

O REGISTRO DO VULCANISMO CALIMIANO NO ESPINHAÇO CENTRAL (MG): CARACTERIZAÇÃO PETROFACIOLÓGICA, GEOQUÍMICA E GEOCRONOLÓGICA

Alice Fernanda de Oliveira COSTA¹, André DANDERFER², Cristiano LANA²

(1) Programa de pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Endereço eletrônico: alicecosta09@gmail.com

(2) Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) Endereço eletrônico: danderferandre@gmail.com

(3) Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) Endereço eletrônico: cristianodclana@gmail.com

Introdução
Contexto Geológico
Materiais e métodos
Descrição das litofácies
 Litofácies de fluxos magmáticos
 Litofácies hidroclásticas
 Litofácies piroclástica
 Litofácies epiclásticas
Geoquímica
Geocronologia
Discussão dos resultados
Conclusões

RESUMO - A Formação Riacho Seco define a unidade superior do Grupo Mato Verde que ocorre na borda oeste do Espinhaço Central no norte de Minas Gerais, constituindo parte importante do registro tectonoestratigráfico da bacia Espinhaço. Ela remonta um importante registro vulcano-sedimentar associado a um dos estágios de rifteamento da bacia no norte da Faixa Araçuaí; compreende rochas vulcânicas efusivas e piroclásticas, além de depósitos epiclásticos associados, com texturas e estruturas bastante preservadas. Estudos petrofaciológicos e químicos permitiram distinguir quatro grupos de fácies vulcanogênicas geneticamente relacionados, que são: litofácies de fluxo magmático, litofácies hidroclástica, litofácies piroclástica e litofácies epiclástica. A idade U-Pb de 1524±6 Ma obtida em zircão de dacito evidencia que o vulcanismo se relaciona ao segundo episódio de rifteamento da bacia Espinhaço, de idade Calimiana. A sucessão vulcano-sedimentar aqui estudada apresenta uma unidade cronocorrelata e de constituição litofaciológica semelhante no Espinhaço Setentrional, representada pela sucessão vulcanogênica da Formação Bomba (Grupo Pajeú). Ambas as situações permitem argumentar favoravelmente por evolução policíclica da bacia Espinhaço, uma vez que o primeiro episódio de rifteamento foi datado no início do Estateriano.

Palavras chave: Formação Riacho Seco, litofácies vulcânicas, Espinhaço, Geocronologia

ABSTRACT - The Riacho Seco Formation defines the upper sequence of Mato Verde Group that occurs on the western border of the Central Espinhaço range, in northern Minas Gerais, Brazil. It constitutes an important part of the tectono-stratigraphic record of the so called Espinhaço Basin. This formation comprises a major volcano-sedimentary record associated with one of the rifting stages of Espinhaço basin first identified at the northern Araçuaí belt; it comprises effusive and pyroclastic volcanic rocks as well associated epiclastic deposits, both of them with well preserved textures and structures. Lithofacies mapping supported by petrography and chemical studies allowed distinguishing four groups of genetically related volcanogenic facies, as follow: a) lava flow lithofacies; b) hydroclastic lithofacies; c) pyroclastic lithofacies; and d) epiclastic lithofacies. The U-Pb age of 1524 ± 6 Ma obtained for zircon on dacite demonstrates this volcanism is related to the second episode rifting of Espinhaço basin, Early Calymmian. The volcano-sedimentary succession here studied has a correlate chrono-stratigraphic unit analogous in Northern Espinhaço range, represented by the volcanogenic succession of Bomba Formation (upper part of Pajeú Group). Both situations allow argue favorably for polycyclic evolution of the Espinhaço basin as the first rifting stage was dated at the Early Sthatherian.

Keywords: Riacho Seco Formation, volcanic lithofacies, Espinhaço, Geochronology

INTRODUÇÃO

Registros vulcânicos integrantes de coberturas pré-cambrianas têm se consistido em importantes marcadores cronoestratigráficos de atividades tectônicas, principalmente quando relacionados com o preenchimento de riftes. Assim a investigação de sucessões vulcânicas,

incluindo estudos geoquímicos e geocronológicos, traduz uma importante ferramenta para a análise e o entendimento de sucessões de preenchimento de bacias sedimentares antigas.

Atualmente são reconhecidos episódios distintos de atividade magmática na bacia do Espinhaço, relacionados com eventos de rifteamento intracontinental. A mais antiga apresenta idade estateriana (1,77 – 1,7 Ga) e relaciona-se com o primeiro evento de rifteamento da bacia. Essa atividade tem como registro as rochas vulcânicas ácidas da Formação Rio dos Remédios (oeste da Chapada Diamantina; Babinski et al., 1994), da Formação São Simão (borda leste do Espinhaço Setentrional; Danderfer & Dardenne, 2002 e Danderfer et al., 2009) e da unidade metaígneia Conceição do Mato Dentro (borda leste do Espinhaço Meridional; Brito Neves et al., 1979, Machado et al., 1989). Há também o alojamento dos plútons anorogênicos das suítes Borrachudos (Dossin et al., 1993, Silva et al., 2002), Lagoa Real (Turpin et al., 1988, Pimentel et al., 1994) e Catolé (Costa, 2013), contemporâneos ao vulcanismo estateriano.

A segunda atividade vulcânica sucedeu durante o Calimiano (1,57 – 1,5 Ga), tendo gerado as vulcânicas ácidas a intermediárias da

Formação Bomba integrantes do rifte Pajeú, no Espinhaço Setentrional (Danderfer & Dardenne, 2002 e Danderfer et al., 2009). No Espinhaço meridional foram encontrados apenas zircões detríticos dessa faixa de idade (por exemplo, Chemale Jr. et al., 2012). Estudos recentes realizados por Costa (2013) no domínio do Espinhaço central identificaram rochas vulcânicas e vulcanoclásticas de natureza intermediária a ácida no topo do Grupo Mato Verde, definidas na Formação Riacho Seco e relacionadas com este último evento.

Este trabalho apresenta as características litofaciológicas e petrográficas das rochas vulcanogênicas da Formação Riacho Seco, complementadas por análise químicas e idades geocronológicas, além de tecer considerações sobre sua origem e significado tectonoestratigráfico no contexto da bacia Espinhaço. Os estudos foram conduzidos no extremo norte da faixa Araçuai, na borda leste do Espinhaço Central, norte de Minas Gerais (Figura 1).

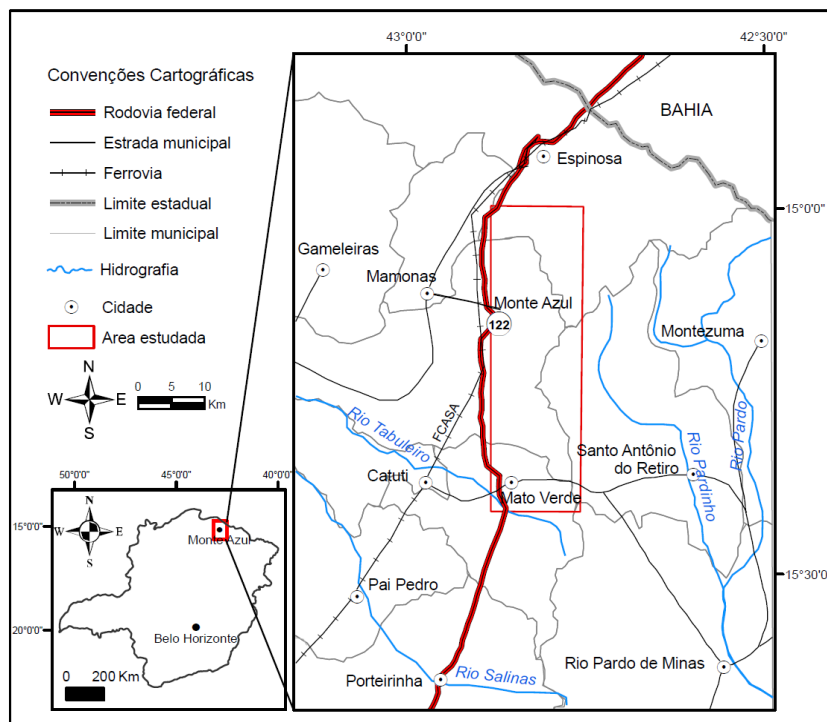


Figura 1. Mapa de localização da área estudada no norte de Minas Gerais.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A sucessão vulcano-sedimentar cartografada originalmente por Drumond et al. (1980) na borda leste do Espinhaço Central, posteriormente investigada por Knauer et al.

(2007) e Egger (2006), tem suas principais exposições ao longo da zona triangular de Monte Azul (ZTMA) e da zona de estrangulamento de Mato Verde (ZEMV,

Costa, 2013). O seu arcabouço estratigráfico foi revisado e formalizado por Costa (2013) que distingue da base para o topo três unidades litoestratigráficas limitadas por discordâncias ou descontinuidades estratigráficas, a saber: Grupo Mato Verde, Formação Vereda da Cruz e Formação Montevidéu (Figura 2). O Grupo Mato Verde é subdividido numa sucessão basal (Formação Panelas) composta basicamente de sedimentação siliciclástica por sistema de leques aluviais e, subordinadamente, fluvial e lacustre/marinho. Já a unidade superior, foco

desta pesquisa, é representada pela Formação Riacho Seco e constituída essencialmente por uma pilha a base de rochas vulcânicas ácidas a intermediárias, com rochas piroclásticas e epiclásticas associadas. Uma descontinuidade estratigráfica separa essa sucessão da Formação Vereda da Cruz que é constituída por uma pacote essencialmente arenoso de natureza eólica. Por último, em discordância angular e erosiva tem-se a Formação Montevidéu constituída por fácies aluviais, transicionais e marinhas.

