez com que os autores que determinaram suas características geoquímicas (Almeida *et al.*, 2000; ROSSETI *et al.*, 2009) optassem por diagramas de elementos imóveis.

Os dados isotópicos obtidos e interpretados por Almeida *et al.* (2003a; 2005) sugerem que o magmatismo Rodeio Velho provém de fonte mantélica depletada. Porém, os valores fortemente negativos de  $\epsilon\text{Nd}$  são interpretados por outros autores (DICKIN, 2005; ROLLINSON, 2007) como característicos de fonte magmática crustal. Essas divergências de informações podem sugerir que, possivelmente, a gênese do Membro Rodeio Velho está associada a uma crosta arqueana ou então que o magma pode ter sido contaminado por material ultramáfico provindo da crosta inferior.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Membro Rodeio Velho é uma unidade da Bacia do Camaquã que representa as últimas manifestações magmáticas relacionadas ao Ciclo Brasileiro/Pan-Africano,

também sendo interpretado como o início dos processos que levaram, posteriormente, à formação da Bacia do Paraná (PAIM *et al.*, 2000). De modo geral, existem poucos estudos acerca dessa unidade estratigráfica, sendo parte deles de difícil obtenção. A caracterização geológica desse membro apresenta muitas divergências, principalmente quanto às suas definições geoquímicas, estratigráficas, isotópicas e geocronológicas.

Em relação à geoquímica, conclui-se que devem ser realizadas análises individuais em cada região caracterizada como pertencente ao Membro Rodeio Velho, buscando por amostras menos alteradas – que permitam a utilização de diagramas de elementos maiores – e com valores de LOI mais baixos. As análises geoquímicas individuais, integradas a outros estudos, podem ajudar a explicar as divergências quanto à definição da afinidade das rochas do membro, a fim de compreender se as diferentes áreas realmente correspondem ao Magmatismo Rodeio Velho – sugerindo, assim, diferentes processos de evolução magmática que geraram composições geoquímicas variadas para esse magmatismo ou então se podem sugerir uma nova classificação estratigráfica.

O Membro Rodeio Velho é bastante complexo, o que gera diferentes interpretações dos estudiosos desse magmatismo quanto à sua caracterização geológica. As controvérsias observadas em diversos aspectos que definem o membro podem indicar que o magmatismo Rodeio Velho ainda não está completamente entendido e definido. Neste trabalho de revisão bibliográfica foi possível observar que há ausência de estudos mais detalhados sobre outros aspectos geológicos que poderiam contribuir para a caracterização desse magmatismo. Sugere-se, então, a realização de análises geoquímicas de detalhe e estudos estratigráficos, estruturais e geofísicos nas regiões correspondentes ao Membro Rodeio Velho, que irão contribuir para um melhor entendimento dessa unidade estratigráfica.

As rochas ígneas que afloram no Rincão da Tigra foram classificadas como pertencentes ao Membro Rodeio Velho do Alogrupo Guaritas (Almeida *et al.*, 2000). Porém, observa-se que há uma correlação petrográfica entre essas rochas e as rochas da Formação Hilário, marcada principalmente por seu caráter porfirítico com fenocristais centimétricos de plagioclásio. As rochas do Membro Rodeio Velho foram geradas nos estágios finais da formação da Bacia do Camaquã, após o desenvolvimento de profundas falhas e fraturas decorrentes de processos

extensionais pós-colisionais. As características observadas nas rochas do Rincão da Tigra sugerem que sua gênese está associada a um ambiente sem expressiva atividade extensional, provavelmente relacionada as fases anteriores à geração do magmatismo Rodeio Velho, permitindo assim o estacionamento do magma na crosta.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Delia del Pilar Montecinos de, LOPES, Ricardo da C., LIMA, Larissa da; GOMES, Cristiane Heredia. **Petrography and geochemistry of the volcanic rocks from the Rodeio Velho Formation (Ordovician of the Camaquã Basin, RS, Brazil): preliminary results.** São Leopoldo: REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS, v. 30, p. 769-774, 2000.

ALMEIDA, Delia del Pilar Montecinos de; HANSEN, Marco Antonio Fontoura; FENSTERSEIFERL, Henrique Carlos; PETRY, Karla; LIMA, Larissa da. **Petrology of a Subduction-related Caldera and Post-Collisional, Extension-related Volcanic Cones from the Early Cambrian and Middle Ordovician (?) of the Camaquã Basin, Southern Brazil.** São Leopoldo: GONDWANA RESEARCH, v. 6, No. 3, p. 541-552, 2003a.

