

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**“TONALITOS GALILÉIA E SÃO VÍTOR:
UMA ABORDAGEM PREDOMINANTEMENTE
ESTRUTURAL ATRAVÉS DA ANISOTROPIA DE
SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA (ASM)”**

Alexandra Fernandes Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Marcos Egydio da Silva

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF/08/02)**

SÃO PAULO
2008

TF
O48
AE.t

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

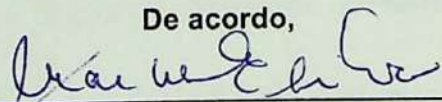
**"TONALITOS GALILÉIA E SÃO VÍTOR: UMA ABORDAGEM
PREDOMINANTEMENTE ESTRUTURAL ATRAVÉS DA ANISOTROPIA DE
SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA (ASM)"**

(TF- 08/02)



Monografia de Trabalho de Formatura


Alexandra Fernandes Oliveira

De acordo,

Prof. Dr. Marcos Egydio da Silva

SÃO PAULO

2008

DEDALUS - Acervo - IGC



30900025644

TF
048
Af. X

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

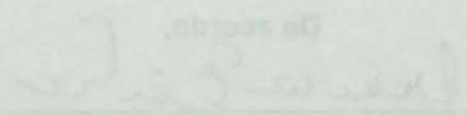
"TONALITOS GALLIÃO E SÃO VITOR: UMA ABORDAGEM
PREDOMINANTEMENTE ESTRUTURAL ATRAVÉS DA ANISOTROPIA DE
SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA (ASM)"



(17-06-02)

Monografia de Trabalho de Conclusão

Alexandre Fernando Oliveira

De acordo,

Prof. Dr. Marcos Espinoza Silva

SÃO PAULO

2004

Agradecimentos

A Fapesp pela bolsa de iniciação científica concedida (processo número 06/53610-7).

Ao professor Marcos Egydio da Silva pela oportunidade de realizar o trabalho de formatura sob sua orientação e pela confiança em mim depositada.

Aos técnicos Reynaldo Pena Castellon (Kuka) e José Roberto Barbosa pela ajuda nas atividades de campo realizadas.

A toda equipe do CPGeo, em especial ao Vasco por seu acompanhamento durante a etapa de preparação de amostras para geocronologia, a Helen, Solange e Fernanda, pelos ensinamentos e pela simpatia com que fui recebida durante as etapas de ataque químico, e a Ivone por seu auxílio no tratamento dos dados geocronológicos.

A professora Dra. Maria Irene Bartolomeu Raposo por ter disponibilizado o Laboratório de Anisotropias Magnéticas do IGc-USP para realização de medidas, e seu auxílio na aquisição de curvas de histerese e curvas termomagnéticas.

Ao Laboratório de Paleomagnetismo do IAG-USP, em especial ao professor Dr. Ricardo Trindade por permitir a realização de medidas de ASM e de curvas termomagnéticas, a técnica Daniele pela aquisição das curvas termomagnéticas, e a técnica Cacilda por sua colaboração e simpatia durante a etapa de preparação de amostras.

Ao Alejandro pela oportunidade de discutir os meus dados de ASM durante a apresentação de meu trabalho no 44º Congresso Brasileiro de Geociências.

As minhas amigas Marcela, Thaís e Clarissa, pela grande amizade construída nos últimos anos e pelo apoio nas horas difíceis.

A família de meu namorado, Zânia, Florisvaldo, Joseane e Lyvan, por suas orações e seu carinho.

Ao meu namorado Franklin pelas críticas e sugestões que trouxeram uma valiosa contribuição para este trabalho. Agradeço por seu apoio, seu carinho, sua compreensão e principalmente pela sua paciência. Você ocupa um lugar muito especial na minha vida e no meu coração!

A minha família, em especial aos meus pais Regina e Paulo e avós Odette, Francisco e Paulo (*in memoriam*), por estarem presentes em todos os momentos da minha vida. O apoio, o incentivo e o carinho de vocês são fundamentais para que eu alcance meus objetivos e realize os meus sonhos.

Resumo

A Faixa Ribeira/Araçuaí, situada a leste do Cráton São Francisco, apresentou uma significativa fase de granitização durante o Neoproterozóico. A esse evento está relacionada à intrusão da Suíte Galiléia, constituída pelos tonalitos Galiléia e São Vítor, nas rochas pertencentes ao Grupo Rio Doce.

A área de estudo deste projeto de formatura localiza-se no domínio ocidental da faixa Ribeira/Araçuaí, nos arredores dos municípios de São Félix de Minas, Mendes Pimentel, São Sebastião, Central de Minas e Divino das Laranjeiras, no estado de Minas Gerais.

A composição da Suíte Galiléia apresenta variações locais de granítica, tonalítica, granodiorítica a quartzo diorítica. Nesta suíte predominam termos de baixa a média magnitude de deformação. Contudo, há porções milonitizadas/gnaissificadas nas proximidades dos contatos e zonas de falhas.

Com a finalidade de identificar a deformação registrada pelos tonalitos Galiléia e São Vítor no decorrer da evolução da faixa, foi proposta uma investigação com ênfase em estrutural, tendo como principal ferramenta a anisotropia de suscetibilidade magnética (ASM).

As demais metodologias empregadas foram a caracterização petrográfica, - a partir da descrição de lâminas delgadas, o estudo das propriedades magnéticas dos minerais presentes nas rochas, realizado através da aquisição de curvas termomagnéticas e curvas de histerese, e a geocronologia, com a aplicação dos métodos K/Ar, Rb/Sr e Sm/Nd.

Tendo como base os resultados obtidos no desenvolvimento do projeto constata-se: i) os tonalitos Galiléia e São Vítor apresentam registros deformacionais distintos em função da sua localização geográfica; ii) as duas unidades apresentam mineralogia e textura muito semelhantes; iii) a mineralogia magnética presente nos dois tonalitos é predominantemente paramagnética; iv) existe uma importante contribuição crustal para origem do Tonalito São Vítor.

Abstract

The Ribeira/Araçuaí Belt, which extends over more than 1000 km in length and 500 km in width, is situated in the east of São Francisco Craton. This belt results from the convergence between the São Francisco and Congo cratons. The collision yielded a significant granulitization during the Neoproterozoic. The Galileia Suite intrusion, formed by Galileia and São Vitor tonalites, cuts the metasedimentary sequence of Rio Doce Group.

The study area is located in western domain of the Ribeira/Araçuaí Belt, in surroundings of São Felix de Minas, Mendes Pimentel, São Sebastião, Central de Minas and Divino das Laranjeiras cities, in Minas Gerais State.

The Galileia Suite has a granitic, tonalitic, granodioritic and quartz dioritic composition, with local variations. These rocks exhibit a low solid state deformation but a high magmatic foliation. This fabric is locally parallel to solid-state, mylonitic fabric observed in the country rocks.

We have investigated the magmatic fabric which was registered by Galileia and São Vitor tonalites during the belt evolution, using the anisotropy of magnetic susceptibility (AMS).

The petrographic characterization - from thin section description and hysteresis and thermomagnetic curves acquisition allowed to identify the principal minerals in these rocks. New geochronology data were obtained by K/Ar, Rb/Sr and Sm/Nd methods.

Conclusions from the structural and petrographic studies are compatible with: i) Galileia and São Vitor tonalites show distinct deformation in function of its geographical location; ii) both units show very similar mineralogy and texture; iii) both tonalites have a predominantly paramagnetic mineralogy and iv) the Sm/Nd data show that the São Vitor tonalite has an important crustal contribution.

Sumário

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Capítulo 1: Introdução	1
Capítulo 2: Objetivos	2
Capítulo 3: Contexto Geológico	3
3.1. Geologia Regional	3
3.1.1. Suíte Galiléia	4
3.1.2. Tonalito Galiléia	5
3.1.3. Tonalito São Vitor	7
3.2. Geologia local	7
3.2.1. Tonalito Galiléia	7
3.2.2. Tonalito São Vitor	11
Capítulo 4: Materiais e Métodos	12
4.1. Coleta e preparação de amostras para ASM	12
4.2. Anisotropia de Suscetibilidade Magnética (ASM)	14
4.3. Curvas Termomagnéticas	15
4.4. Curvas de Histerese	16
4.5. Petrografia	16
4.6. Geocronologia	17
4.6.1. Método K/Ar	17
4.6.2. Método Rb/Sr	17
4.6.3. Método Sm/Nd	18
Capítulo 5: Desenvolvimento do Trabalho	20
Capítulo 6: Resultados e Discussões	22
6.1. Anisotropia de Suscetibilidade Magnética (ASM)	22
6.2. Curvas Termomagnéticas	30
6.3. Curvas de Histerese	33
6.4. Petrografia	36
6.5. Geocronologia	38
Capítulo 7: Conclusões	39
Referências Bibliográficas	41
Anexo	

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A Suíte Galiléia é um corpo granítico alongado na direção NNW-SSE, que ocorre a leste de Governador Valadares no estado de Minas Gerais, é composta pelos tonalitos Galiléia e São Vitor que afloram, na região estudada, sobre mais de 250 km de comprimento e 50 km de largura. As idades U-Pb obtidas nesta suíte estão entre 595 Ma (Tonalito Galiléia) e 576 ± 4 Ma (Tonalito São Vitor) (Noce *et al.* 2000, 2004; Pedrosa-Soares *et al.* 2001) e correspondem, portanto, ao período inicial da orogênese.

Os tonalitos Galiléia e São Vitor apresentam registros deformacionais precoces na evolução da faixa Ribeira/Araçuaí, possuem fortes estruturas internas, evidenciadas por foliações adquiridas em estado magmático e subordinadamente em estado sólido.

Desta forma, a finalidade deste trabalho é identificar a deformação registrada pelos tonalitos Galiléia e São Vitor. Para isso, propõe-se uma investigação com ênfase em estrutural, tendo como ferramenta principal a anisotropia de suscetibilidade magnética (ASM). As medidas de ASM permitem determinar os eixos principais do tensor de suscetibilidade magnética, os quais são aproximadamente paralelos aos eixos principais do elipsóide de deformação.

O projeto visa contribuir para o conhecimento da evolução tectônica de um domínio da faixa Ribeira/Araçuaí, elaborando um estudo estrutural, petrográfico e geocronológico dos tonalitos Galiléia e São Vitor. Esses dados trarão relevantes informações sobre estes dois corpos ígneos, permitindo um avanço no conhecimento geológico na região considerada.

Capítulo 2

OBJETIVOS

O programa de pesquisa deste trabalho é de caráter multidisciplinar, possui quatro objetivos principais e complementares que visam a melhor compreensão do comportamento do conjunto de uma crosta intrudida por plutons de grande porte.

O primeiro objetivo é estrutural, inicialmente pretende-se estudar a deformação registrada pelos tonalitos Galiléia e São Vítor, tendo como ferramenta principal a anisotropia de suscetibilidade magnética (ASM).