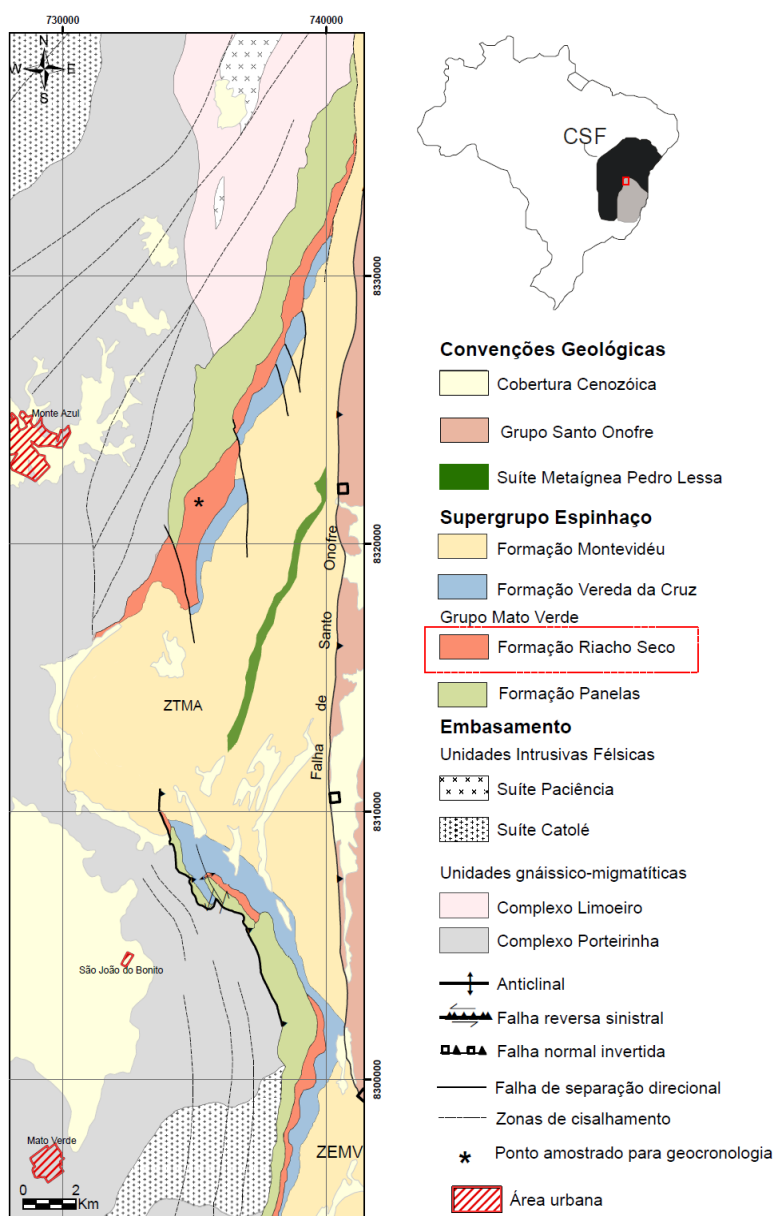


Figura 2. Mapa litoestrutural simplificado da área (modificado de Costa 2013). ZTMA: zona triangular de Monte Azul; ZEMV: zona de estrangulamento de Mato Verde. No mapa de situação destaque para a área estudada no extremo norte da Faixa Araçuaí.

A sequência vulcânica foi inicialmente estudada por Menezes Filho (1980) que utilizou

um conceito de “tendências” para esta sucessão de rochas por apresentarem uma

mesma filiação e uma contínua gradação química. Ela foi subdividida em dois conjuntos: rochas de tendência riolítica e rochas de tendência andesítica. Segundo este mesmo autor essas pilhas vulcânicas se associam a rochas vulcanoclásticas como aglomerados, tufos vesiculares, brechas vulcânicas e lãpilitufos, além de plutonitos.

Segundo Costa (2013) as rochas supracrustais foram deformadas durante um evento de inversão de bacia sob metamorfismo de fácies xisto verde baixo, o que preservou a maioria das estruturas sedimentares originais,

MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento de campo baseou-se na caracterização de fácies vulcânicas e sedimentares ao longo de seções transversais ao *trend* principal da sucessão vulcano-sedimentar da Formação Riacho Seco. Por sua vez, observações texturais e mineralógicas foram realizadas em 35 lâminas delgadas dos diversos litotipos encontrados o que auxiliou no reconhecimento de algumas litofácies. Nas descrições das litofácies suprimiram-se os termos metamórficos, uma vez que o baixo grau de recristalização dos protólitos possibilita identificar as texturas e estruturas originais das rochas.

Adicionalmente procedeu-se a amostragem de quatro afloramentos de lavas vulcânicas para análise química, visando o auxílio da classificação petrográfica dessas rochas. As análises foram efetuadas pelo Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGqa) do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/UFOP). A análise foi realizada pelo método ICP-OES (Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado), marca Spectro Ciros modelo CCD e constou de elementos maiores e

embora, localmente, tenham se desenvolvido foliações conspicuas em suas rochas. Essas foliações podem ser descritas como uma clivagem nas zonas de baixa magnitude de deformação ou como uma foliação milonítica, em estreitas zonas de cisalhamento. Durante a inversão tectônica desenvolveram-se falhamentos e dobramentos na região, com participação do embasamento na deformação da cobertura. A idade desta deformação tem sido atribuída à orogênese Brasileira (Schobbenhaus, 1993, Bertoldo, 1993).

menores. Como nesse equipamento são efetuados procedimentos de fusão sob altas temperaturas e longas etapas de aquecimento, há a perda de sílica por volatilização. Com isso a concentração desse elemento foi calculada somando-se os elementos maiores aos índices de perda por calcinação (PPC) e subtraiu o total de cem por cento.

Por último um afloramento de lava vulcânica (coordenadas UTM 735615, 8321563) foi amostrado em quantidade acima de 20 kg para estudos geocronológicos. O método utilizado foi U-Pb em zircões via LA-ICP-MS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*), aplicado no Laboratório de Geocronologia da Universidade Federal de Ouro Preto. Os procedimentos analíticos estão descritos em Romano et al. (2013). Após o processamento das amostras e a separação dos zircões, estes foram imageados utilizando a catodoluminescência (CL) no Instituto de Geociências da USP (Universidade de São Paulo), para auxiliar na escolha do local a ser atingido pelo feixe de laser. As idades foram calculadas através do software ISOPLOT (Ludwig, 2001).

DESCRIÇÃO DE LITOFÁCIES

Os depósitos vulcano-vulcanoclásticos encontrados na área foram individualizados em nove litofácies como mostrado no quadro 1. Eventualmente, a ocorrência de litofácies não é de fácil reconhecimento em observações de campo, exigindo estudos petrográficos. A relação de alternância e a forte interdigitação

entre elas dificultaram uma avaliação precisa do empilhamento estratigráfico. Dessa forma, essas litofácies foram agrupadas com base na área de predominância e na gênese dos depósitos em quatro grupos de fácies, incluindo depósitos de fluxo magmático, piroclásticos, hidroclásticos e epiclásticos. Estes termos não

implicam tamanhos de fragmentos específicos, ou à temperatura de deposição, porém são genéticos no sentido de que se aplicam a um

conjunto particular de processos vulcânicos e produtos.

Quadro 1. Litofácies vulcânicas-vulcanoclásticas e processos interpretados para a sua formação.

Fácies	Descrição	Interpretação
Litofácies de fluxos magmáticos		
Dp – Dacito porfirítico	Pórfiros de quartzo e feldspato imersos em matriz fanerítica fina exibindo textura fluidal.	Processo de extrusão de lava de composição intermediária a ácida.
Rp – Riolito porfirítico	Pórfiros de quartzo cinza azulados e feldspato imersos em matriz fanerítica fina.	Processo de extrusão de lava de composição ácida.
Litofácies hidroclásticas		
Bv – Brecha vulcânica autoclástica	Clastos angulares milimétricos de dacito, riolito e arenito imersos em matriz dacítica.	Fragmentação de porções previamente solidificadas do derrame de lavas dacíticas (Smith, 1996).
Pm – Peperito maciço	Clastos vulcânicos angulares de tamanhos variados imersos em uma matriz arenosa de composição quartzo-feldspática.	Mistura de lava com sedimentos inconsolidados ou semiconsolidados (White et al., 2000)
Litofácies piroclásticas		
I - Ignimbrito	Composta por tufos, tufos lapilíticos e lapilitos de cor cinza-esverdeada e mal selecionada. A matriz é constituída por cinza vulcânica. Estruturas de fluxo e <i>fiamme</i> foram encontradas.	Depósitos a partir de correntes de densidades piroclásticas sem segregação de grãos de tração (Branney & Kokelaar, 2002)
Litofácies epiclásticas		
Gem – Conglomerado epiclástico maciço	Conglomerado polimítico, desorganizado, suportado por matriz arenosa e clastos de rochas vulcânicas arredondados.	Fluxo gravitacional de sedimentos, provavelmente fluxo de detritos.
Sem – Arenito epiclástico maciço	Arenito mal selecionado fino a grosso, comumente conglomerático. Ocorrem fragmentos líticos subarredondados compostos de dacito, riolito, traquito e quartzo policristalino.	Fluxos não confinados associados a desaceleração nas saídas dos canais fluviais distributários.
Gseh – Conglomerado e arenito epiclástico estratificados	Reúnem misturas interestratificadas de conglomerado e arenito epiclástico com laminações sub-horizontais.	Depósitos de fluxos de detritos associados com processos trativos (Lowe, 1982).
Se (ch) – Arenito epiclástico com cimentação de chert	Arenito rico em quartzo, fragmentos líticos (rochas vulcânicas) e intraclastos arenosos com delgados níveis de chert formando nódulos.	Varição do lençol freático em um ambiente de alta alcalinidade (Smale, 1973) ou dissolução de grãos siliciclásticos instáveis.

Litofácies de fluxos magmáticos

Dacito porfirítico (Dp): foi observado no segmento norte da ZTMA em conjunto com as rochas vulcanoclásticas e epiclásticas. Define camadas de lavas vulcânicas com espessura aproximada de 3m, composta por pórfiros de quartzo e feldspato imersos em matriz fanerítica fina, exibindo coloração escura (Fig. 3a).

Em lâmina delgada nota-se textura holocristalina, fina a média, inequigranular porfirítica, além da textura fluidal (Fig. 3b). Os fenocristais euédricos e tabulares são compostos por sanidina e estão imersos numa matriz de granulação mais fina, constituída por cristais tabulares e orientados de feldspato potássico (Fig. 3c). Observam-se feições de embaiamento no feldspato (Fig. 3d).

Ocasionalmente, os fenocristais estão alterados para carbonato ou sericita.

Interpretação: É provável que esta litofácies esteja relacionada com processo de extrusão de lava de composição intermediária a ácida. Este fato é sugerido pelo fato dela se mostrar concordante com o acamamento de outras fácies, além de ser encontrados seixos de mesma natureza em fácies conglomeráticas adjacentes à sua área de ocorrência; logo trata-se de uma rocha extrusiva no contexto deposicional.