ALMEIDA, Delia del Pilar Montecinos de.; BORBA, André Weissheimer.; CHEMALE Jr., Farid.; CONCEIÇÃO, Rommulo V.; Koester, Edinei. **Isotopic signature of the Acampamento Velho and Rodeio Velho volcanic successions from the Camaquã Basin, southern Brazil.** Salvador: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DE GEOLOGIA ISOTÓPICA, Short papers, v. II, p. 491-494. 2003b.

ALMEIDA, Delia del Pilar Montecinos de; CONCEIÇÃO, Rommulo V.; CHEMALE Jr., Farid; KOESTER, Edinei; BORBA, André W.; PETRY, Karla. **Evolution of Heterogeneous Mantle in the Acampamento Velho and Rodeio Velho Volcanic Events, Camaquã Basin, Southern Brazil.** São Leopoldo: GONDWANA RESEARCH, v. 8, p. 479-492, 2005.

ALMEIDA, Delia del Pilar Montecinos de, CHEMALE Jr., Farid; MACHADO, Adriane. **Late to Post-Orogenic Brasiliano-Pan-African Volcano-Sedimentary Basins in the Dom Feliciano Belt, Southernmost Brazil.** In: AL-JUBOURY, A.I. (ED.), *PETROLOGY – NEW PERSPECTIVES AND APPLICATIONS*, p. 73-135. 2012.

ALMEIDA, Renato Paes de. **Tectônica e sedimentação do Ediacarano ao Ordoviciano: exemplos do Supergrupo Camaquã (RS) e do Grupo Caacupé (Paraguai Oriental).** São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 203 f. 2005.

BORBA, André Weissheimer. **Evolução geológica da "Bacia do Camaquã" (Neoproterozóico e Paleozóico inferior do Escudo Sul-Riograndense, RS, Brasil): uma visão com base na integração de ferramentas de estratigrafia, petrografia e geologia isotópica.** Porto Alegre: Instituto de Geociências, UFRGS, 109 f., 2006.

CHEMALE Jr., Farid. **Evolução Geológica do Escudo Sul-Riograndense. Geologia do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Centro de Investigação do Gondwana, Instituto de Geociências – UFRGS, p.13-52. 2000.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande Do Sul.** Disponível em: < <http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>. > Acesso em: 01 dezembro 2018. 2002

DICKINS, Alan P. **Radiogenic isotope geology.** Cambridge University Press. School of Geography and Earth Sciences, McMaster University, Hamilton, Ontario. 2ª ed., 492 f., 2005.

DUTRA, Gabriel Trinca; LIMA, Evandro Fernandes de; WAICHEL, Breno Leitão; SOMMER, Carlos Augusto. **Breve discussão sobre o significado geológico dos fluxos compostos básicos do Membro Rodeio Velho (Formação Guaritas) na Bacia do Camaquã.** Porto Alegre: Livro de Resumos do XX Salão de Iniciação Científica, p. 94-95, 2008.

GILL, Robin. **Rochas e processos ígneos: Um guia prático.** Porto Alegre: Editora Bookman, 469 f., 2014.

HARTMANN, Leo Afraneo, SILVA, L.C., REMUS, M.V.D., LEITE, A.D., PHILIPP, Ruy Paulo. **Evolução geotectônica do sul do Brasil e Uruguai entre 3,3 Ga e 470 Ma.** Punta del Este: Actas del Congreso Uruguayo de Geologia, p. 277-284, 1998.

HARTMANN, Leo Afraneo; CHEMALE, Jr., Farid; PHILIPP, Ruy Paulo. **Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano.** Porto Alegre: 50 anos de Geologia no Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências – UFRGS, v.2, p.97-123, 2007.

JANIKIAN, Liliane; ALMEIDA, Renato Paes de; FRAGOSO-CESAR, Antonio Romalino Santos; FAMBRINI, Gelson Luís. **Redefinição do Grupo Bom Jardim (Neoproterozoico III) em sua área-tipo: litoestratigrafia, evolução paleoambiental e contexto tectônico.** Revista Brasileira de Geociências 33(4): 349-362. 2003.

LE MAITRE, R.W. **Igneous rocks: a classification and glossary of terms.** In: RECOMMENDATIONS OF THE INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES SUBCOMMISSION ON THE SYSTEMATIC OF IGNEOUS ROCKS. Cambridge: Cambridge University Press, 252 p., 2002.

LIMA, Evandro Fernandes; NARDI, Lauro Valentim Stoll. ***The Lavras do Sul Shoshonitic Association: implications for the origin and evolution of Neoproterozoic shoshonitic magmatism in southernmost Brazil***. Porto Alegre: *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 11, No. 1, pp. 67 – 77. 1998.