O trabalho será conduzido no sentido de avançar no estudo estrutural detalhado deste conjunto, estabelecendo uma cartografia das foliações e lineações magnéticas presentes nestes dois corpos magmáticos.

O segundo objetivo é petrográfico, pretende-se realizar um estudo comparativo entre as duas unidades, no tocante aos seus aspectos texturais e mineralógico.

Um terceiro objetivo consiste na investigação das propriedades magnéticas dos minerais presentes nas rochas, a partir da aquisição de Curvas de Histerese e Curvas Termomagnéticas.

O quarto objetivo visa à datação geocronológica de algumas amostras, de modo a complementar as já existentes para a região.

Capítulo 3

CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1. Geologia regional

A Faixa Ribeira/Araçuaí corresponde à porção norte da Faixa Ribeira, esta definida inicialmente por Almeida *et al.* (1973) e que abrange os estados do Espírito Santo, nordeste de Minas Gerais e norte do estado do Rio de Janeiro. A Faixa Araçuaí situa-se no setor setentrional da Província Mantiqueira (Almeida & Hasui, 1984), entre a Província São Francisco e o Cinturão Atlântico, incluindo a faixa de dobramentos e empurrões da serra do Espinhaço. A Faixa Ribeira, segundo Almeida *et al.* (1973), ocorre desde o sul da Bahia até o Paraná, em uma extensão aproximada de 1.500 km, constituindo-se na principal unidade da Província Mantiqueira.

O limite entre as faixas Ribeira e Araçuaí é assunto controverso e motivo de grandes discussões na comunidade geológica nacional.

De acordo com Pedrosa-Soares *et al.* (1994) a Faixa Araçuaí pode ser dividida em três domínios tectônicos. O Domínio Ocidental apresenta uma estruturação de dobras e empurrões (*fold and thrust belt*), com vergência para o Cráton do São Francisco, envolvendo um embasamento de idade arqueana/paleoproterozóica, o Supergrupo Espinhaço (Paleo-Mesoproterozóico) e o Grupo Macaúbas (Neoproterozóico), com metamorfismo entre as fácies xisto verde e anfibolito.

O Domínio Oriental é constituído por ortognaisses do embasamento da região de Guanhanes, gnaisses kinzigíticos e quartzitos do Complexo Jequitinhonha, além de diversos corpos de granitóides neoproterozóicos. O Complexo Jequitinhonha deve representar um possível equivalente estratigráfico, mais metamórfico, do Grupo Macaúbas (Siga Jr., 1986). Este domínio caracteriza-se pelo intenso magmatismo granítico-tonalítico, intrusivo em uma crosta parcialmente fundida.

O Domínio Setentrional é marcado predominantemente por transcorrências e apresenta-se em Minas Gerais apenas no extremo nordeste do estado (Pedrosa-Soares *et al.*, 1992; Mascarenhas *et al.*, 1979).

Brueckner *et al.* (2000) denominam de Faixa Araçuaí as rochas que se encontram no limite leste do Cráton do São Francisco e possuem como característica principal um metamorfismo nas fácies xisto-verde a anfibolito e, consideram como Cinturão Ribeira a parte oriental, caracterizada por rochas predominantemente da fácies granulito. O limite

entre as duas faixas dar-se-ia através da descontinuidade de Abre Campo, realçada por anomalias magnéticas e gravimétricas (Haralyi & Hasui 1982, Fischer *et al.* 1998).

Féboli (2000) devido às controvérsias existentes com relação à denominação e delimitação dos cinturões móveis e em relação às faixas Araçuaí e Ribeira, opta por uma divisão em dois domínios tectônicos genéricos: i) Domínio Cratônico Brasileiro (Núcleo Antigo Retrabalhado de Ganhães) e ii) Faixa Móvel (Araçuaí), com um subdomínio ocidental e outro oriental. Os limites entre esses subdomínios dar-se-iam por zona de cisalhamento, com movimento de massa do litoral para o interior, no sentido do Cráton São Francisco.

O Núcleo Antigo de Ganhães está representado por gnaisses/TTG com rochas máficas e ultramáficas associadas (Complexo Basal), seqüências vulcano-sedimentares (Grupo Ganhães) e granitóides alcalinos (Suíte Intrusiva Borrachudos: Granito Açucena) e em áreas restritas há ocorrência de eclogitos (Féboli, 2000).

No Domínio Ocidental da Faixa Araçuaí verifica-se a presença de xistos e gnaisses peraluminosos em parte migmatizados, quartzito, rocha calciossilicática e mármore (grupos correlatos - Rio Doce e Macaúbas). Registra-se também a presença de gnaisses metaluminosos tipo TTG, com intercalações tectônicas de metassedimentos e anfibolitos e ocorrências restritas de enderbito (Complexo Mantiqueira, similar ao Complexo Basal). Neste domínio há também a ocorrência de granitos metaluminosos, em parte contaminados pelos metassedimentos encaixantes (Suíte Intrusiva Galiléia) (Féboli, 2000).

Ainda segundo Féboli (2000), o Domínio Oriental da Faixa Araçuaí é constituído, por sua vez, de gnaisses kinzigíticos da fácies anfibolito alto a granulito, quartzito e rocha calciossilicática (Complexo Gnáissico-Kinzigítico) e uma grande variedade de rochas granitóides e anatexitos intrusivos nos gnaisses tonalíticos e enderbitos.

O magmatismo granitóide brasileiro da região do vale do Rio Doce foi dividido por Pedrosa-Soares *et al.* (1999) em suítes (G1 a G5). As suítes G1 e G2 correspondem aos granitos sintectônicos ou pré- a sincolisionais, a G3, aos tardi-tectônicos ou pós-colisionais, a G4, aos tardi a pós-tectônicos e a G5, aos pós-tectônicos ou relacionados ao colapso final do orógeno.

3.1.1. Suíte Galiléia

Durante o Neoproterozóico verifica-se ao longo da Faixa Ribeira/Araçuaí, a leste do Cráton São Francisco, uma intensa granitização, resultando na formação de granitos pré-, sin- e tarditectônicos e, em menor quantidade, pós-tectônicos. No Domínio Ocidental desta faixa móvel, esse evento está relacionado com a intrusão da Suíte Galiléia, constituída pelos tonalitos Galiléia e São Vítor, nas formações São Tomé e Tumiritinga (Grupo Rio Doce).

Segundo Silva *et al.* (1987) o Tonalito Galiléia, é sin- a tarditectônico em relação ao Ciclo Brasileiro (600-650 Ma) e teria se originado a partir da anatexia das rochas pertencentes ao Complexo Pocrane e parte do Complexo Juiz de Fora. Os mesmos autores

associam o Tonalito São Vítor ao Complexo Paraíba do Sul, sugerindo que parte dos anatexitos que compõe esse complexo tenha sido formada no Ciclo Brasileiro, tratando-se de um retrabalhamento de material crustal mais antigo.

Os primeiros mapeamentos geológicos na região denominaram de Tonalito Galiléia o batólito que ocorre nas proximidades desta cidade, tendo sido o Tonalito São Vítor mapeado como sendo parte integrante do Tonalito Galiléia (Barbosa *et al.*, 1964 *apud* Schobbenhaus *et al.*, 1984).

Féboli (2000) propõe que as rochas do Tonalito São Vítor são idênticas as do Galiléia, diferenciando-se apenas pelo fato do Tonalito São Vítor apresentar abundantes xenólitos de xistos e gnaisses aluminosos da Formação Tumiritinga, enquanto o Tonalito Galiléia possui numerosos autólitos máficos.

Nalini Jr (1997) propõe um modelo de colisão continental sem subducção para a Suíte Galiléia. Pedrosa-Soares *et al.* (2001), por sua vez, interpretaram esta suíte como sendo a raiz de um arco magmático neoproterozóico.

Segundo Nalini Jr *et al.* (2005) a Suíte Galiléia apresenta uma foliação no estado sólido predominante e uma foliação magmática subordinada. Essas foliações possuem orientação dominante NW e mergulhos médios a elevados (entre 50° e 80°) para NE ou SW. Ainda segundo autores, nos arredores de Independência (porção central da suíte) observam-se mergulhos suaves (entre 10° e 30°) que variam de N a NE.

3.1.2. Tonalito Galiléia

Na região estudada o batólito Galiléia é caracterizado, morfologicamente, por morros que se destacam na topografia que por vezes são do tipo “pão-de-açúcar”, e morros rebaixados na forma de meia-laranja. Segundo Tuller (2000) a morfologia está relacionada com a composição da rocha.

De uma maneira geral esta unidade possui tonalidade cinza, granulação média a grossa e textura hipidiomórfica. Sua composição apresenta variações locais de granítica, tonalítica, granodiorítica a quartzo diorítica. A mineralogia é composta por quartzo, plagioclásio, hornblenda, microclina, ortoclásio, biotita, titanita, granada, epidoto/clinozoisita, mica branca, clorita, allanita, opacos/hidróxido de ferro, apatita, carbonato e zircão (Oliveira, 2000).

De acordo com Oliveira (2000) o Tonalito Galiléia é uma unidade metaluminosa a localmente peraluminosa, devido a contaminação por metassedimentos do Grupo Rio Doce, correspondendo a um magmatismo do tipo I.

As rochas desta unidade revelam-se desde isotrópicas a intensamente cisalhadas, localmente adquirindo textura milonítica e aspecto gnáissico. Contudo, os termos de baixa/média magnitude de deformação predominam amplamente sobre os tipos

milonitizados/gnaissificados, que são restritos as proximidades dos contatos e zonas de falhas (Oliveira, 2000).

De acordo com Vieira (2000) a foliação a leste e noroeste da localidade de São Sebastião, possui baixo ângulo com atitudes de N30W/25NE e N35E/25SE, respectivamente. Esta unidade encontra-se afetada por duas zonas de cisalhamento transcorrente contracional dextral, uma situada a sudoeste e outra a nordeste de São Félix de Minas, na primeira há o desenvolvimento de foliações miloníticas com direções N40W/40SW, e lineações minerais (biotita) Lx=200/30 (Az), na última a unidade apresenta foliações de N30W/85NE.

As rochas desta unidade que foram afetadas pelas zonas de cisalhamento exibem textura protomilonítica, apresentando ribbons de quartzo com extinção ondulante, sendo que alguns cristais de quartzo sofreram recristalização dinâmica com formação de bandas de deformação (Vieira, 2000).

Uma importante característica deste tonalito é a ocorrência de porções máficas de dimensões centimétricas, de cor cinza-escuro, granulação fina a média, de composição diorítica. Essas porções se apresentam geralmente sob forma elíptica a estirada, freqüentemente alinhadas de acordo com a foliação da rocha. Essas porções máficas são encontradas principalmente nas bordas dos corpos (Tuller, 2000).