Riolito porfirítico (Rp): encontrada na região norte da ZTMA e na ZEMV; difere da litofácies Dp pelas características texturais e composicionais. Trata-se de camadas de lavas com espessura aproximada de 4m, composta por quartzo e feldspato imersos em matriz

fanerítica fina. Comumente, esta litofácies apresenta níveis decimétricos caulinizados, acinzentados, alternados com níveis quartzosos (Fig. 3e). Nos níveis mais cinzas notam-se feldspatos alongados caulinizados. Em alguns locais essa litofácies exibe pórfiros de quartzo cinza azulados.

Após análise petrográfica essa rocha foi classificada como riolito. Tal rocha possui textura holocristalina fina e inequigranular

porfirítica (Fig. 3f). Os fenocristais da rocha são representados por feldspatos potássicos tabulares e quartzo. A matriz é composta por plagioclásio, eventualmente com presença de macla polissintética e quartzo sob a forma de grãos finos xenomorfos.

Interpretação: Semelhante à litofácies Dp, a origem desta litofácies provavelmente esteja relacionada com processo de extrusão de lava de composição intermediária a ácida.

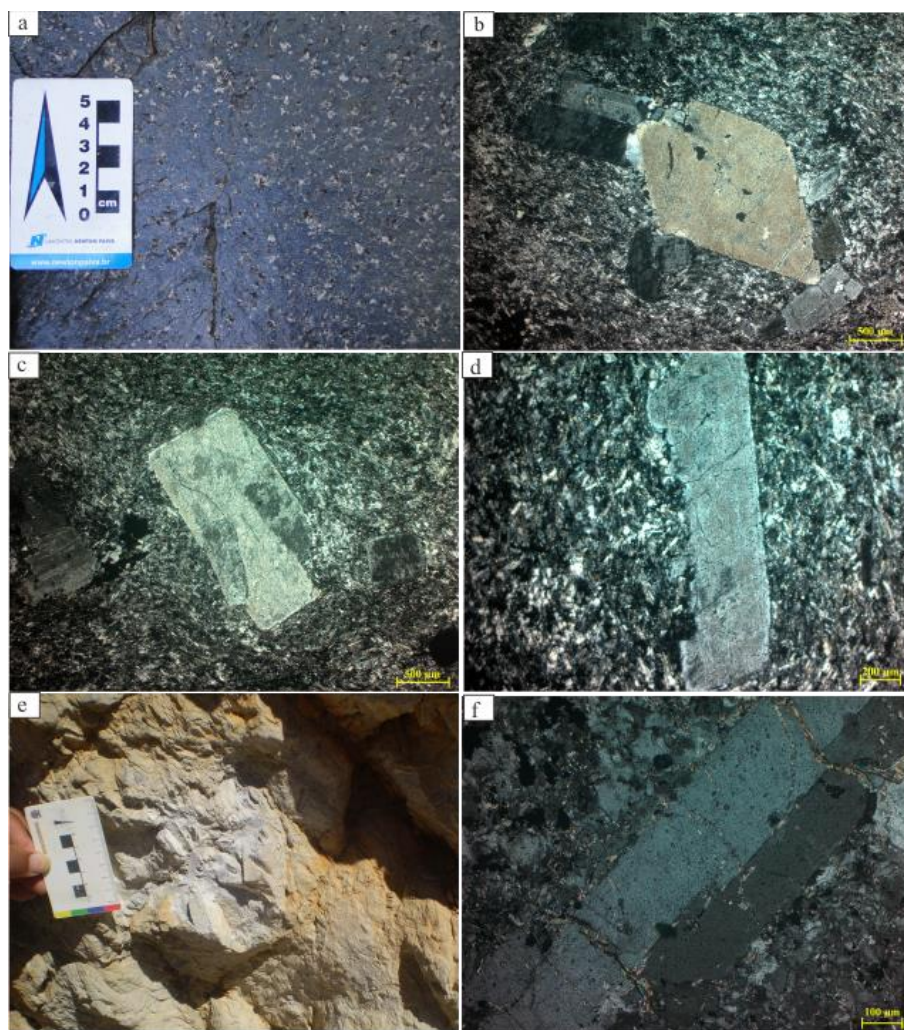


Figura 3. a) Textura porfirítica do dacito; b) Textura fluidal representada pela orientação dos cristais de feldspato (Nicóis cruzados); c) Cristal de sanidina tabular (Nicóis cruzados); d) Cristal de feldspato potássico com embaiamento (Nicóis cruzados); e) Afloramento de riolito com pórfiros de feldspato caulinzado; f) Textura porfirítica com matriz fanerítica fina em riolito (Nicóis cruzados).

Litofácies hidroclásticas

Brecha vulcânica autoclástica (Bv): ocorre associada à litofácies Dp e corresponde a uma camada de espessura aproximada de 50 cm de brecha vulcânica de textura maciça. Os fragmentos apresentam formas angulares e comprimento milimétrico a centimétrico (Fig. 4a). São constituídos predominantemente de dacito e mais raramente, de arenito.

Ao microscópio observa-se que a matriz é composta predominantemente por feldspato potássico e opacos. Os cristais de feldspato são na maioria euédricos e eventualmente apresentam a macla de Carlsbad ou em grade. Encontram-se orientados, evidenciando uma estrutura fluidal. Observam-se também grãos alterados para carbonato ou corroídos pelo fluxo magmático. Os

porfiroclastos são compostos por feldspato potássico e quartzo policristalino, este provavelmente de origem detrítica.

Interpretação: Esta brecha está relacionada com a fragmentação de porções previamente solidificadas do derrame de lavas dacíticas, a qual esta se encontra associada (Smith, 1996). Durante a rápida ascensão e o posterior

resfriamento do magma, o topo do derrame encontra-se solidificado e sujeito a tensões devido à movimentação da parte central, ainda fluida. Essa ‘‘crosta superior’’, fragmentada em blocos de diversos tamanhos, decimétricos e angulosos, continua se movimentando por fluxo do derrame. Os fragmentos são cimentados pela lava do próprio derrame.

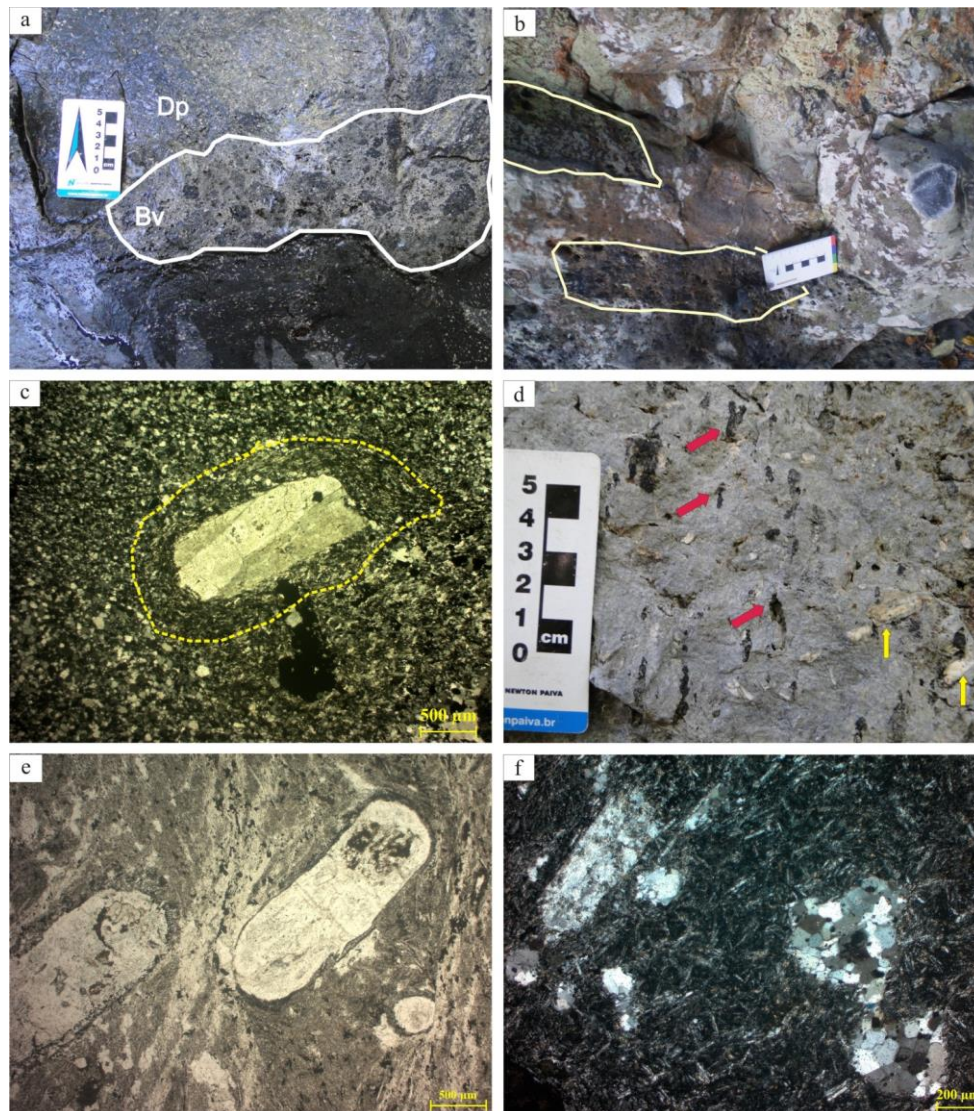


Figura 4. a) Brecha vulcânica autoclastica associada com dacito. b) Afloramento de peperito maciço. A porção escura marca os clastos de dacito imersos na matriz arenosa. c) Fotomicrografia de peperito com destaque para o fragmento de feldspato tabular associado a fluxo magmático imerso no arenito arcoseano (Nicóis cruzados). d) Ignimbrito com pórfiros de feldspato tabular indicados pelas setas em amarelo. As setas em vermelho indicam as estruturas de *fiamme*. e) Fotomicrografia de ignimbrito mostrando pórfiros de feldspato com bordas arredondadas imerso em matriz de cinza vulcânica (Nicóis paralelos). f) Textura de fluxo magmático típica de ignimbritos (Nicóis cruzados).

Peperito maciço (Pm): encontrada na base da litofácies Dp, no norte da ZTMA. Constitui-se de clastos vulcânicos angulares, de tamanhos variados, desde milímetros até 50 cm. Esses

estão imersos em uma matriz arenosa de composição quartzo-feldspática de granulometria fina a média, a mesma vista nos

arenitos marinhos/lacustres, na base da unidade (Fig. 4b).