LIMA, Evandro Fernandes; SOMMER, Carlos Augusto; NARDI, Lauro Valentim Stoll. **O Vulcanismo Neoproterozóico-Ordoviciano no Escudo Sul-rio-grandense: Os Ciclos Vulcânicos da Bacia do Camaquã**. Porto Alegre: 50 Anos de Geologia, Instituto de Geociências – UFRGS, v.2, p. 79 – 95, 2007.

LOPES, Ricardo W.; FONTANA, Eduardo; MEXIAS, André S.; GOMES, Márcia E. B.; NARDI, Lauro Valentim Stoll; RENAC, Christophe. **Caracterização petrográfica e geoquímica na sequência magmática da Mina do Seival, Formação Hilário (Bacia do Camaquã – Neoproterozoico), Rio Grande do Sul, Brasil**. *Pesquisas em Geociências*, 41 (1): 51-64. 2014

LIÉGEOIS, J.P. ***Preface - Some words on postcollisional magmatism***. LITHOS 45 (XV – XVII), p. 15-17, 1998.

NARDI, Lauro Valentim Stoll; BITENCOURT, Maria de Fátima. **Magmatismo granítico e evolução crustal no Sul do Brasil**. Porto Alegre: 50 Anos de Geologia. Instituto de Geociências – UFRGS, v.2, p. 125-139, 2007.

NARDI, Lauro Valentim Stoll. **Granitoides e séries magmáticas: o estudo contextualizado dos granitoides**. Porto Alegre: PESQUISAS EM GEOCIÊNCIAS, 43 (1): 85-99, 2014.

PAIM, Paulo Sérgio Gomes; LOPES, Ricardo da C.; CHEMALE Jr., Farid. **Aloestratigrafia, sistemas deposicionais e evolução paleogeográfica da Bacia do Camaquã - Vendiano Superior/Ordoviciano Inferior do RS**. Porto Alegre: 6º Simpósio Sul-brasileiro de Geologia/1º Encontro de Geologia Cone Sul, p.39-46, 1995.

PAIM, Paulo Sérgio Gomes; LOPES, Ricardo da C.; CHEMALE Jr., Farid. **A Bacia do Camaquã**. Porto Alegre: Geologia do Rio Grande do Sul, p. 231-274, 2000.

PAIM, Paulo Sérgio Gomes; CHEMALE Jr., Farid; WILDNER, Wilson. **Estágios evolutivos da Bacia do Camaquã (RS)**. Santa Maria: CIÊNCIA E NATURA, v. 36, Ed. Especial, p.183-193, 2014.

PETRY, Karla; ALMEIDA, Delia del Pilar Montecinos de. **Posicionamento do magmatismo Rodeio Velho na região do Arroio Carajá, Caçapava do Sul, RS**. Cabo Frio: Anais do III Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados. 2005.

PETRY, Karla. **Feições de interação volcano-sedimentares: seu uso como indicadores de contemporaneidade no Magmatismo Rodeio Velho (Meso-Ordoviciano) e no vulcanismo Serra Geral (Cretáceo inferior)**. São Leopoldo: UNISINOS, 91 f., 2006.

RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEREIDO F.O. P.M.; TESSARI, R.I. **Geologia da Quadricula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Divisão de Fomento da Produção Mineral, boletim nº 127, v. 1, 232 f., 1966.

ROLLINSON, Hugh. **Early Earth systems: a geochemical approach**. Blackwell Publishing, v.1, 287 p., 2007

ROSSETI, Lucas Magalhães May; SOMMER, Carlos Augusto; LIMA, Evandro Fernandes. 162 **Petrografia, geoquímica e padrões das vesículas das lavas pahoehoe do Membro Rodeio Velho no Arroio Carajás-RS**. Porto Alegre: Livro de resumos do XXI Salão de Iniciação Científica, XVIII Feira de Iniciação Científica da UFRGS. v. 1, 2009.

SILVA FILHO, W.E da; FRAGOSO CESAR, A.R.S.; MACHADO, R.; SAYEG, H.S.; FAMBRINI, G.L and RIBEIRO DE ALMEIDA, TI. **O magmatismo Rodeio velho e a Formação Guaritas no eopaleozoico do Rio Grande do Sul: Uma revisão**. Salvador: Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, v. 5, p. 433-435, 1996.

TONIOLO, João Angelo; GIL, Cláudio Antonio Alcântara, Sander, Andrea. **Metalogenia das Bacias.Neoproterozóico-Eopaleozóicas do Sul do Brasil: Bacia do Camaquã**. Porto Alegre: CPRM, Projeto BANEO, 154 f., 2007.

WERNICK, Eberhard. **Rochas magmáticas: conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica**. São Paulo: UNESP, 655 f., 2004.