Nalini Jr *et al.* (1998) denominaram essas mesmas porções de enclaves, e apresentam duas hipóteses para sua gênese. A primeira é uma homogeneização isotópica entre rochas mantélicas máficas (enclaves) e a rocha hospedeira (granitóide), a segunda é fonte crustal (crosta inferior) para os enclaves máficos.

Segundo Oliveira (2000) as porções máficas foram denominadas como "autólitos" por Barbosa *et al.* (1964) que as interpretam como "massas de rocha magmática cristalizadas precocemente do mesmo magma que deu origem à rocha envolvente".

De acordo com Vieira (2000) bordas de reação com enriquecimento em máficos, que podem ser observadas nesses enclaves, possuem porfiroblastos de feldspato de mesma composição da rocha encaixante, sugerindo mistura mecânica processada na câmara magmática entre o magma de composição diorítica e tonalítica (granodiorítica).

Nas proximidades do contato com o Tonalito São Vítor foi observada, segundo Oliveira (2000), uma rocha granítica de granulação esbranquiçada com cristais de feldspato de até 5 cm de comprimento. O contato com o Tonalito São Vítor é transicional, de difícil visualização, enquanto o contato com as formações São Tomé e Tumiritinga é brusco.

Esta unidade foi datada por Nalini Jr (1997) em 594 ± 6 Ma (U/Pb em zircão). Idades Sm/Nd concentram-se entre 2300 e 1800 Ma, e sugerem a importância da crosta transamazônica na gênese desta suíte.

3.1.3. Tonalito São Vitor

O Tonalito São Vitor apresenta morfologia rebaixada, possui localmente morros elevados, estes às vezes chegando a formas do tipo "pão-de-açúcar".

Esta unidade possui cor cinza-clara, granulação fina a grossa, foliação incipiente a marcante. Localmente porções porfíricas apresentam megacristais de feldspato que chegam a atingir até três centímetros de comprimento (Tuller, 2000). Apresenta composição tonalítica a granodiorítica e caracteriza-se pela presença de feldspato e quartzo orientados, associados à hornblenda e biotita, que conferem uma foliação à rocha.

Observam-se segundo Féboli (2000) abundantes xenólitos de xistos e gnaisses da Formação Tumiritinga, os mesmos ocorrem em faixas onduladas e de contatos nítidos a difusos, freqüentemente acompanhados/envolvidos por veios pegmatóides.

Os contatos com as outras unidades encontram-se sempre mascarados por grande quantidade de veios pegmatóides, entretanto verifica-se que é transicional com o Tonalito Galiléia e brusco com os xistos da Formação Tumiritinga, do Grupo Rio Doce (Féboli, 2000).

3.2. Geologia local

A região objeto de estudo deste projeto esta compreendida, aproximadamente, entre os paralelos 19° 00' e 18° 30' de latitude sul e, 41° 45' e 41° 15' de longitude oeste (Figura 1).

A atividade de campo foi realizada entre os dias 11 e 17 de fevereiro de 2008, nos arredores dos municípios de Divino das Laranjeiras, Central de Minas, São Sebastião, Mendes Pimentel e São Félix de Minas (MG). Em anexo é apresentada uma tabela contendo as informações sobre os sítios amostrados.

3.2.1. Tonalito Galiléia

Na região em estudo, o Tonalito Galiléia geralmente apresenta morfologia de morros do tipo "Pão-de-açúcar" que se destacam na topografia (Figura 2).

Trata-se de uma rocha fanerítica com granulação média (1-5 mm) a grossa (>5 mm), inequigranular e hipidiomórfica. A mineralogia principal é constituída por plagioclásio, quartzo, biotita e anfibólio. A ocorrência de feldspato potássico nessa unidade varia, em geral, de 0 a 10%. O mineral granada é freqüentemente observado nesta unidade, contudo em quantidade variável em cada sítio.

Em alguns sítios pode ser observada uma forte foliação, evidenciada pelo alinhamento dos minerais máficos. O índice de cor (IC) varia de 10 a 30%.



Figura 2: Morfologia do Tonalito Galiléia na região de Divino das Laranjeiras (MG).

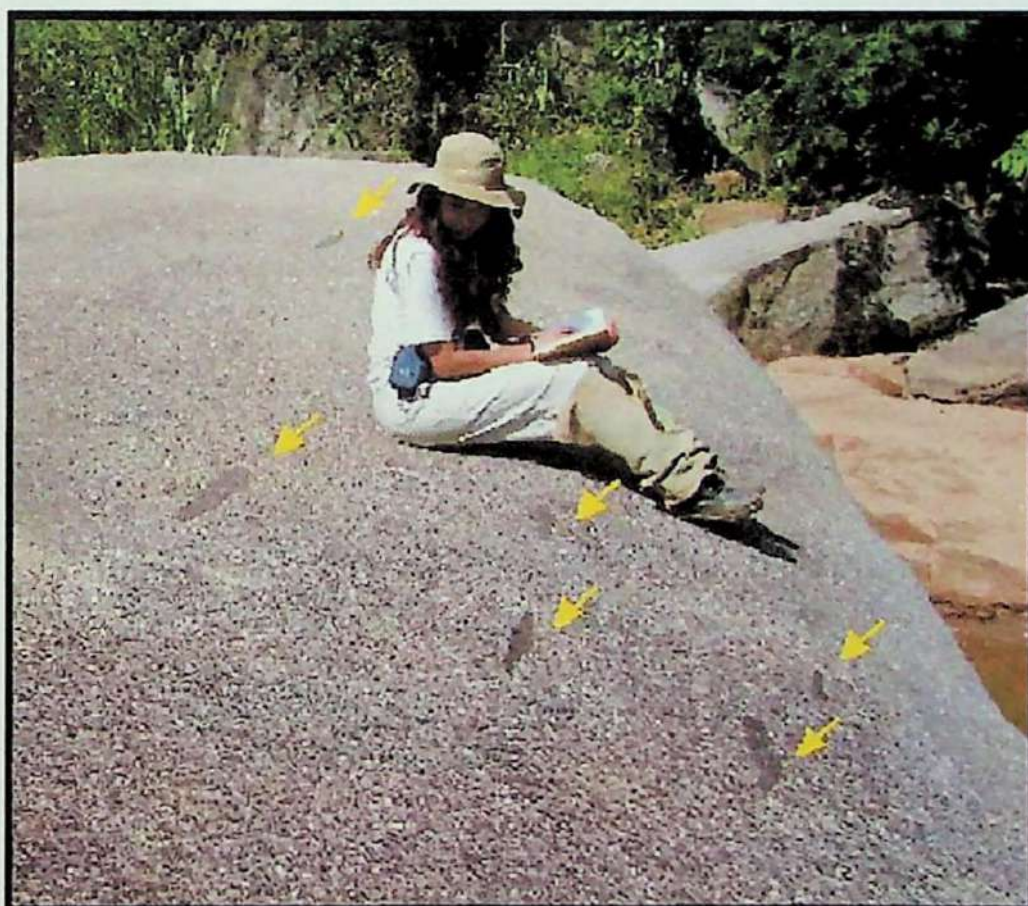


Figura 3: Enclaves microgranulares máficos orientados de acordo com a foliação da rocha (sítio AR-994).

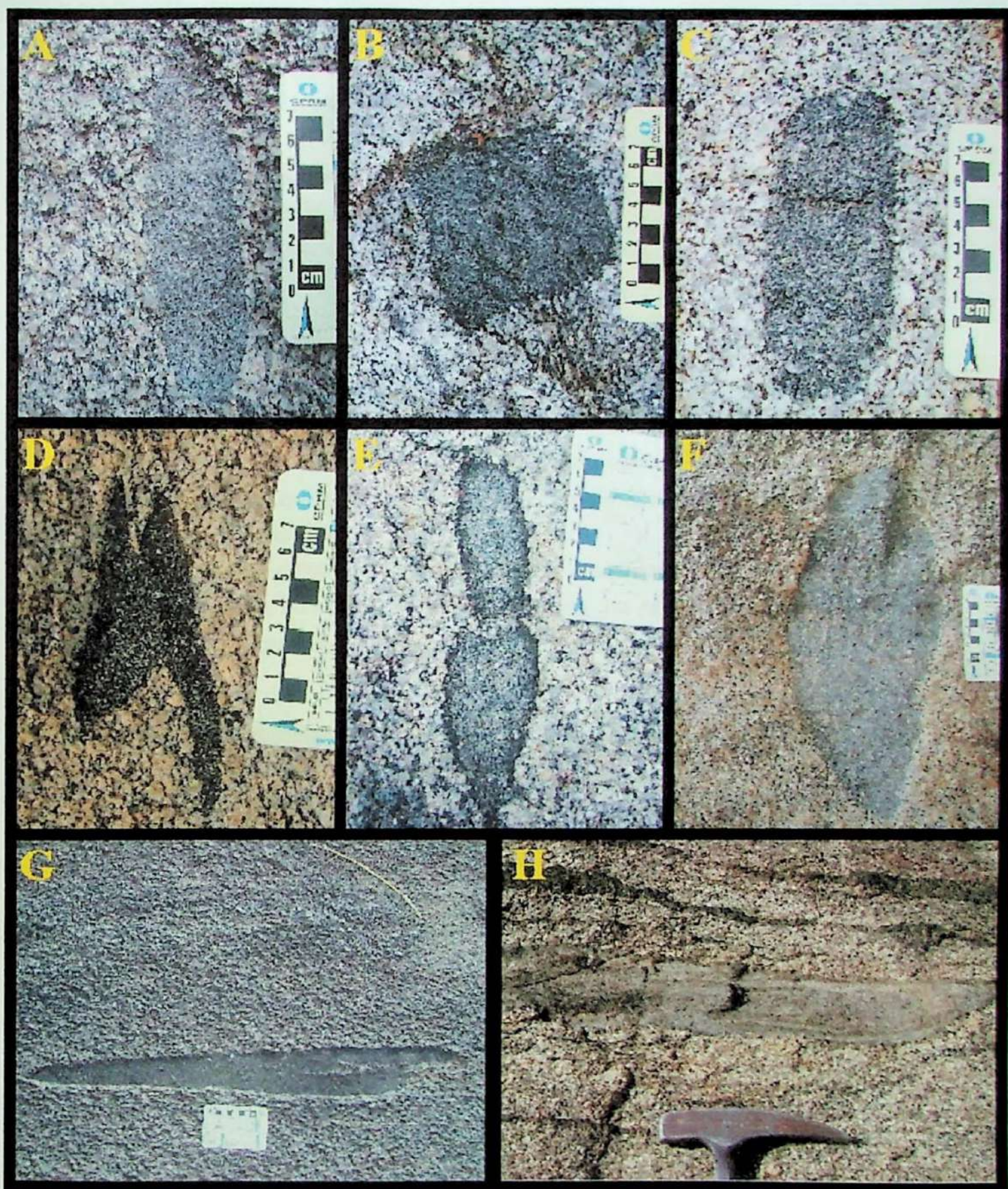


Figura 4: Enclaves microgranulares máficos encontrados no Tonalito Galiléia. Sítios: A) AR-994; B) AR-1003; C) AR-1003; D) AR-988; E) AR-790; F) AR-997; G) AR-994 e H) AR-1004.