Em lâmina delgada nota-se que os clastos vulcânicos apresentam composição predominantemente dacítica e também ocorre feldspato potássico tabular com macla de Calsbad (Fig. 4c). Já a porção arenosa é constituída por quartzo e feldspato (feldspato potássico e plagioclásio) de granulometria predominantemente fina, fazendo contatos poligonais. Observa-se um bom selecionamento na matriz da rocha, todavia devido a granulometria muito fina, não foi possível estimar o percentual dos constituintes da matriz.

Interpretação: Esta litofácies é resultante da mistura de magma com sedimentos inconsolidados ou semiconsolidados (White et al., 2000). A ocorrência de peperitos pode ocorrer em ambientes áridos como relatado por Jerram e Stollhofen (2002). Entretanto as fácies de deposição marinha/lacustre na base da sequência vulcânica (Formação Panelas) e a presença de brecha autoclástica no topo da camada de peperito sugerem que o processo de desintegração magmática ocorreu em ambiente subaquoso. O processo de auto-brecha do derrame é importante na formação dos peperitos na área em foco. Neste caso, a tração da frente e base do derrame teria causado a remobilização e mistura dos clastos ígneos com o sedimento inconsolidado disponível. A presença de peperito pode ser uma evidência de contemporaneidade entre a sedimentação e o vulcanismo explosivo.

Litofácies piroclástica

Sucessão de litofácies ignimbrítica: encontrada tanto no segmento setentrional quanto no meridional da ZTMA; designa um acervo de rochas vulcanoclásticas, as quais estão relacionadas geneticamente. Devido à dificuldade em distinguir cada litofácies separadamente, elas foram agrupadas de modo a simplificar a sua descrição. Esta litofácies é composta por tufos, tufos lapilíticos e lapilitos de cor cinza-esverdeada e mal selecionada. Apresenta cristais de quartzo subarredondados, feldspatos tabulares e fragmentos de tamanhos lapili imersos na matriz. A matriz é constituída por um material muito fino, identificado como cinza vulcânica. Em certos locais foi observada

uma estrutura típica de fluxo e estruturas com forma de pequenas lentes achatadas interpretadas como fiamme (Fig. 4d).

Microscopicamente, apresenta abundantes feldspatos alterados e alguns corroídos imersos em uma massa fina constituída de cinza vulcânica (Fig. 4e). Estruturas de púmices colapsados são observadas ao microscópio. Os fragmentos líticos quase sempre são de dacito muito fino e subordinadamente, ocorre quartzo policristalino arredondado. A estrutura de fluxo é bem marcada em lâmina delgada (Fig. 4f).

Interpretação: Esta litofácies foi depositada a partir de correntes de densidades piroclásticas sem segregação de grãos por tração (Branney & Kokelaar, 2002). A granulação variada entre os clastos líticos e a matriz lapili/cinza indica uma diminuição progressiva da turbulência das correntes em associação tanto com o aumento quanto com a diminuição da erupção vulcânica (Branney & Kokelaar, 2002). O impacto ocorrido ao longo do conduto ou do transporte turbulento na superfície explica o aspecto deformado dos cristais.

Litofácies epiclásticas

Litofácies conglomerado epiclástico maciço (Gem): ocorre por toda a área estudada e apresenta-se na forma de corpos maciços, desorganizados de espessura métrica, eventualmente descontínuos. Esta litofácies é constituída por conglomerados polimíticos, matriz suportados, compostos por clastos predominantemente de rochas vulcânicas, aos quais se juntam fragmentos de rochas graníticas, arenitos e quartzo de veio (Fig. 5a). O arcabouço é composto por clastos de tamanhos variados (até 80 cm), subarredondados e pobremente selecionados. Observam-se feições de retrabalhamento destes clastos durante o transporte sedimentar (Fig. 5b).

Análises microscópicas mostram uma rocha com matriz fina constituída por quartzo, feldspato, mica branca e opacos. Os fragmentos líticos constituem-se de riolitos, dacitos, traquitos e rochas graníticas além de feldspatos euédricos (Fig. 5c). O quartzo é o componente principal da matriz e se apresenta em cristais euédricos, com presença de embaiamento em

seu entorno (Fig. 5d) ou arredondado, com presença de sobrecrescimento (*overgrowth*, Fig. 5e). Em algumas lâminas nota-se cimentação por carbonato e zeólita (Fig. 5f).

Interpretação: A presença de cristais de quartzo euédrico e quartzo com *overgrowth* sugerem duas fontes distintas para esses grãos: a

primeira ígnea e a segunda, detrítica. Como não foram reconhecidas feições que indiquem transporte e deposição por processos trativos é possível que esta litofácies tenha sido gerada por processos ligados a fluxo gravitacional de sedimentos, provavelmente fluxo de detritos.

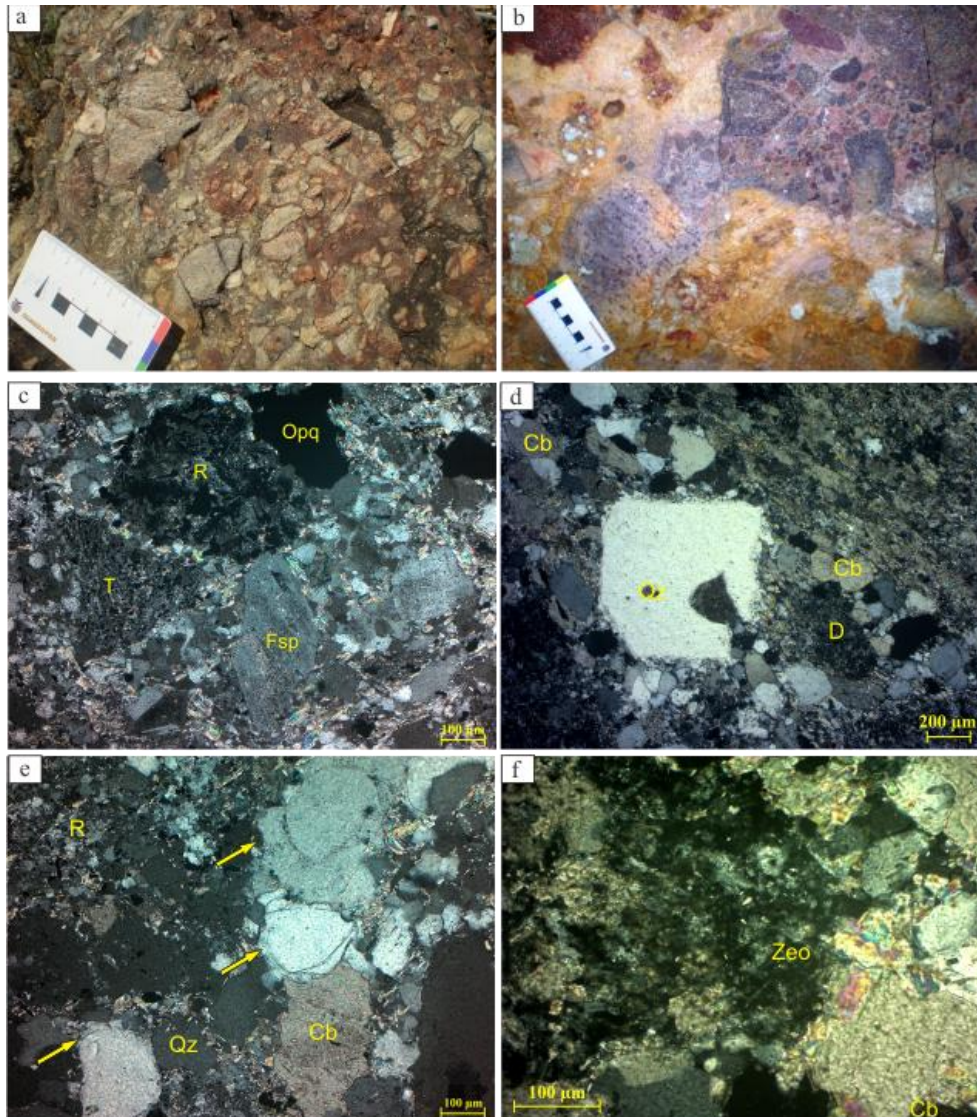


Figura 5. a) Clastos arredondados variados de riolito, arenito e rocha granítica; b) Clastos de rocha vulcanoclástica retrabalhados; c) Fragmentos de traquito, riolito e feldspato euédrico imersos na matriz clástica do conglomerado epiclástico (Nicóis cruzados); d) Quartzo euédrico com embaiamento (Nicóis cruzados); e) As setas em amarelo indicam o *overgrowth* em quartzo (Nicóis cruzados); f) Zeólita e carbonato cimentando a rocha (Nicóis cruzados). D: dacito; Opq: Mineral opaco; Qz: Quartzo; R: Riolito; T: Traquito, Zeo: Zeólita.

Arenito epiclástico maciço (Sem): ocorre na porção norte da ZTMA de forma subordinada. Constituída por um arenito mal selecionado, que varia de fino a grosso, comumente conglomerático (Fig. 6a). O arcabouço principal apresenta quartzo e feldspato subarredondados a subangulares. Também são

encontrados fragmentos líticos, principalmente de rochas vulcânicas, vulcanoclásticas e arenito.

Petrograficamente nota-se que a matriz é argilosa e composta por mica branca, quartzo fino e opacos. Os arenitos são constituídos por quartzo e fragmentos líticos (traquito, riolito,

quartzo policristalino), com presença de feldspato potássico tabular, opacos e carbonato cimentando a rocha (Fig. 6b).

Interpretação: A grande quantidade de fragmentos líticos na litofácies arenosa sugere uma deposição por correntes efêmeras

associadas a alta energia. Possivelmente trata-se de fluxos não confinados que perderam sua competência e capacidade rapidamente devido à expansão do fluxo, e da desaceleração nas saídas dos canais fluviais distributários.

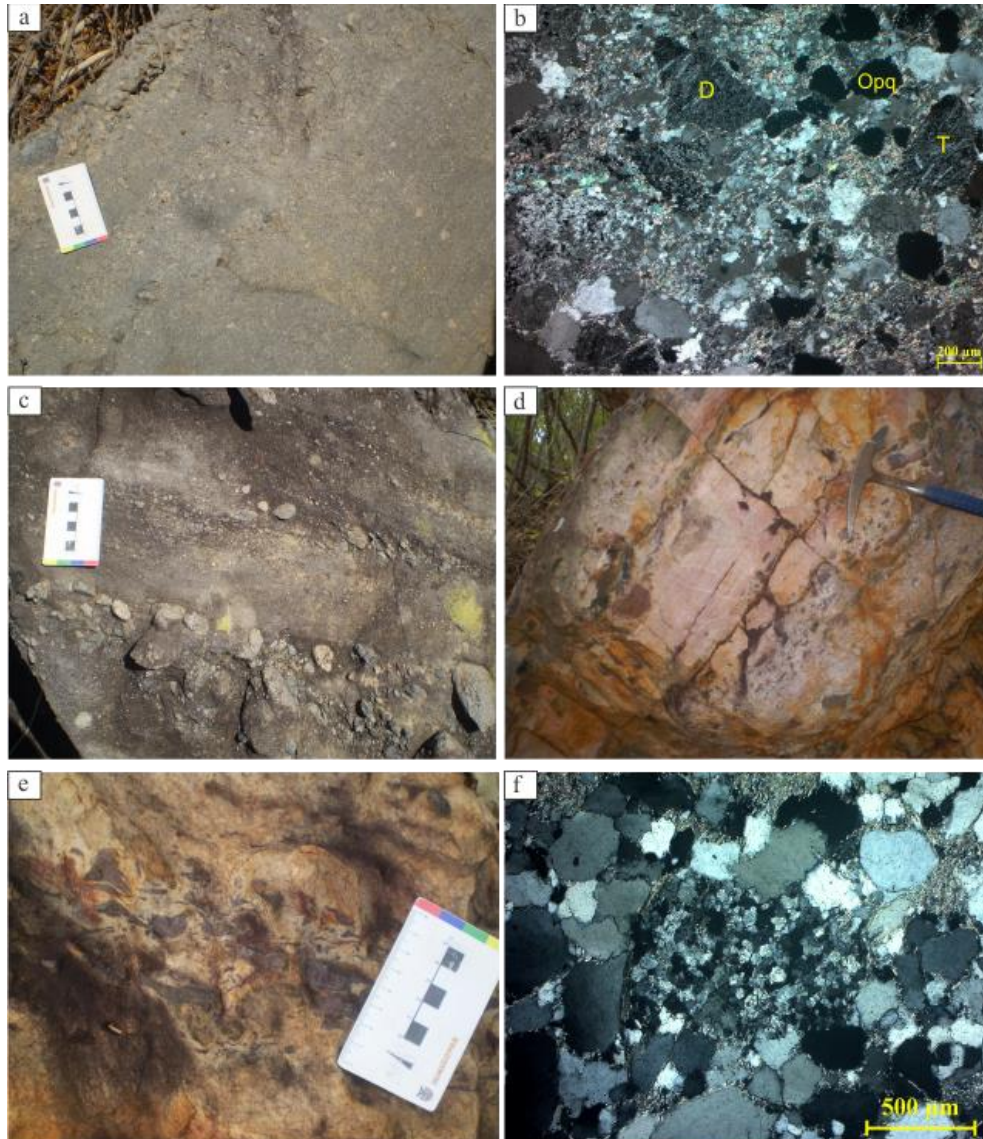


Figura 6. a) Afloramento do arenito epiclástico. Observam-se fragmentos líticos dispersos sobre a rocha; b) Fotomicrografia da litofácies anterior com fragmentos de dacito e traquito em meio aos cristais de quartzo e feldspato (Nicóis cruzados). c) Laminação sub-horizontal marcada pela alternância de leitos conglomeráticos e arenosos; d) Arenito puro com horizontes cimentados por chert (coloração roxeada); e) Detalhe do horizonte cimentado por chert; f) Fotomicrografia da litofácies Se (ch) que mostra o chert no centro da figura (Nicóis cruzados). D: Dacito; Opq: mineral opaco; T: Traquito.

Conglomerado e arenito epiclásticos com laminação horizontal (Gseh): ocorre de forma subordinada na área e reúnem misturas interestratificadas na forma de camadas centimétricas descontínuas de conglomerado e arenito epiclástico. O arranjo dessas camadas

pode configurar tanto camadas difusas como camadas com laminações sub-horizontais, destacadas em virtude da quantidade de seixos organizados segundo os planos da laminação (Fig. 6c). Nos horizontes conglomeráticos, destacam-se bombas vulcânicas que chegam até

15 cm de diâmetro e fragmentos de quartzo de veio. Predominam seixos com valores altos de esfericidade e arredondamento. A matriz, de granulometria fina, apresenta coloração cinza e é composta por quartzo detrítico e feldspato caulinizado. Os horizontes arenosos são mal selecionados e constituídos por fragmentos líticos variados como quartzo, lapili e feldspatos tabulares.

Interpretação: A geometria desta litofácies, juntamente com sua organização interna, evidencia uma origem por depósitos de fluxos de detritos associado com processos trativos (Lowe, 1982).

Arenito epiclástico cimentado por chert (Se(ch)): foi encontrado de forma restrita na área, na porção norte da ZTMA. Trata-se de um arenito rico em quartzo, fragmentos líticos (arenitos, rochas vulcânicas) e intraclastos arenosos (Fig. 6d). O arenito é branco-rosado, maduro e bem selecionado. Os níveis de chert

formam nódulos em delgados horizontes descontínuos (Fig. 6e).

Em lâmina delgada possui uma composição predominante de quartzo, com sílica microcristalina (chert) preenchendo o espaço poroso da rocha, formando os denominados silcretes (Fig. 6f). Como minerais pesados têm-se zircão e rutilo. O tamanho dos grãos de quartzo varia de 0,3 a 0,5 mm, o que caracteriza o bom selecionamento da rocha. O grau de arredondamento dos grãos varia de sub-arredondado a anguloso e, localmente, observa-se *overgrowth* em quartzo.

Interpretação: A origem e precipitação dos fluidos ricos em sílica que originaram os silcretes pode estar relacionada à variação do lençol freático em um ambiente de alta alcalinidade (Smale, 1973) ou também por dissolução de grãos siliciclásticos instabilizados. Outra proposta para sua geração seria pela substituição do material argiloso original (Summerfield, 1983).

GEOQUÍMICA

As análises químicas tiveram por objetivo a caracterização composicional das rochas da Formação Riacho Seco, sobretudo as litofácies de fluxos magmáticos. As rochas vulcânicas apresentam composições distintas,

sendo representadas por riolitos e dacitos. Os dados geoquímicos dessas rochas bem como os dados compilados da sucessão vulcânica de Drumond et al. (1980) e Knauer et al. (2007) se encontram na tabela 1.

Tabela 1. Dados químicos das rochas vulcânicas amostradas e compiladas de outros trabalhos.

Este trabalho					Drumond et al. (1980)						Knauer et al. (2007)			
Amostra	MA8	MA135A	MA143A	MA261	FR73	FR89A	FR322	FR342	FR431	NR212	LF3	LF29	LF30	LF60
Fácies	Dp	Rp	Rp	Rp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	16,18	14,09	11,66	13,69	15,12	16,47	10,42	20,70	12,75	7,64	12,80	13,10	13,70	15,20
CaO	0,04	1,10	1,05	0,67	0,42	0,42	0,28	0,56	1,12	1,90	7,10	0,31	1,43	2,52
Fe ₂ O ₃	8,22	6,21	4,76	6,21	7,97	7,74	6,02	12,21	6,47	2,92	16,80	6,05	9,11	7,26
FeO	0,92	0,69	0,53	0,69	0,14	0,51	0,23	0,16	0,97	1,90	-	-	-	-
K ₂ O	3,20	4,18	6,76	7,62	3,13	6,75	5,06	7,95	5,66	5,06	1,18	6,10	4,12	2,32
MgO	0,28	0,83	1,06	0,33	0,30	0,10	1,21	1,91	1,61	-	3,26	0,09	0,85	2,78
MnO	0,02	0,06	0,25	0,04	-	-	-	-	-	-	0,20	0,02	0,16	0,08
Na ₂ O	4,60	2,90	0,39	1,06	4,58	1,66	1,01	2,43	3,80	0,54	2,45	2,61	3,96	1,75
P ₂ O ₅	0,02	0,05	0,04	0,07	0,48	0,48	-	0,52	-	-	0,27	0,09	0,22	0,41
SiO ₂ *	65,12	66,84	70,10	67,67	66,51	63,69	73,36	48,04	66,18	73,05	52,60	70,00	63,60	63,50
TiO ₂	0,65	0,61	0,48	0,67	0,67	0,78	0,43	1,33	0,61	0,23	1,69	0,60	1,22	2,14
PPC (%)	0,75	2,44	2,94	1,29	0,68	1,40	1,98	4,19	0,83	6,76	1,60	0,70	1,50	1,85

* SiO₂ calculado com base em cálculos analíticos.

Dp: Dacito porfirítico; Rp: Riolito porfirítico

Todas as amostras analisadas são subalcalinas com teor de SiO₂ variando de 65,12% a 70,10% (Tabela 1), e conteúdo de álcalis (K₂O+Na₂O) entre 7,08 a 8,68% ppm

que indicam composição predominante riolítica e dacítica subalcalina (fig 7). De acordo com o diagrama total de álcalis versus sílica (Le Bas et al., 1986, fig 7) há uma coincidência com os

resultados apresentados por Drummond et al. (1980) e Kanuer et al. (2007), embora as variações químicas apresentadas por ambos os

autores sejam maiores. Isso indica um pequeno grau na diferenciação da fonte do magma.