3.2.2. Tonalito São Vitor

O tonalito São Vitor apresenta, em geral, morfologia rebaixada na forma de meia laranja, possuindo localmente morros elevados.

Rocha fanerítica com granulação média a grossa, inequigranular e hipidiomórfica. A mineralogia é essencialmente composta por plagioclásio, quartzo, biotita e anfibólio. A granada é presença muito comum neste tonalito e pode ser encontrada tanto na rocha, como nos enclaves. A ocorrência de feldspato potássico nessa litologia varia, em geral, de 0 a 10%.

A rocha encontra-se freqüentemente foliada. O índice de cor (IC) varia de 10 a 35%. Esta unidade é freqüentemente cortada por veios pegmatóides.

Verifica-se a ocorrência de enclaves microgranulares máficos (Figura 5) com contatos abruptos com a rocha encaixante, possuem textura fina e formas arredondadas a ovóides, prevalecendo a última. Os enclaves ovóides freqüentemente apresentam seu eixo maior orientado de acordo com a foliação da rocha. Os tamanhos dos enclaves são variáveis, podendo chegar a dimensões métricas.

Segundo Féboli (2000), no Tonalito São Vitor observam-se abundantes xenólitos de xistos e gnaisses da Formação Tumiritinga, contudo, na região compreendida por este estudo, essa ocorrência é de caráter pontual e restrita.



Figura 5: Enclaves microgranulares máficos observados no Tonalito São Vitor (Sítio AR-1000).

Capítulo 4

MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Coleta e preparação de amostras para ASM

A coleta dos cilindros é feita com o uso de uma perfuratriz portátil de motor dois tempos movida à gasolina, que possui uma broca diamantada em sua extremidade. Conectada a perfuratriz, há uma bomba contendo óleo solúvel que durante a perfuração da rocha bombeia este óleo para a broca. Este procedimento além de facilitar a coleta, lubrifica a broca, e impede que a rocha seja aquecida a temperaturas que possam comprometer seus minerais magnéticos (Figura 6A).

Após o furo, o testemunho cilíndrico ainda preso à rocha é orientado com um dispositivo composto pelas bússolas solar e magnética (Figura 6B), anota-se na caderneta de campo a direção e o mergulho do cilindro. Corrige-se de acordo com a declinação magnética local a medida do azimute magnético que neste caso é de -22° . Em condições favoráveis, faz-se também a leitura da direção com bússola solar e anota-se a hora em que a mesma foi feita.

Ainda com o dispositivo acoplado na rocha, risca-se o testemunho com um fio de cobre, de modo a fazer a marcação do norte da amostra. O cilindro é então retirado da rocha com uma pinça, e marcado com o auxílio do orientador. Essa marcação consiste em passar uma linha reta com caneta-piloto sobre o risco de cobre, tornando ainda mais nítida a indicação do norte da amostra. Neste momento é feita também a indicação de topo do testemunho através de setas, e a sua identificação (Figura 6C).

A preparação de testemunhos cilíndricos em laboratório, consiste na colocação do testemunho no porta-amostra, sendo este manualmente deslizado em direção a uma serra elétrica composta por dois discos diamantados. O cilindro é cortado a partir do topo em direção a base. Os discos diamantados encontram-se espaçados em 2.2cm, resultando em espécimes cilíndricos com 2.5cm de diâmetro e 2.2cm de altura.

Durante o corte, a posição do espécime em relação ao topo e a base do cilindro, é respeitada, sendo atribuído um número em ordem crescente do topo para a base no código de identificação da amostra.



Figura 6: Coleta e orientação dos cilindros para ASM. A) Perfuratriz portátil dotada de broca diamantada conectada a uma bomba contendo óleo solúvel. B) Dispositivo composto pelas bússolas magnética e solar, o mesmo permite a coleta de testemunhos cilíndricos orientados. C) Orientação e identificação do cilindro amostrado.

O espécime cilíndrico após obter sua nova identificação, recebe também uma nova orientação que consiste em um risco feito com caneta-piloto a cada 90° (a partir do norte da amostra) em sua porção plana superior, sendo estes rebatidos para as laterais do espécime, e no desenho de uma seta cujo sentido aponta para o norte da amostra. Essa nova orientação permite a manipulação do espécime nas diferentes posições de medida a que este é submetido no equipamento Kappabridge.

Por fim, os espécimes são embalados com filme plástico PVC, de modo a impedir que os mesmos soltem partículas durante sua medição que possam contaminar o equipamento.

Segundo Lowrie (1997) a coleção de amostras deve conter um número de amostras por sítio que seja suficiente para eliminar possíveis erros de amostragem e/ou experimentais. Após o corte, obtivemos em média 20 espécimes cilíndricos por sítio, número mais do que suficiente para eliminar estes eventuais erros.

Os cilindros foram cortados nos laboratórios de preparação de amostras do IGc-USP e do IAG-USP.

4.2. Anisotropia de Suscetibilidade Magnética (ASM)

O comportamento de uma rocha quando submetida à ação de um campo magnético uniforme externo H , é definido por parâmetros característicos de seus minerais constituintes, como por exemplo, a suscetibilidade k . Nesse caso, o momento magnético por unidade de volume induzido na rocha pelo campo H é dado pela equação:

$$J = k \cdot H$$

A suscetibilidade magnética, k , pode ser descrita em termos simples como uma medida da facilidade da aquisição da magnetização, J , quando um campo H é aplicado. A suscetibilidade depende das suscetibilidades dos minerais (ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos) presentes nas rochas, e é influenciada por fatores como a forma e a anisotropia magnetocristalina desses minerais, a porcentagem dos mesmos por unidade de volume e a interação magnética entre os mesmos (Valencio, 1980).

Para materiais isotrópicos k é uma constante, entretanto, para materiais anisotrópicos k varia com a direção. A anisotropia de suscetibilidade magnética (ASM) é comumente expressa por um elipsóide, cujos eixos K_1 , K_2 e K_3 correspondem, respectivamente, aos eixos de máxima, intermediária e mínima suscetibilidade.

A lineação magnética é atribuída ao eixo K_1 e o pólo da foliação magnética (plano K_1 - K_2) ao eixo K_3 . As magnitudes destas direções principais são usadas para calcular os seguintes parâmetros:

a suscetibilidade média,

$$Km = \frac{(K_1 + K_2 + K_3)}{3};$$

o grau de anisotropia magnética,

$$P' = \frac{K_1}{K_3};$$

a magnitude da lineação magnética,

$$L = \frac{K_1}{K_2};$$

a magnitude de foliação magnética,

$$F = \frac{K_2}{K_3};$$

e o parâmetro de forma,

$$T = \left[\frac{2 \ln \left(\frac{K_2}{K_3} \right)}{\ln \left(\frac{K_1}{K_3} \right)} \right] - 1$$

que descreve a forma oblata/prolata do elipsóide de suscetibilidade magnética.

Os eixos principais de suscetibilidade são “equivalentes” aos eixos principais da deformação permitindo assim uma aplicação da ASM no estudo da Geologia Estrutural (Egydio-Silva *et al.*, 2005).

Para a realização das medidas de ASM, um arquivo com extensão *GED* foi criado para cada sítio, de modo a fornecer ao programa *SUFAR* a direção e o mergulho de cada testemunho cilíndrico amostrado.

Cada espécime foi introduzido no equipamento segundo as orientações especificadas no manual do fabricante, as medidas foram efetuadas em três posições, sendo na última, medida também a suscetibilidade magnética volumétrica.

Foram executadas medidas de ASM sob campo constante de 300 mA em 21 sítios, totalizando 416 espécimes cilíndricos. O equipamento utilizado foi o Kappabridge (KLY-4, Agico-Republica Theca) pertencente ao Laboratório de Paleomagnetismo IAG-USP.

Os *softwares* utilizados na interpretação dos dados foram o *Aniso software* e o *Anisoft 4.2*.

4.3. Curvas Termomagnéticas

Com a aquisição das curvas termomagnéticas é possível identificar os minerais magnéticos presentes nas rochas através de suas temperaturas de Curie (T_c), estas são indicadas pelos pontos de inflexões nas curvas durante o aquecimento e resfriamento.

Se as curvas de aquecimento (geralmente representadas na cor vermelha) e de resfriamento (usualmente representadas na cor azul) apresentam a mesma trajetória, elas são consideradas reversíveis e indicam que o mineral magnético não sofreu nenhuma transformação durante o ciclo. Por outro lado, se estas apresentam trajetórias diferentes, são consideradas irreversíveis e sugerem que ocorreu uma transformação mineralógica durante o ciclo ou que existe uma combinação complexa de minerais ferromagnéticos, o que pode dificultar a interpretação.

A obtenção das curvas é feita medindo-se a suscetibilidade magnética em campo baixo em função da temperatura. Na curva de alta temperatura a amostra é aquecida progressivamente até 700°C sendo, logo em seguida, resfriada até a temperatura ambiente. Todas as medidas foram realizadas em atmosfera de argônio, que inibe processos de oxidação dos minerais presentes na rocha durante os procedimentos.

Foram realizadas medidas de curvas de alta temperatura em 27 amostras, 14 das quais adquiridas no aparato CS-3 acoplado ao instrumento KLY-3 (Kappabridge) pertencente ao Laboratório de Anisotropias Magnéticas do IGc-USP, e 13 adquiridas no aparato CS-3 acoplado ao equipamento KLY-4 (Kappabridge) do Laboratório de Paleomagnetismo do IAG-USP.

4.4. Curvas de Histerese

A resposta de uma amostra de rocha quando submetida à aplicação de campos magnéticos depende de fatores tais como, a mineralogia, o tamanho, a forma do grão, os domínios magnéticos e as interações das partículas (Tauxe *et al.*, 1996).

Curvas de histerese magnética de materiais geológicos freqüentemente diferem de exemplos típicos de comportamento de grãos monodomínio (SD), pseudo-monodomínio (PSD) e multidomínio (MD). Segundo Tauxe *et al.* (1996) as curvas podem ser distorcidas, dificultando ou até mesmo impossibilitando, interpretações físicas em termos de tamanho de grão ou de domínios magnéticos. Os dois tipos mais comuns de distorção são a *wasp-waisted* e a *potbelly*.

Segundo Tarling (1953) a coercividade e o momento de saturação dos minerais magnéticos dependem de sua composição, partindo dessa premissa e sabendo que a área limitada pela curva de histerese está diretamente relacionada com sua composição, pode-se inferir o mineral magnético presente.

Segundo Roberts *et al.* (1995) a curvatura da histerese pode refletir variações na distribuição de coercividades e conseqüentemente tamanhos de grãos na amostra.

O procedimento consiste em medir a magnetização induzida na amostra por um campo magnético variável de até 1000 mT, o mesmo é revertido de modo a produzir um ciclo de histerese completo. O efeito de histerese ocorre quando a mineralogia presente é ferromagnética, nesse caso a magnetização não caia a zero quando o campo magnético externo aplicado é retirado.

Nas 27 medidas de histerese realizadas o equipamento utilizado foi o Magnetômetro de Amostra Vibrante (VSM), fabricado pela Molspin, pertencente a Laboratório de Anisotropias Magnéticas IGc-USP.

4.5. Petrografia

A petrografia descreve as rochas sob o ponto de vista de sua composição mineralógica e química, dos minerais que a compõe, do arranjo entre seus minerais, tamanho e formas dos mesmos, relações de contato, eventuais inclusões, estado de alteração etc.

Para o estudo petrográfico foram selecionadas sete amostras correspondentes ao Tonalito Galiléia e seis amostras pertencentes ao Tonalito São Vítor. As lâminas foram confeccionadas na Seção de Laminação do IGc-USP e descritas na Sala de Microscopia do IGc.

4.6. Geocronologia

4.6.1. Método K/Ar

A idade isotópica obtida para uma rocha através do método K/Ar representa o tempo decorrido a partir do momento que o sistema estudado (rocha ou mineral) se tornou fechado para os isótopos considerados no processo de datação.

De acordo com Zimbres *et al.* (1990) dentre os inúmeros fatores que influenciam nesse fechamento, a temperatura seria o mais importante, sendo que cada mineral tem uma temperatura de bloqueio, também denominada temperatura crítica. Abaixo dessa temperatura, o sistema se fecha impedindo a perda de argônio radiogênico produzido através da desintegração do K_{40} . A temperatura de bloqueio da biotita é aproximadamente 310°C, enquanto que a da hornblenda é 535°C. Se o mineral após atingir esta temperatura for novamente aquecido a temperaturas mais altas, o retículo cristalino se abre, ocorrendo o escape ou eventualmente, a entrada de argônio por difusão. Deste modo, a idade isotópica obtida por esta metodologia para a biotita de uma rocha, indica a época em que este mineral esteve pela última vez à temperatura de 310°C.

O método K/Ar é constantemente empregado para determinar o tempo envolvido no resfriamento de corpos ígneos, ou o término de um evento metamórfico, entre outras aplicações. A presença de K em muitos minerais torna este método aplicável em grande número de rochas, além disso, seu tempo de meia-vida possibilita a datação de minerais desde muito jovens até muito antigos (Fairchild *et al.*, 2001).

4.6.2. Método Rb/Sr

A razão inicial ou R_i , ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) representa a relação entre as proporções de isótopos de massa 87 e 86 do Sr do magma no momento de sua geração, sendo obtida através do método Rb/Sr. Segundo Vlack & Cordani (1986) de uma maneira geral, a R_i reflete o grau de evolução dos isótopos de Sr dos materiais-fontes, tomando-se parâmetro indicativo de potenciais contribuições do manto ou crosta oceânica e de diversos segmentos da crosta continental na constituição de rochas granitóides.

A componente radiogênica do estrôncio pode ser caracterizada pela razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, sendo que em um sistema rochoso ou mineral, homogêneo e fechado durante o tempo t , a mesma depende do valor inicial efetivo ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)₀, quando $t = 0$ ($=R_i$), da razão Rb/Sr do sistema, e de t , podendo ser descrita pela equação:

$$\left(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}\right)_t = \left(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}\right)_0 + \left(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}\right)_t \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

Nas determinações geocronológicas, t é a variável de interesse e pode ser obtida, analisando-se amostras geoquimicamente diferenciadas, representativas e que sejam co-

genéticas no sentido de apresentar a mesma idade e a mesma R_i . Para as amostras que se adequem a tais condições, os diferentes pares $[(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_t, (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_t]$ obtidos analiticamente obedecem a equação acima e definem uma reta (isócrona) com coordenadas $[^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}, ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}]$, cujo coeficiente angular a , define a idade do conjunto de amostras segundo a relação $a = e^{\lambda t} - 1$.

A razão inicial do Sr é obtida diretamente por extrapolação gráfica da isócrona $(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_t = 0$, como decorrência natural do processo de cálculo das idades (Vlack & Cordani, 1986). As análises pelo método Rb/Sr são, geralmente, feitas em rocha total podendo também, serem feitas em minerais.

Para a aplicação do método medem-se os teores de Rb e/ou Sr e determina-se o tipo de análise que será feita em cada amostra. Amostras com teores de Rb e/ou Sr < 50ppm e > 650ppm serão analisadas pelo método de Diluição Isotópica (DI), enquanto que as amostras que apresentarem os teores > 50ppm e < 650ppm, serão analisadas pelo método Natural.

4.6.3. Método Sm/Nd

De acordo com Sato *et al.* (1995) no método Sm/Nd quando o sistema inicia-se em $t = 0$, todos os minerais da rocha tem a mesma razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e diferentes razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$, com o passar do tempo geológico, a medida que esta última razão decresce a primeira aumenta. A idade é calculada a partir da equação:

$$\left(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}\right)_{\text{tot}} = \left(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}\right)_0 + \left(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}\right)_{\text{tot}} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

Segundo Sato *et al.* (1995) a principal vantagem do método é que como esses elementos são praticamente imóveis em escala de rocha total, o sistema Sm/Nd dificilmente é perturbado por eventos geológicos superpostos.

Isócronas minerais geralmente são obtidas através de concentrados de granada, clinopiroxênio, anfibólio, plagioclásio e mica. A idade resultante deve ser interpretada como a época de cristalização da paragênese mineral datada, sendo que no caso de rochas ígneas, a idade será a da cristalização magmática.

De acordo com Sato *et al.* (1995) a razão Sm/Nd, na escala de rocha total, não varia significativamente durante processos crustais como fusão parcial, eventos metamórficos de qualquer natureza e alterações hidrotermais. De maneira que o principal evento que poderia modificar a razão Sm/Nd seria o processo de diferenciação manto-crosta. Esse fato permite datar a época em que o magma progenitor (protólito crustal) diferenciou-se do manto superior, independentemente dos processos geológicos que a rocha tenha sofrido.

O cálculo da idade modelo é possível conhecendo-se as razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ atuais da amostra e calculando-se uma regressão até o intercepto com uma

curva de evolução isotópica do Nd em função do tempo geológico, estabelecida para o manto superior (Sato *et al.*, 1995).

Para aplicação do método é necessário um ataque químico que consiste basicamente na adição do *spike* combinado (traçador) Sm-Nd e na digestão química usando uma mistura ácida. Os elementos de interesse são separados em duas etapas, sendo a primeira uma coluna de troca iônica que separa o conjunto de terras raras dos demais elementos, e a segunda etapa, uma coluna que separa o Sm e o Nd do conjunto das terras raras.

Capítulo 5

DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

No período compreendido entre dezembro de 2007 e novembro de 2008 foi realizada uma série de atividades: preparação de amostras, levantamento bibliográfico, atividade de campo, medidas de anisotropia de suscetibilidade magnética (ASM), datações geocronológicas, aquisição de curvas de histerese e termomagnéticas, descrição petrográfica, confecção de mapas e elaboração da presente monografia de trabalho de formatura. O tempo despendido em cada atividade pode ser visualizado na tabela 1.

Tabela 1- Cronograma das atividades desenvolvidas durante o trabalho de formatura.

Mês Atividade	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Preparação de amostras												
Levantamento bibliográfico												
Atividade de Campo												
ASM												
Geocronologia												
Análise dos dados												
Curva de Histerese												
Curva Termomagnética												
Petrografia												
Confecção dos Mapas												
Elaboração da Monografia												

A preparação de amostras consistiu em três etapas: amostras de rocha total e concentrado de minerais para datação geocronológica, amostras cilíndricas para medidas de ASM e amostras na forma de pó para investigação das propriedades magnéticas dos minerais presentes nas rochas.

A preparação de três amostras (referentes ao Tonalito São Vitor) para datação geocronológica consistiu basicamente na fragmentação e pulverização da amostra para rocha total, e fragmentação da rocha e separação mineralógica dos concentrados de plagioclásio e biotita.

A preparação de espécimes cilindros coletados em campo consistiu em cortá-los com uma serra elétrica composta por dois discos, separados por uma distância de 2.2 cm, que possuem bordas diamantadas. Após o corte, os 416 espécimes cilíndricos receberam uma nova orientação, específica para sua manipulação em laboratório, e os fragmentos restantes deste corte foram destinados a preparação de pó. A última etapa desta preparação consistiu em embalar cada espécime em um filme plástico, de modo que estes não contaminassem o equipamento do laboratório durante a etapa de medição da anisotropia de suscetibilidade magnética (ASM).

A preparação de amostras na forma de pó consistiu na fragmentação de pedaços de rocha, que foram macetados em pilão de ágata até atingir a granulometria adequada para medição das propriedades magnéticas dos minerais presentes nas rochas. As 27 amostras foram processadas na sala de preparação de amostras do Laboratório de Paleomagnetismo do IAG-USP.

O levantamento bibliográfico permitiu aprofundar os conhecimentos da aluna sobre a área em estudo, de modo a melhor capacitá-la para a atividade de campo e para a interpretação dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto.

Em uma atividade de campo realizada nos arredores dos municípios de Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel (MG), foram amostrados 21 sítios, correspondentes aos tonalitos Galiléia (19 sítios) e São Vitor (dois sítios).

As medidas de ASM foram desenvolvidas no equipamento Kappabridge (KLY-4, Agico-Republica Theca), pertencente ao Laboratório de Paleomagnetismo do IAG-USP. Foram medidos espécimes pertencentes a 21 sítios (416 espécimes cilíndricos), a análise destes dados de ASM foi feita com o auxílio dos programas Aniso software (Jelinek, 1977) e *Anisoft 4.2*.

No mês de março haviam sido entregues no Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) amostras de rocha total e dos minerais biotita e plagioclásio para serem aplicados os métodos K/Ar, Rb/Sr e Sm/Nd. Entre os meses de abril e outubro as amostras foram processadas nos laboratórios do CPGeo. Toda metodologia empregada no ataque químico e na separação dos elementos de interesse nos laboratórios de Sm/Nd e Rb/Sr e K, foi pessoalmente acompanhada pela aluna.

De modo a investigar as propriedades magnéticas dos minerais presentes nas rochas, foram obtidas 27 curvas de histerese e adquiridas 14 curvas termomagnéticas. Estas medidas foram realizadas no Laboratório de Anisotropias Magnéticas do IGc-USP. Mais 13 curvas termomagnéticas foram adquiridas no Laboratório de Paleomagnetismo do IAG-USP, totalizando a aquisição de 27 curvas termomagnéticas.

Visando a comparação entre as duas unidades em estudo, foram descritas 13 lâminas delgadas. A preparação das lâminas foi efetuada pela Seção de Laminação do IGc-USP. As lâminas foram descritas na sala de Microscopia do IGc-USP.