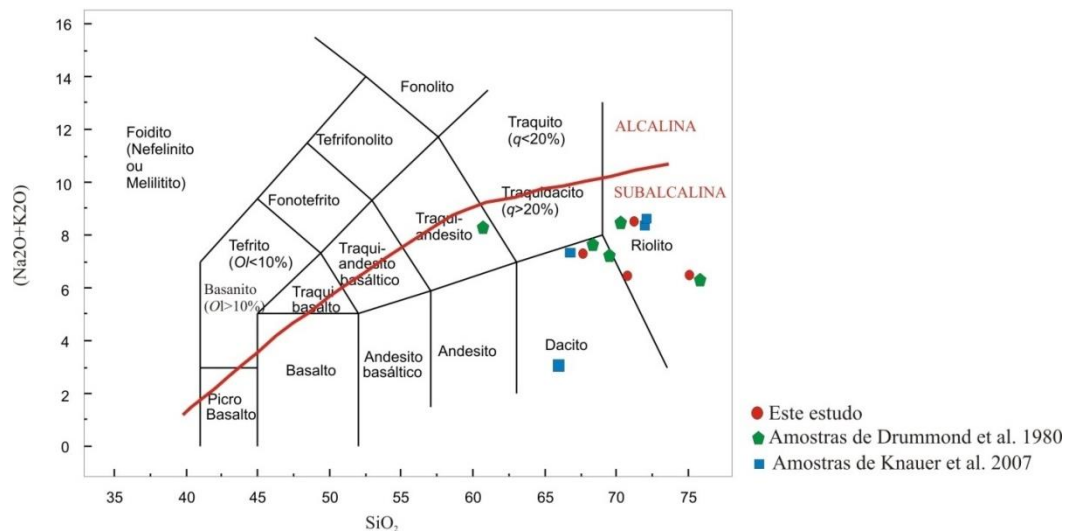


Figura 7. Classificação dos litotipos da Formação Riacho Seco, conforme o diagrama TAS (Álcis X Sílica) de Le Bas et al. (1986) com a divisão da série alcalina/subalcalina de Irvine & Baragar (1971) para rochas vulcânicas.

GEOCROLOGIA

Uma amostra de dacito situada no segmento norte da ZTMA foi analisada pelo método U-Pb em zircão. As imagens de CL revelam alguns zircões subarredondados, típicos de minerais detríticos. Contudo a maioria dos grãos exibe faces bem definidas, bem como um zoneamento oscilatório interno, textura típica de origem ígnea (Fig. 8a). Na tabela 2 estão sumarizadas as principais propriedades isotópicas dos zircões da amostra analisada.

Foram realizados 38 testes dos quais 17 zircões foram selecionados para cálculo da idade, já que eles são concordantes. Os grãos

analisados forneceram diferentes conjuntos de idades, o que indica que a sequência estudada foi fornecida com sedimentos transportados a partir de fontes de idade diferentes. Este padrão é ilustrado pelo diagrama de probabilidade cumulativa combinado com os histogramas da análise (Figura 8b, c). Os dados mostram diferentes intervalos de idades variando de 3319 Ma até 1517 ± 22 Ma. Dentro do intervalo de idades mais jovens, as análises concordantes forneceram uma média de idade $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ de 1524 ± 6 Ma (MSWD = 0,20; Figura 8d), a qual é interpretada como a idade mínima do vulcanismo da bacia neste segmento.

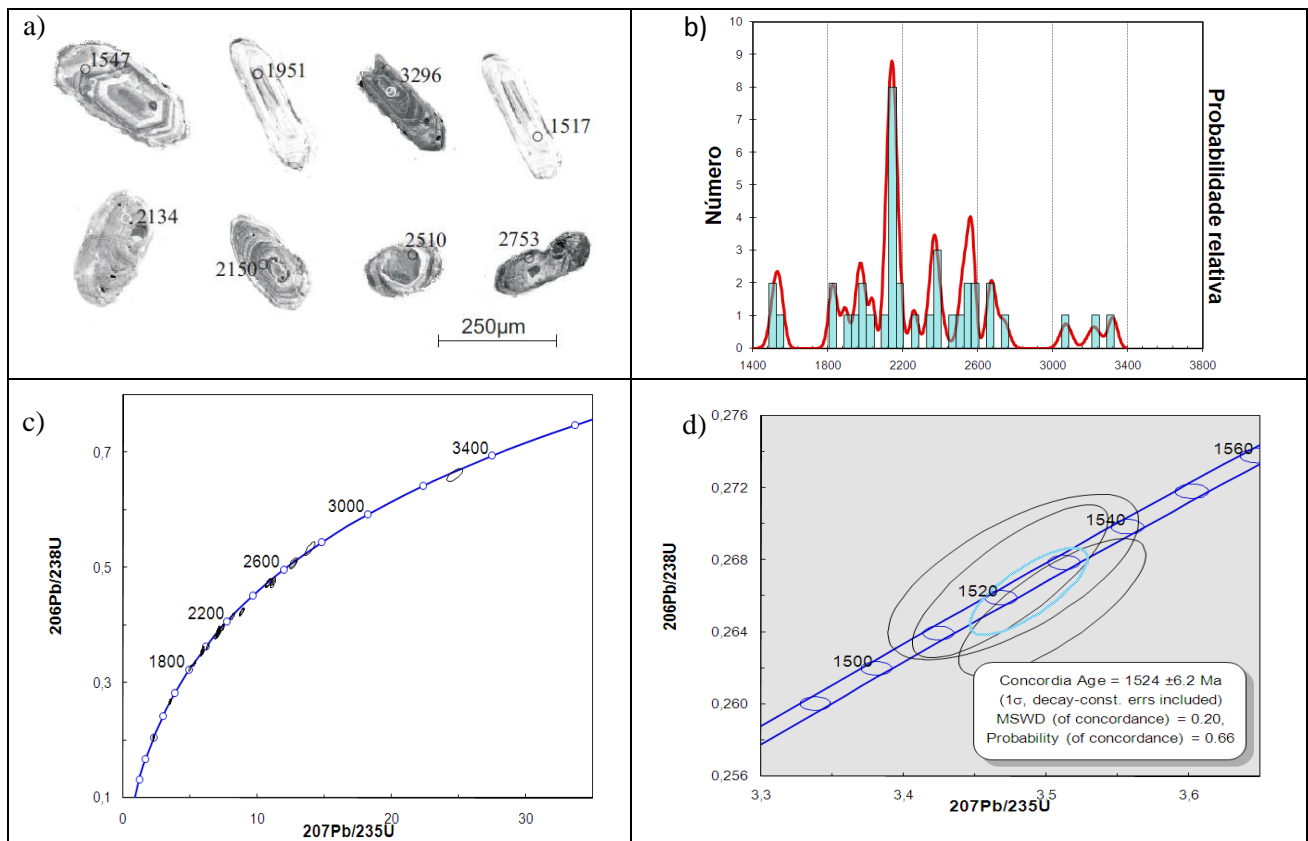


Figura 8. a) Imagens de CI para zircões da amostra datada. b) Histograma referente às idades (em milhões de anos) dos zircões detríticos do dacito. c) Diagrama concórdia U-Pb para a amostra. d) Idade concórdia

Tabela 2. Análises U-Pb via LA-ICP-MS do dacito.

No de análises	Spot	Ratio	1s	Ratio	1s	Ratio	1s	Age	1s	Age	1s	Age	1s	Ratio	1s	Ratio	1s	Rho
		Pb207/Pb206	Pb206/U238	Pb207/U235	Pb207/Pb206	Pb206/U238	Pb207/U235	Pb207/U235	Pb207/U235	Pb206/U238	Pb206/U238							
1	TESTE58	0,16591	0,0021	0,47474	0,00465	10,8365	0,14102	2516,8	21,1	2504,3	20,31	2509,2	12,1	10,8365	0,14102	0,47474	0,00465	0,75267
2	TESTE71	0,16732	0,00255	0,47242	0,00503	10,8306	0,16302	2531	25,31	2494,2	22,02	2508,7	13,99	10,8306	0,16302	0,47242	0,00503	0,70738
3	TESTE43	0,13563	0,0019	0,39513	0,00402	7,37408	0,1044	2172,1	24,23	2146,6	18,58	2157,8	12,66	7,37408	0,1044	0,39513	0,00402	0,71861
4	TESTE65	0,13532	0,00169	0,39585	0,00385	7,3621	0,09539	2168,2	21,65	2149,9	17,78	2156,4	11,58	7,3621	0,09539	0,39585	0,00385	0,75064
5	TESTE14	0,13291	0,00143	0,39043	0,00385	7,15094	0,08335	2136,8	18,66	2124,8	17,83	2130,4	10,38	7,15094	0,08335	0,39043	0,00385	0,84601
6	TESTE70	0,13369	0,00162	0,38732	0,0038	7,12549	0,0906	2147	20,99	2110,4	17,65	2127,2	11,32	7,12549	0,0906	0,38732	0,0038	0,77161
7	TESTE33	0,13369	0,0016	0,38697	0,00395	7,1242	0,09013	2147	20,78	2108,7	18,37	2127,1	11,26	7,1242	0,09013	0,38697	0,00395	0,80684
8	TESTE47	0,13206	0,00178	0,39151	0,00403	7,11478	0,09739	2125,5	23,37	2129,8	18,69	2125,9	12,19	7,11478	0,09739	0,39151	0,00403	0,75199
9	TESTE62	0,13409	0,00216	0,3851	0,00434	7,0928	0,11339	2152,2	27,91	2100,1	20,21	2123,1	14,23	7,0928	0,11339	0,3851	0,00434	0,70495
10	TESTE49	0,13274	0,00166	0,38788	0,00373	7,07628	0,09082	2134,5	21,77	2113	17,33	2121,1	11,42	7,07628	0,09082	0,38788	0,00373	0,74926
11	TESTE16	0,13074	0,00137	0,3925	0,00373	7,07221	0,08001	2108	18,26	2134,4	17,25	2120,6	10,06	7,07221	0,08001	0,3925	0,00373	0,84
12	TESTE77	0,12159	0,00159	0,35359	0,00366	5,91929	0,08045	1979,6	23,16	1951,7	17,41	1964,1	11,81	5,91929	0,08045	0,35359	0,00366	0,7616
13	TESTE15	0,1202	0,00161	0,3567	0,00403	5,91029	0,08339	1959,1	23,75	1966,5	19,13	1962,7	12,25	5,91029	0,08339	0,3567	0,00403	0,80075
14	TESTE78	0,12163	0,00189	0,35241	0,0038	5,89162	0,09131	1980,2	27,43	1946,1	18,11	1960	13,45	5,89162	0,09131	0,35241	0,0038	0,69575
15	TESTE31	0,09598	0,00114	0,26538	0,00251	3,50411	0,04315	1547,4	22,16	1517,3	12,77	1528,1	9,73	3,50411	0,04315	0,26538	0,00251	0,76807
16	TESTE44	0,09456	0,00159	0,26706	0,00303	3,47688	0,0581	1519,3	31,44	1525,9	15,39	1522	13,18	3,47688	0,0581	0,26706	0,00303	0,67896
17	TESTE32	0,09447	0,00114	0,26682	0,0028	3,47479	0,0453	1517,5	22,57	1524,6	14,23	1521,5	10,28	3,47479	0,0453	0,26682	0,0028	0,80495
18	TESTE73	0,27232	0,00436	0,66135	0,00736	24,6947	0,38856	3319,4	24,87	3272,4	28,58	3296,2	15,35	24,6947	0,38856	0,66135	0,00736	0,70728
19	TESTE57	0,25562	0,00583	0,61129	0,00902	21,4333	0,47319	3219,9	35,55	3075,2	36,09	3158,4	21,42	21,4333	0,47319	0,61129	0,00902	0,66836
20	TESTE36	0,1894	0,00328	0,53283	0,0078	13,8964	0,24344	2737	28,18	2753,3	32,79	2742,7	16,59	13,8964	0,24344	0,53283	0,0078	0,83563
21	TESTE72	0,23254	0,00457	0,4059	0,00614	12,9907	0,24542	3069,6	31,06	2196,2	28,13	2679	17,81	12,9907	0,24542	0,4059	0,00614	0,8007
22	TESTE50	0,18157	0,00262	0,50889	0,00567	12,6804	0,18924	2667,3	23,73	2651,9	24,23	2656,2	14,05	12,6804	0,18924	0,50889	0,00567	0,74659
23	TESTE63	0,18251	0,00254	0,50597	0,00489	12,6774	0,1771	2675,8	22,86	2639,4	20,92	2656	13,15	12,6774	0,1771	0,50597	0,00489	0,69183
24	TESTE37	0,17161	0,00186	0,4724	0,00492	11,1634	0,13715	2573,4	18,05	2494,1	21,55	2536,9	11,45	11,1634	0,13715	0,4724	0,00492	0,84773
25	TESTE46	0,1703	0,00187	0,47563	0,00469	11,1548	0,13256	2560,5	18,22	2508,2	20,5	2536,1	11,07	11,1548	0,13256	0,47563	0,00469	0,82976

26	TESTE76	0,16964	0,00224	0,45725	0,0048	10,6651	0,14575	2554,1	21,95	2427,4	21,24	2494,4	12,69	10,6651	0,14575	0,45725	0,0048	0,76814
27	TESTE23	0,16172	0,01383	0,4481	0,01878	9,50512	0,7557	2473,7	137,59	2386,8	83,6	2388	73,04	9,50512	0,7557	0,4481	0,01878	0,52714
28	TESTE38	0,15165	0,0018	0,42379	0,00413	8,84431	0,10954	2364,6	20,12	2277,7	18,7	2322,1	11,3	8,84431	0,10954	0,42379	0,00413	0,78685
29	TESTE25	0,15213	0,00155	0,42218	0,00428	8,82487	0,10295	2370,1	17,24	2270,4	19,38	2320,1	10,64	8,82487	0,10295	0,42218	0,00428	0,86902
30	TESTE30	0,14262	0,00174	0,41566	0,00409	8,15767	0,10292	2259,2	20,9	2240,8	18,65	2248,7	11,41	8,15767	0,10292	0,41566	0,00409	0,77992
31	TESTE13	0,1548	0,00197	0,35157	0,00409	7,4647	0,1055	2399,6	21,46	1942,1	19,49	2168,8	12,65	7,4647	0,1055	0,35157	0,00409	0,82314
32	TESTE74	0,13272	0,00205	0,38605	0,00418	7,04331	0,10829	2134,3	26,83	2104,5	19,45	2116,9	13,67	7,04331	0,10829	0,38605	0,00418	0,70424
33	TESTE75	0,1325	0,00201	0,38231	0,00399	6,96281	0,10531	2131,3	26,28	2087,1	18,6	2106,7	13,43	6,96281	0,10531	0,38231	0,00399	0,69004
34	TESTE24	0,1496	0,00196	0,33491	0,00318	6,90198	0,09165	2341,3	22,29	1862,2	15,38	2098,9	11,78	6,90198	0,09165	0,33491	0,00318	0,71506
35	TESTE20	0,12559	0,00121	0,36335	0,00365	6,29194	0,07044	2037,1	16,94	1998	17,25	2017,3	9,81	6,29194	0,07044	0,36335	0,00365	0,89729
36	TESTE45	0,11183	0,00142	0,36395	0,0039	5,6072	0,07572	1829,4	22,87	2000,9	18,41	1917,2	11,64	5,6072	0,07572	0,36395	0,0039	0,79352
37	TESTE34	0,11575	0,00127	0,33366	0,00331	5,31996	0,06358	1891,6	19,61	1856,1	15,99	1872,1	10,21	5,31996	0,06358	0,33366	0,00331	0,83006
38	TESTE59	0,11154	0,0015	0,32527	0,00334	4,99322	0,06885	1824,7	24,23	1815,4	16,26	1818,2	11,67	4,99322	0,06885	0,32527	0,00334	0,7447

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise petrofaciológica da Formação Riacho Seco, aliada a dados geoquímicos e geocronológicos, permitiu interpretar distintos processos, fontes e ambientes de formação para a sua sucessão vulcanogênica, caracterizando um importante registro de formação de bacia durante o Calimiano (Mesoproterozóico inferior) no Espinhaço Central.

A manifestação vulcânica ácida registrada por esta unidade estaria associada a um importante episódio de rifteamento intracontinental do paleocontinente São Francisco. Ela corresponde a uma atividade vulcânica que preenche o estágio final da fase rifte, podendo traduzir a evolução de um rifteamento passivo de acordo com Allen & Allen (2005). Em tais circunstâncias as rochas da Formação Riacho Seco não estão relacionadas com o rifteamento precursor da bacia Espinhaço de 1,75 Ga, como previamente revelado por diversos autores (e.g. Shobbenhaus, 1993, Uhlein *et al.*, 1995, Brito Neves *et al.*, 1995, Egger, 2006). Por sua vez o vulcanismo aqui datado em 1524 ± 6 Ma é sincrônico ao da Formação Bomba (topo do Grupo Pajeú), ocorrente na borda leste do Espinhaço setentrional, com idades pelo método U/Pb SHRIMP em zircão de 1582 ± 8 Ma e 1569 ± 14 Ma (Danderfer *et al.*, 2009). No Espinhaço meridional não foram encontrados registros desse evento até o momento.

De acordo com as litofácies analisadas é possível que tenha ocorrido no mínimo dois pulsos diferentes de vulcanismo. O primeiro não-explosivo marcado pelos depósitos de fluxos magmáticos e hidroclásticos. E o

segundo explosivo evidenciado pelos depósitos ignimbríticos. A forte intercalação entre os litotipos vulcânicos e epiclásticos indica que a atividade magmática ocorreu em pulsos isolados por períodos mais serenos.

Quanto aos ambientes vulcânicos é possível que os riolitos e dacitos tenham sido expelidos em ambiente subaquoso. Esse fato é sugerido pela presença das litofácies hidroclásticas associadas a esses derrames. Em função da alta viscosidade os derrames de rochas vulcânicas ácidas apresentam pequena continuidade lateral, sendo assim o local de ocorrência dessas rochas deve representar a proximidade dos condutos vulcânicos. Por outro lado a origem dos ignimbritos é de mais difícil interpretação podendo ter ocorrido em um ambiente subaéreo ou subaquoso raso.

Por último têm-se as rochas epiclásticas que teriam resultado da desintegração, erosão, transporte e sedimentação das rochas vulcanoclásticas. A área de predominância dessas rochas é muito expressiva se comparado à espessura total da seção, já que é encontrada por toda a área analisada. A paragênese secundária formada por zeólitas e carbonato sugere que parte do depósito foi retrabalhada e/ou depositada em ambiente subaquoso. Todavia, a litofácies de arenito com silcrete Se(ch) indica um ambiente continental de clima árido a semi-árido. Esta relação é condizente com o fato desta litofácies se localizar no topo da Formação Riacho Seco, próxima ao contato com a Formação Vereda da Cruz que representa depósitos eólicos de ambiente desértico.

A relação temporal entre os litotipos não é evidente devido à ampla interdigitação das

litofácies e a presença de afloramentos descontínuos. A figura 9 mostra um modelo de deposição proposto que melhor se encaixa a

essa sucessão de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas.

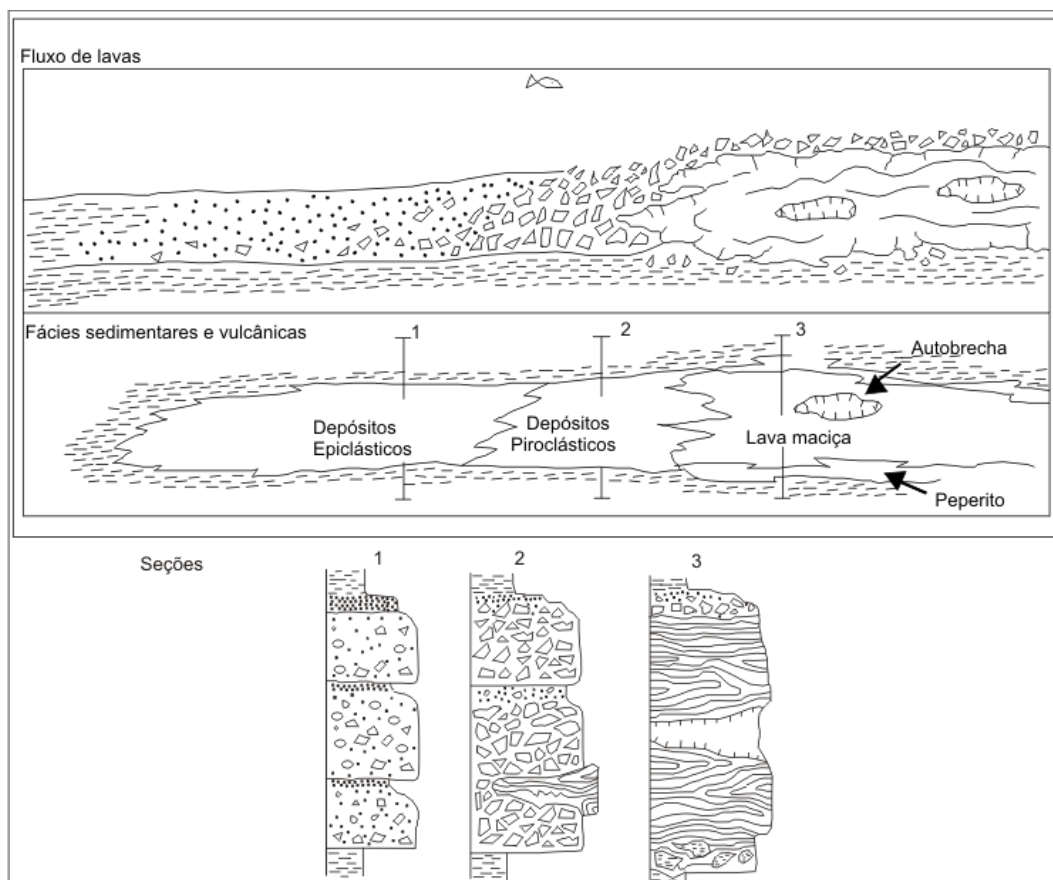


Figura 9. Modelo deposicional de um ambiente vulcano-vulcanoclástico que se desenvolve em associação com a colocação de fluxos de lava em ambiente subaquoso. Cada seção colunar mostra uma associação de predominância litofaciológica, que são: 1- litofácies epiclástica; 2: litofácies piroclástica, 3: litofácies hidroclástica (modificado de McPhie et al., 1993 segundo Pichler 1965).