O tratamento e análise dos dados foram feitos de forma concomitante com a aquisição destes. A confecção do mapa de localização dos sítios amostrados e dos mapas de foliações e lineações magnéticas foi feita no programa *Corel Draw 12*.

Capítulo 6

RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Anisotropia de Suscetibilidade Magnética (ASM)

As medidas de anisotropia de suscetibilidade magnética foram realizadas no equipamento Kappabridge em 426 espécimes cilíndricos, sendo 376 espécimes (19 sítios) pertencentes ao Tonalito Galiléia, e 40 espécimes (dois sítios) correspondentes ao Tonalito São Vítor.

Na tabela 2 estão apresentados dados direcionais e escalares, onde K_m é a média aritmética da suscetibilidade (suscetibilidade volumétrica), com média $2,61 \times 10^{-4}$ (SI). O grau de anisotropia (P) varia entre 1,025 e 1,190, com média aritmética de 1,090 (Figura 7A).

Analizando a figura 7B notamos uma tendência sutil de aumento do grau de anisotropia concomitante ao aumento da suscetibilidade média, contudo a relação entre os parâmetros P e K_m é difícil de ser estabelecida, pois há sítios com valores de suscetibilidade média baixos associados a graus de anisotropia relativamente altos, e vice-versa.

A figura 7C apresenta o parâmetro de forma do elipsóide de Jenilek (1981) com uma tendência oblata ($T > 0$) para a grande maioria dos sítios. O gráfico dos parâmetros L versus F (Figura 7D) mostra que a forma da trama magnética tende a ser mais de foliação do que de lineação magnética.

Sítios localizados nas proximidades do município de São Sebastião - MG têm como característica: 1) uma foliação magnética com direção aproximadamente N-S, com mergulhos para leste que variam entre 43 e 52° e lineação magnética com direção e mergulhos de aproximadamente 40° para leste (Sítios AR-986 e AR-989, Figuras 8A e 8B). 2) foliação magnética com direção aproximadamente N70°W e mergulhos variáveis de 47 a 70° para NE e lineação magnética aproximadamente *down-dip* (sítios AR-988 e AR-985, Figuras 8C e 8D).

Os sítios situados nos arredores de Mendes Pimentel - MG (AR-991 e AR-993) apresentaram foliação magnética com direção ~N40W com mergulhos que variam entre 13 e 30° para sudoeste e lineação com alto ângulo em relação à direção da foliação, sugerindo uma tectônica de empurrão para NE (Figuras 8E e 8F).

Tabela 2: Dados de Anisotropia de Suscetibilidade Magnética.

Sítios	N	Km	L	F	P	T	K ₁		K ₂		K ₃	
							Dec (°)	Inc (°)	Dec (°)	Inc (°)	Dec (°)	Inc (°)
AR-985	20	2.03E-04	1.036	1.062	1.099	0.238	73.3	44.9	329.9	13.2	227.7	42.1
AR-986	17	2.54E-04	1.025	1.072	1.099	0.499	114.1	45.7	1.8	20.3	255.5	37.3
AR-987	12	3.50E-04	1.029	1.066	1.097	0.391	56.2	14.8	325.8	1.5	230	75.2
AR-988	24	2.99E-04	1.026	1.088	1.117	0.527	20.6	65.9	145.1	14.2	240.1	19.0
AR-989	29	3.62E-04	1.025	1.148	1.176	0.699	120.5	34.4	11.9	24.9	254.0	45.2
AR-991	12	1.74E-04	1.042	1.142	1.190	0.524	205.9	11.6	297.0	5.4	51.6	77.2
AR-992	23	1.72E-04	1.045	1.112	1.162	0.367	206.6	26.5	106.5	19.3	344.9	56.2
AR-993	25	1.95E-04	1.054	1.091	1.150	0.248	194.4	26.2	291	13.2	45.1	60.2
AR-994	23	1.87E-04	1.052	1.033	1.086	-0.225	189.6	20.6	300.6	43.5	81.7	39.3
AR-997	25	2.18E-04	1.024	1.022	1.047	-0.157	317.4	30.8	106.4	55.2	218.4	14.6
AR-998	14	1.84E-04	1.013	1.021	1.034	0.204	140.5	71.7	359.6	14.4	266.7	11.1
AR-999	23	3.79E-04	1.027	1.025	1.053	-0.197	26.6	52.2	171.3	32.3	272.7	17.4
AR-1000	17	4.36E-04	1.028	1.022	1.051	-0.141	1.5	45.4	125.9	29.1	235	30.4
AR-1001	22	1.37E-04	1.010	1.016	1.025	0.256	282.7	25.7	45.2	48.1	176.2	30.5
AR-1002	12	3.41E-04	1.013	1.013	1.027	-0.001	274.1	7.9	4.8	4.9	126.5	80.7
AR-1003	23	3.28E-04	1.012	1.013	1.025	0.048	119.9	22.5	23.8	14.3	263.9	62.9
AR-1004	17	2.60E-04	1.022	1.074	1.097	0.527	103.4	18.6	335.7	61.1	200.9	21.2
AR-1005	24	1.42E-04	1.019	1.098	1.119	0.656	292.2	20.6	57.7	57	192.4	24.5
AR-1006	22	3.16E-04	1.009	1.080	1.089	0.801	122.8	1.8	214.3	38.9	30.6	51.1
AR-1007	16	2.60E-04	1.022	1.060	1.083	0.366	326	32.5	186.4	50.1	69.8	20.5
AR-1008	19	2.77E-04	1.020	1.050	1.071	0.348	147.2	70.6	10.0	14.5	276.7	12.6
Média		2.61E-04	1.026	1.062	1.090	0.285						

N= Número de espécimes medidos, Km= Suscetibilidade Média, L= Lineação, F= Foliação, P= Grau de Anisotropia, T= Parâmetro de forma de Jelinek, Dec= Declinação, Inc= Inclinação, K₁, K₂ e K₃ representam os eixos de suscetibilidade máxima, intermediária e mínima, respectivamente.

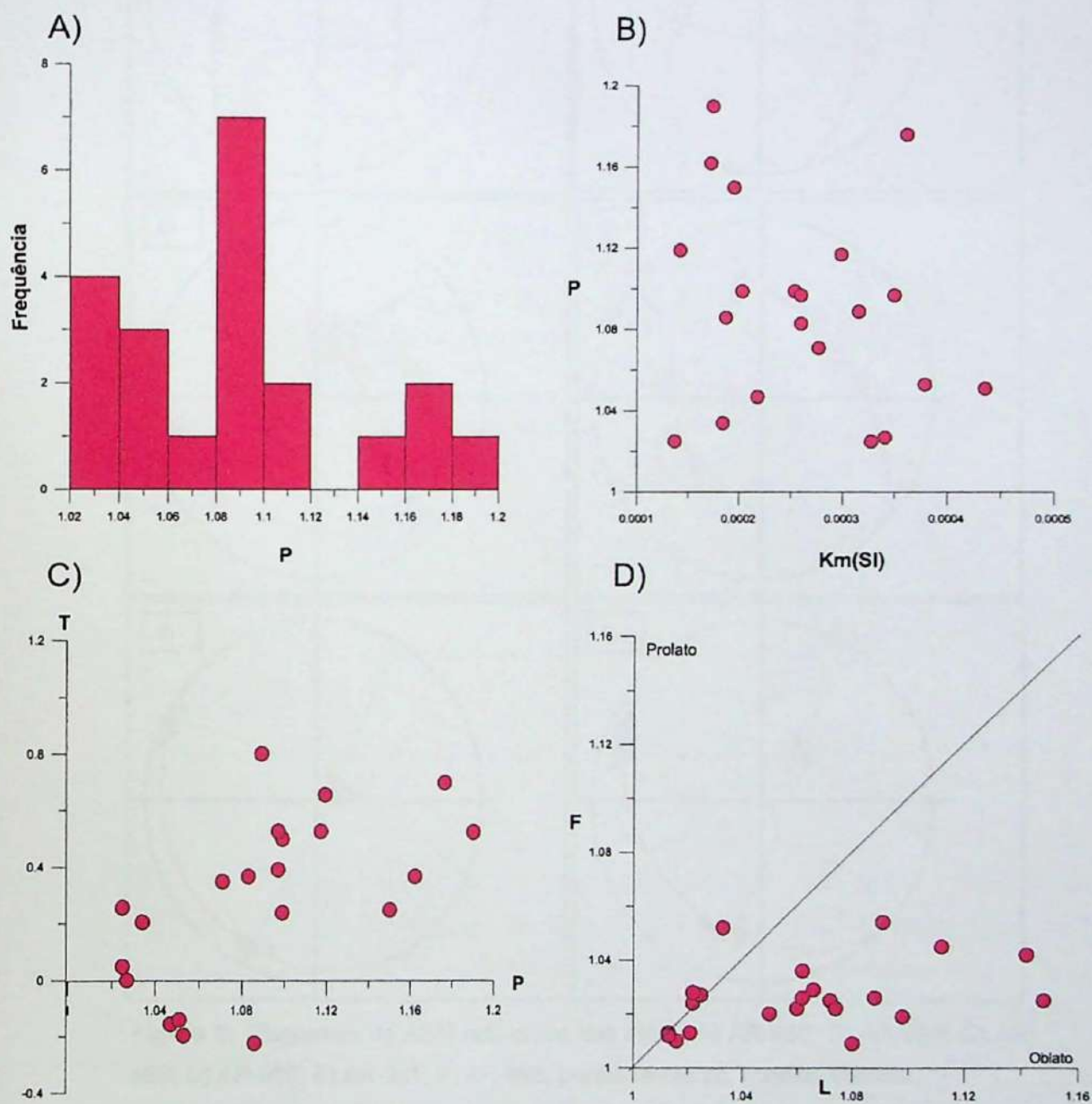


Figura 7: Dados escalares da ASM: A) Histograma de frequência do grau de anisotropia, B) Diagrama de P versus Km, C) Diagrama de T versus P ou parâmetro de Jenilek, D) Diagrama da lineação versus foliação.

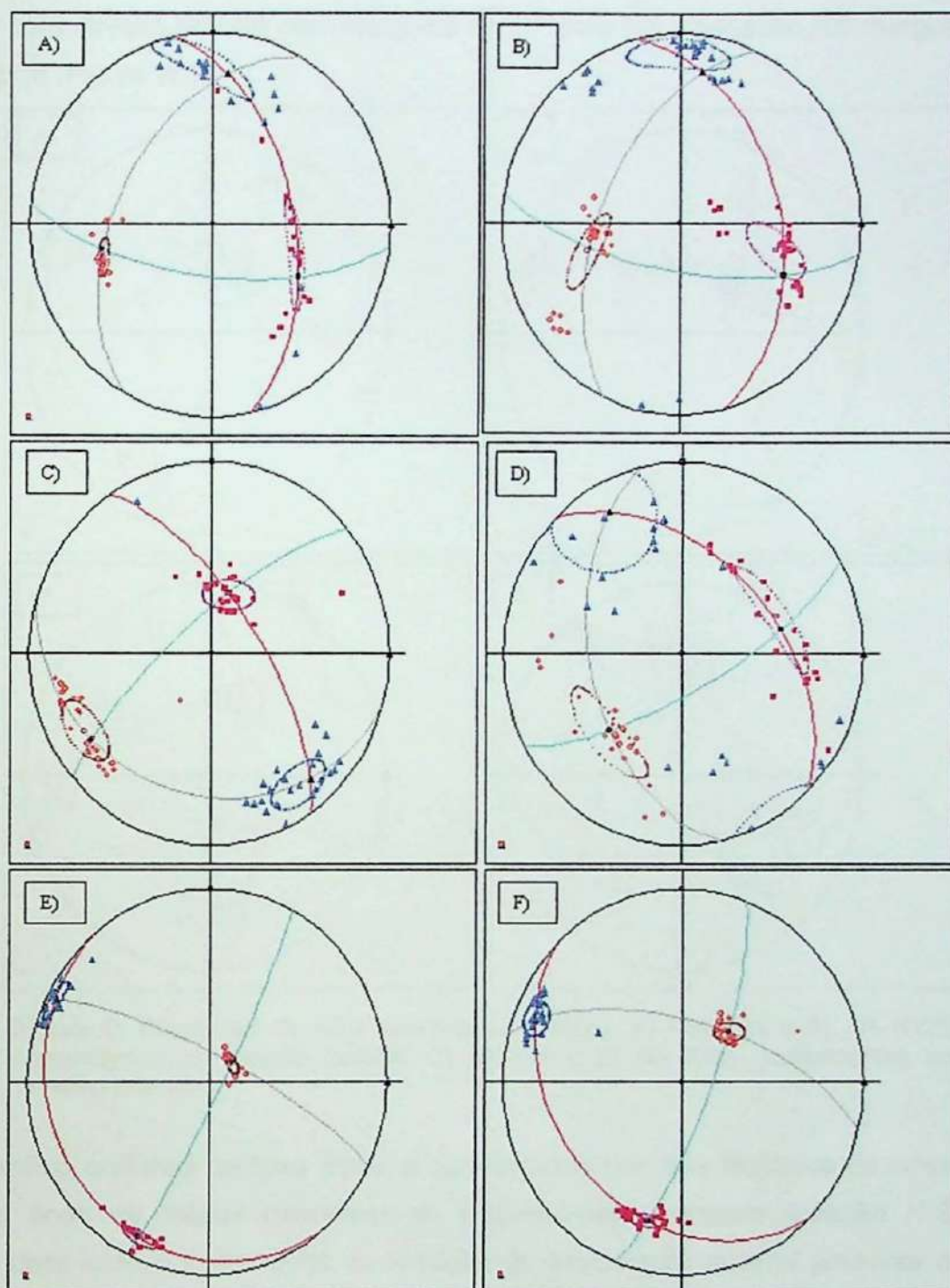


Figura 8: Diagramas de ASM referentes aos sítios: A) AR-986; B) AR-989; C) AR-988; D) AR-985; E) AR-991; F) AR-993, pertencentes ao Tonalito Galiléia.

Os sítios AR-1004 e AR-1005, situados nas proximidades de Central de Minas - MG apresentam, por sua vez, foliação magnética aproximadamente E-W com mergulho variando entre 19 e 66° para NE e lineações paralelas às direções da foliação (Figuras 9A e 9B).

Os dois sítios amostrados (40 espécimes) referentes ao Tonalito São Vítor estão localizados nos arredores do município de São Félix de Minas - MG. O sítio AR-999 possui foliação magnética com direção N-S com mergulho subvertical (69°) e lineação magnética com direção leste e mergulho de 52° (Figura 9C). Enquanto o sítio AR-1000 exibe foliação

magnética com direção NW-SE com mergulho de 59° para NE e lineação NS mergulhando 46° para norte (Figura 9D).

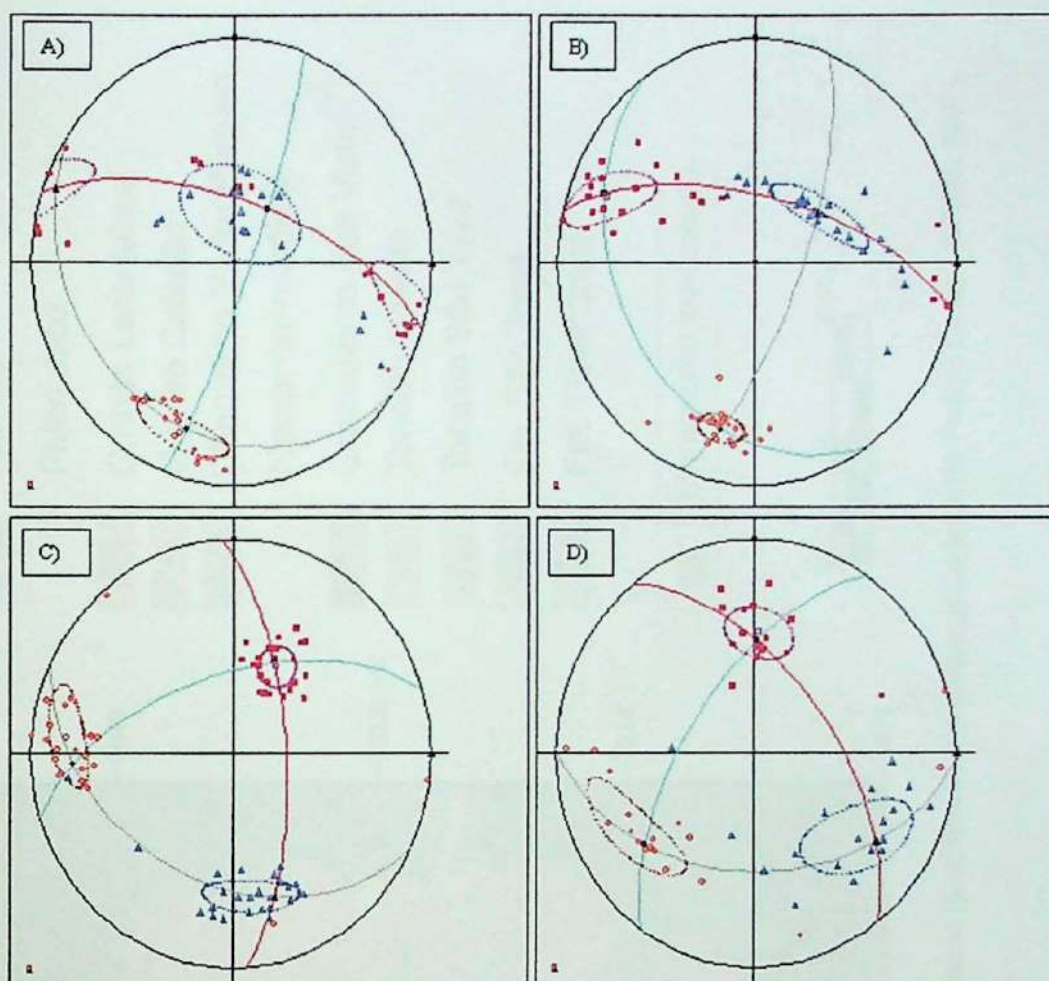


Figura 9: Diagramas de ASM referentes aos sítios: A) AR-1004 e B) AR-1005, pertencentes ao Tonalito Galiléia, C) AR-999 e D) AR-1000, pertencentes ao Tonalito São Vítor.

O domínio ocidental da faixa móvel é caracterizado por uma tectônica de empurrões para oeste onde as rochas miloníticas do embasamento possuem foliação N-S com mergulhos para leste à semelhança da lineação de estiramento mineral presente nessas rochas. Alguns dos sítios estudados refletem este comportamento regional, sugerindo que os mesmos foram afetados por essa deformação.

Os resultados de ASM obtidos para os tonalitos Galiléia e São Vítor retratam, em sua maioria, uma tectônica marcada por uma lineação magnética de alto ângulo em relação à direção da foliação (*down dip*).

Foram elaborados mapas de pontos (Figura 10), foliação magnética (Figura 11), e lineação magnética (Figura 12) para a área de estudo. Mapas apresentados em anexo contêm a integração dos dados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho de formatura com os anteriormente obtidos durante a iniciação científica.

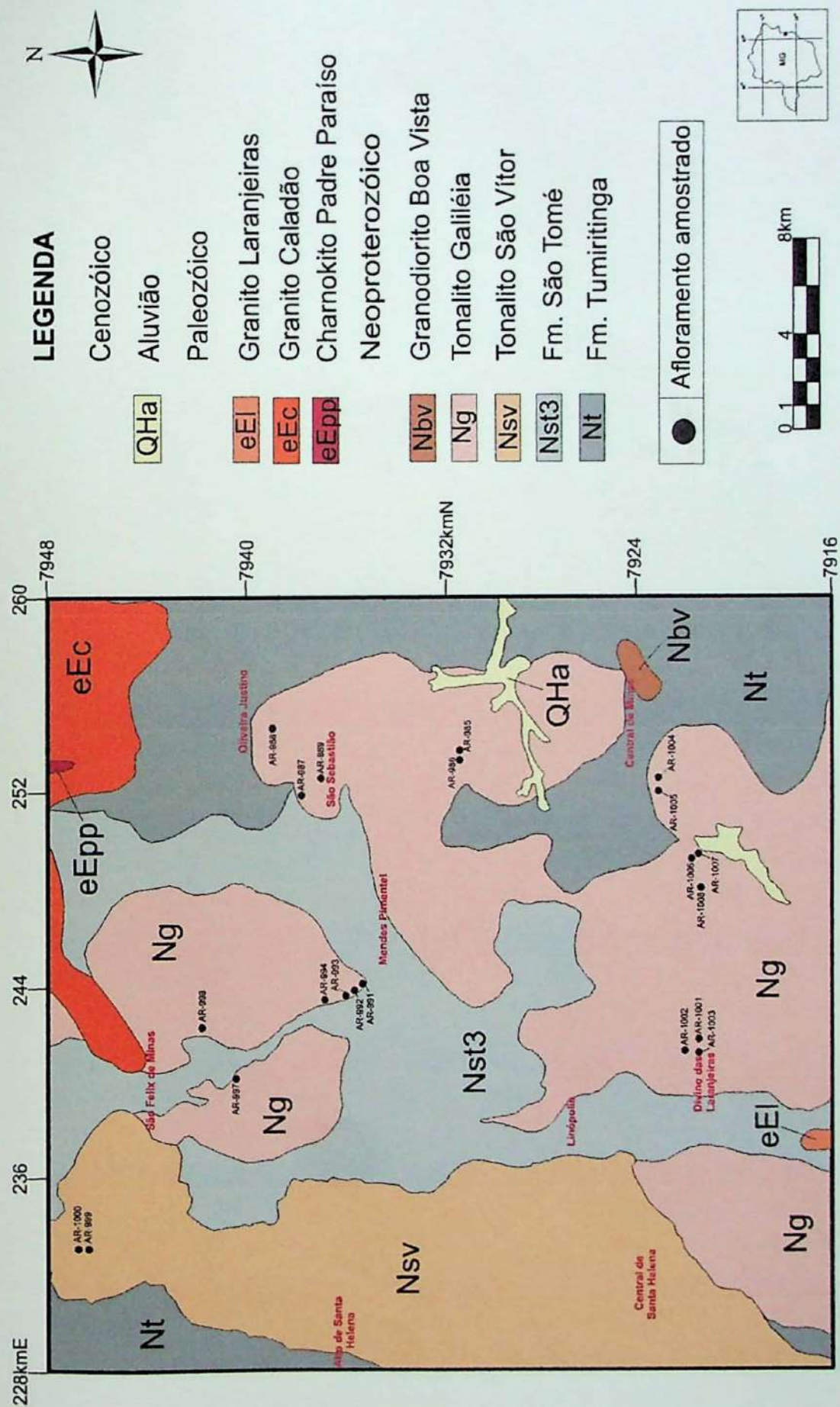


Figura 10: Mapa de localização dos afloramentos amostrados (Modificado das cartas geológicas do Projeto Leste – CPRM, 2000).