CONCLUSÕES

O vulcanismo ácido subalcalino da Formação Riacho Seco é representado por uma sucessão de rochas efusivas e vulcanoclásticas. A composição e distribuição dessas rochas na área permitem uma subdivisão em quatro áreas de predominância litofaciológica, que são: litofácies de fluxos magmáticos, hidroclásticas, piroclásticas e epiclásticas. A ocorrência de fragmentos de rochas vulcânicas dacíticas e riolíticas no arcabouço dos arenitos e conglomerados atesta um processo de retrabalhamento dessas rochas durante a sedimentação da bacia. As várias características observadas nas diferentes litofácies, bem como ao posicionamento estratigráfico na bacia, permitem caracterizar o vulcanismo da Formação Riacho Seco como de natureza

subaquosa, comum em ambientes de riftes continentais.

O comportamento dos elementos maiores permite classificar o magmatismo responsável pela Formação Riacho Seco como de natureza ácida. A afinidade alcalina deste magmatismo fica evidenciada pelos elevados teores de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. As rochas vulcânicas não estariam relacionadas ao rifte precursor da bacia Espinhaço de idade Estateriana e sim ao evento vulcânico de idade Calimiana, registrando um segundo episódio de rifteamento.

Confirma-se aqui, também, a reinterpretção dada por Danderfer & Dardenne (2002) para a evolução da bacia Espinhaço, para os quais ela constitui um local de

acumulação de bacias sucessivas (sítio geomórfico) ao longo do tempo geológico, no interior da placa Sanfranciscana, do que uma

bacia singular de evolução contínua ou decorrente apenas de um único processo geodinâmico.

AGRADECIMENTOS

Os autores externam seus agradecimentos à Fapemig (Processo CRA-APQ-00929-11) pelo apoio financeiro ao desenvolvimento do trabalho, à CAPES pela concessão de bolsa de mestrado a autora e aos professores Newton Souza Gomes (UFOP) e Hermínio Arias Nalini Jr. (UFOP) pelas discussões e sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, P. A. & ALLEN, J. H. (Autores). **Basin analysis. Principles and applications**. Oxford: Blackwell, 451p., 2005.
2. BABINSKI, M.; BRITO NEVES, B. B.; MACHADO, N.; NOCE, C. M.; UHLEIN, A.; VAN SCHMUS, W. R. Problemas da metodologia U/Pb em zircões de vulcânicas continentais: caso do Grupo Rio dos Remédios, Supergrupo Espinhaço, no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, 1994, Balneário Camboriú. **Anais...** Sociedade Brasileira de Geologia, 1994, p.409-410.
3. BERTOLDO, A. L. **Comportamento estrutural dos supergrupos São Francisco e Espinhaço e do embasamento entre a serra do Espinhaço setentrional e as serras de Monte Alto (BA) e Central (MG)**. Rio de Janeiro, 1993. 87p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
4. BRANNEY, M.J. & KOKELAAR, P. Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites. *Geological Society (Memoir 27)*. London: The Geological Society, 143p. 2002.
5. BRITO-NEVES, B.B.; KAWASHITA, K.; CORDANI, U.G.; DELHAL, J. A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 9, n.1, p.71-85, 1979.
6. BRITO NEVES, B. B.; SÁ, J. M.; NISON, A. A. & BOTELHO, N.F. A Tafrogênese estereotípica nos blocos paleoproterozóicos da América do Sul e processos subsequentes. **Geonomos**, v. 3, n.2, p. 1-21, 1995.
7. CHEMALE JR., F.; DUSSIN, I. A.; ALKMIM, F. F.; MARTINS, M.S.; QUEIROGA, G.; ARMSTRONG R.; SANTOS, M. N. Unravelling a Proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: The case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. **Gondwana Research**, v. 22, p.200-206, 2012.
8. COSTA, A.F.O. **Estratigrafia e tectônica da borda oeste do Espinhaço Central no extremo norte da faixa Araçuaí**. Ouro Preto, 2013. 170p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geologia/Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.
9. DANDERFER, A. & DARDENNE, M.A. Tectonoestratigrafia da bacia Espinhaço na porção centro-norte do cráton do São Francisco: registro de uma evolução polihistórica descontínua. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 4, p. 449-460, 2002.
10. DANDERFER, A.; WAELE, B. D.; PEDREIRA, A. J.; NALINI, H. A. New geochronological constraints on the geological evolution of Espinhaço basin within the São Francisco Craton – Brazil. **Precambrian Research**, v. 170, p.116-128, 2009.
11. DOSSIN, I.A.; DOSSIN, T.M.; CHARVET, J.; COCHERIE, A.; ROSSI, P. Single-zircon dating by stepwise Pb evaporation of Middle Proterozoic magmatism in the Espinhaço Range, Southeastern São Francisco Craton (Minas Gerais, Brazil). In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2, 1993, Salvador, **Anais...** Sociedade Brasileira de Geologia, 1993, p.39-42.
12. DRUMOND, J. B.V.; VON SPERLING, E.; RAPOSO, F.O. **Projeto Porteira-Monte Azul**. Belo Horizonte, DNPM-CPRM, 559p., 1980.
13. EGGER, V. A. **O Supergrupo do Espinhaço entre Serranópolis de Minas e Mato Verde (MG): Estratigrafia e implicações para o entendimento dos depósitos aluvionares de diamantes da região**. Belo Horizonte, 2006. 94p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
14. IRVINE, T. N. & BARAGAR, W.R.A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v.8, p.523-548, 1971.
15. JERRAM, D.A. & STOLLHOFEN, H. Lava-sediment interaction in desert settings: are all peperite-like textures the result of magma-water interaction? **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v.114, p.231-249, 2002.
16. KNAUER, L.G.; SILVA, L.L.; SOUZA, F.B.B.; SILVA, L.R.; CARMO, R.C. Folha Monte Azul - Programa Levantamentos Geológicos Básicos, folha SD.23-Z-D-II, escala 1:100.000. Belo Horizonte: Convênio Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 72p., 2007.
17. LE BAS, M.J.; LE MAITRE, R.W.; STRECKEISEN, A.; ZANNETTIN, B. A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram. **Journal of Petrology**, v.27, p.745-750, 1986.
18. LOWE, D. R. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 52, n. 1, p.279-297, 1982.
19. LUDWIG, K.R. Squid 1.02: a user manual. **Berkeley Geochronological Center Special Publication**, v. 12. 19p. 2001
20. MACHADO, N.; SCHRANK, A.; ABREU, F.R.; KNAUER, L.G.; ALMEIDA-ABREU, P.A. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1989, Belo Horizonte. **Anais...** p.171-174.
21. MCPHIE, J.; DOYLE, M.; ALLEN, R. **Volcanic Textures: A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks**. Tasmania: University of Tasmania, 197 p. 1993.
22. MENEZES-FILHO, N.R. Sequência vulcano/vulcanogênica da Serra do Riacho Seco (Monte Azul-MG) – Supergrupo Espinhaço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 4, 1980, Balneário de Camboriú, **Boletim de Resumos Expandidos**, Sociedade Brasileira de Geologia, 1980, p.2104-2118.

23. PIMENTEL, M. M.; MACHADO, N.; LOBATO, L.M. Geocronologia U-Pb de rochas graníticas e gnáissicas da região de Lagoa Real, Bahia, e implicações para a idade da mineralização de urânio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, **Boletim de Resumos Expandidos...** Sociedade Brasileira de Geologia, 1994, p. 389-390.
24. ROMANO, R.; LANA, C.; ALKMIM, F.F.; STEVENS, G.; ARMSTRONG, R. Stabilization of the southern portion of the Sao Francisco craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. **Precambrian Research**, v.224, p.143-159. 2013.
25. SCHOBENHAUS, C. **O Proterozóico Médio do Brasil com ênfase à região Centro-Leste: uma revisão.** Freiburg, 1993. 166p. Tese de Doutorado - Universidade de Freiburg.
26. SILVA, L.C.; ARMSTRONG, R.; NOCE, C.M.; CARNEIRO, M.A.; PIMENTEL, M.M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; LEITE, C.A.; VIEIRA, V.S.; SILVA, M.A.; PAES, V.J.C.; CARDOSO-FILHO, J.M. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. **Revista Brasileira de Geociências**, v.32, p.513-528, 2002.
27. SMALE, D. Silcretes and associated silica diagenesis in Southern Africa and Australia. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 43, p.1077-1089, 1973.
28. SMITH, J. V. 1996. Ductile-brittle transition structures in the basal shear zone of a rhyolite lava flow, eastern Australia. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v.72, p.217-223.
29. SUMMERFIELD, M. A. Petrography and diagenesis of silcrete from the Kalahari Basin and Cape Coastal Zone, Southern Africa. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 53, p. 895-905, 1983.
30. TURPIN, L.; MARUËJOL, P.; CUNEY, M. U-Pb, Rb-Sr and Sm-Nd chronology of granitic basement, hydrothermal albitites and uranium mineralization, Lagoa Real, South Bahia, Brazil. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 38, p.139-147. 1988.
31. UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.; EGYDIO-SILVA, M. Rifteamentos superpostos e tectônica de inversão na borda sudeste do Cráton do São Francisco. **Geonomos**, v.3, p.99-107, 1995.
32. WHITE, J.D.L.; McPHIE, J. e SKILLING, I.P. Peperite: a useful genetic term. **Bulletin of Volcanology**, v.62, p.65-66, 2000.

*Manuscrito recebido em: 10 de junho de 2013
Revisado e Aceito em: 12 de fevereiro de 2014*