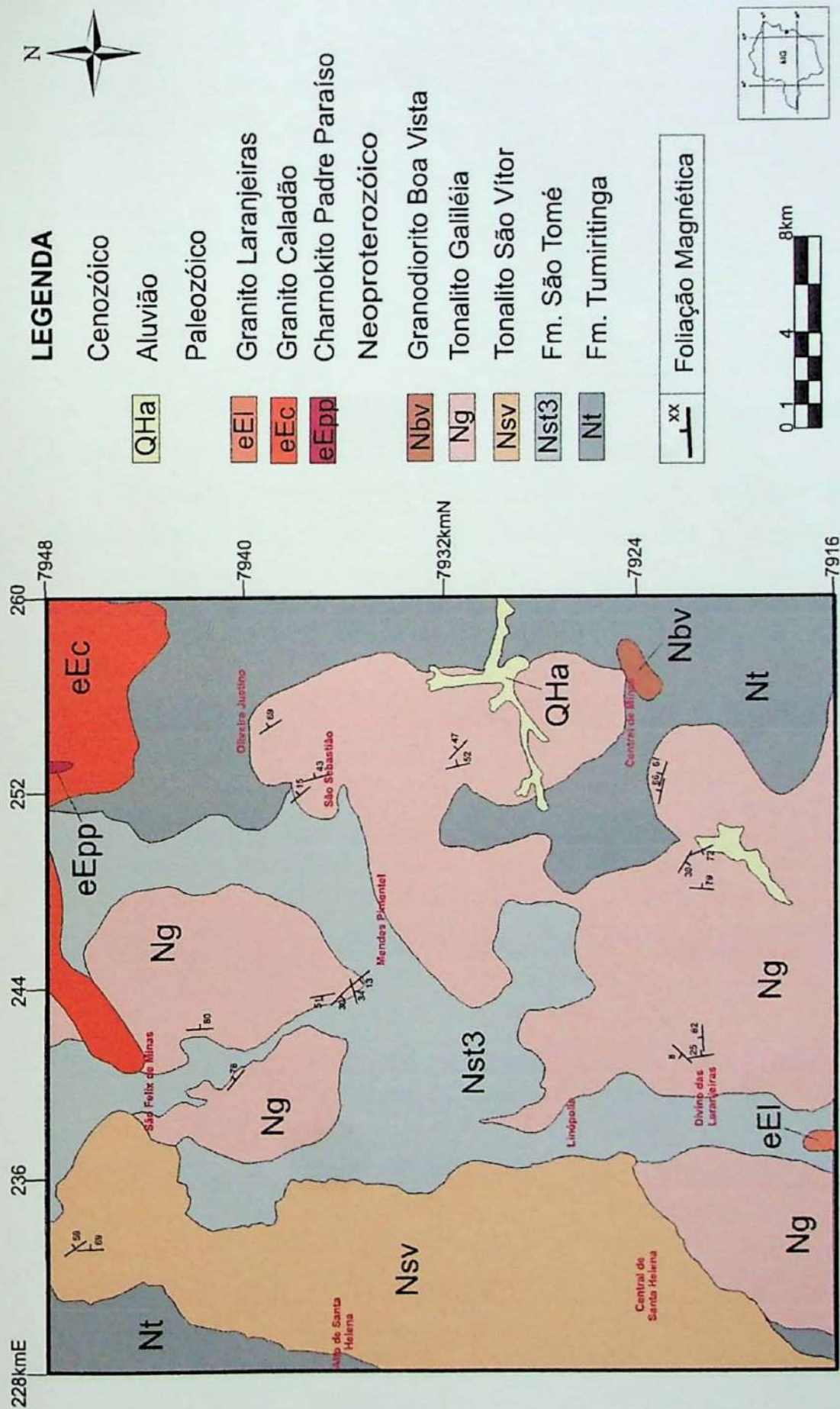


Figura 11: Mapa de Foliação Magnética dos afloramentos amostrados (Modificado das cartas geológicas do Projeto Leste – CPRM, 2000).

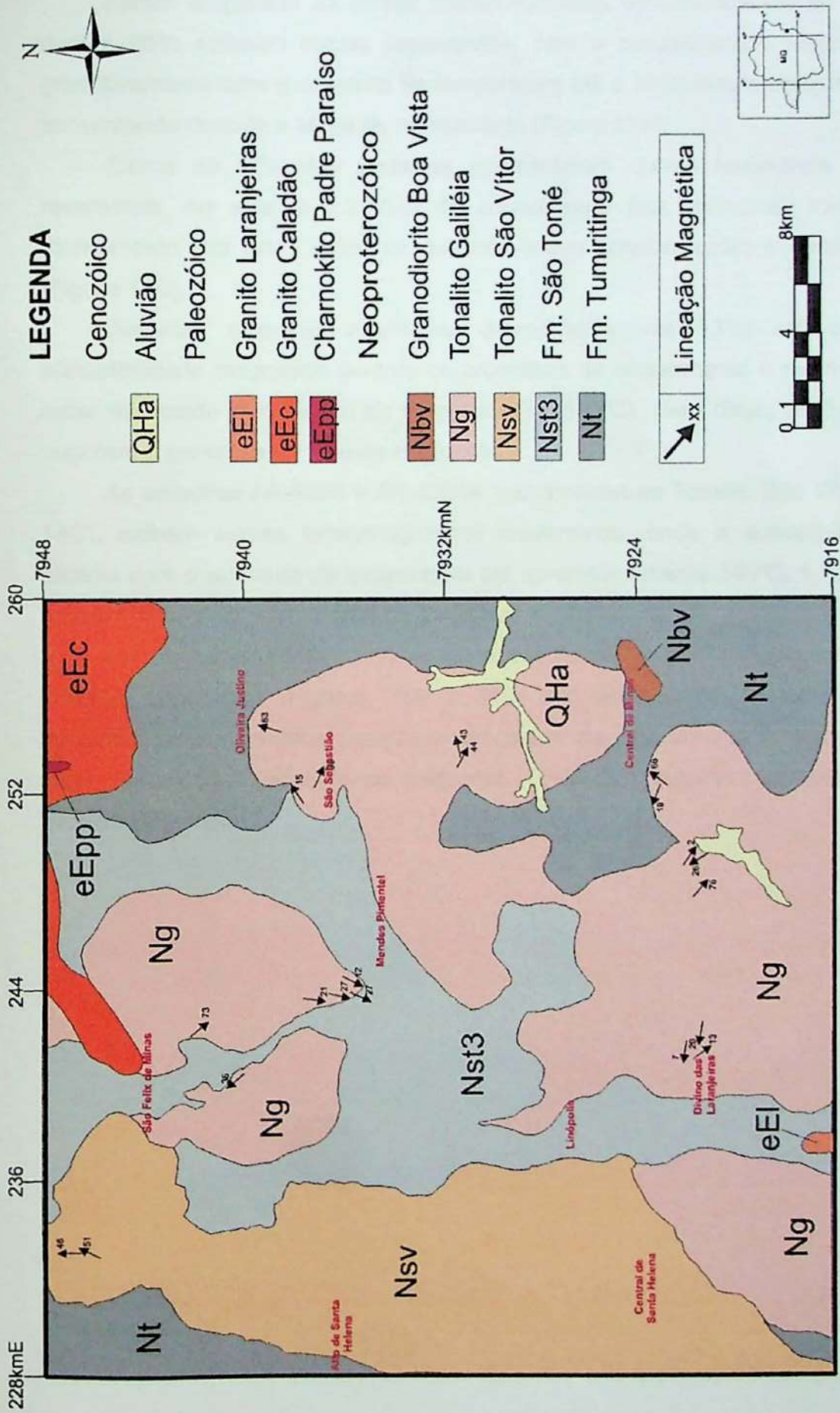


Figura 12: Mapa de Lineação Magnética dos afloramentos amostrados (Modificado das cartas geológicas do Projeto Leste – CPRM, 2000).

6.2. Curvas Termomagnéticas

Foram adquiridas 23 curvas termomagnéticas correspondentes ao Tonalito Galiléia, destas 35% exibiram curvas irreversíveis, com a suscetibilidade magnética diminuindo gradativamente com o aumento da temperatura até a temperatura aproximada de 580°C e aumentando durante a etapa de resfriamento (Figura 13A).

Cerca de 52% das amostras apresentaram curvas reversíveis ou praticamente reversíveis, ou seja, a trajetória de aquecimento (cor vermelha) coincide com a de resfriamento (cor azul), indicando que não houve transformações minerais durante o ciclo (Figura 13B).

Algumas amostras analisadas (aproximadamente 13%) exibiram aumento na suscetibilidade magnética durante os processos de aquecimento e resfriamento, podendo estar associado à formação de magnetita ($T_c \sim 580^\circ\text{C}$), além disso, as figuras 13C e 13D sugerem a presença do Pico de Hopkinson.

As amostras AR-999B e AR-1000A, pertencentes ao Tonalito São Vítor (Figuras 14B e 14C), exibem curvas termomagnéticas irreversíveis, onde a suscetibilidade magnética diminui com o aumento da temperatura até aproximadamente 580°C, e há um aumento na suscetibilidade magnética durante a etapa de resfriamento.

As curvas adquiridas para as amostras AR-999A e AR-1000F correspondentes ao Tonalito São Vítor (Figuras 14A e 14D) são irreversíveis, e exibiram aumento na suscetibilidade magnética durante os processos de aquecimento e resfriamento, podendo estar associado à formação de magnetita ($T_c \sim 580^\circ\text{C}$), sugerindo também a presença do Pico de Hopkinson.

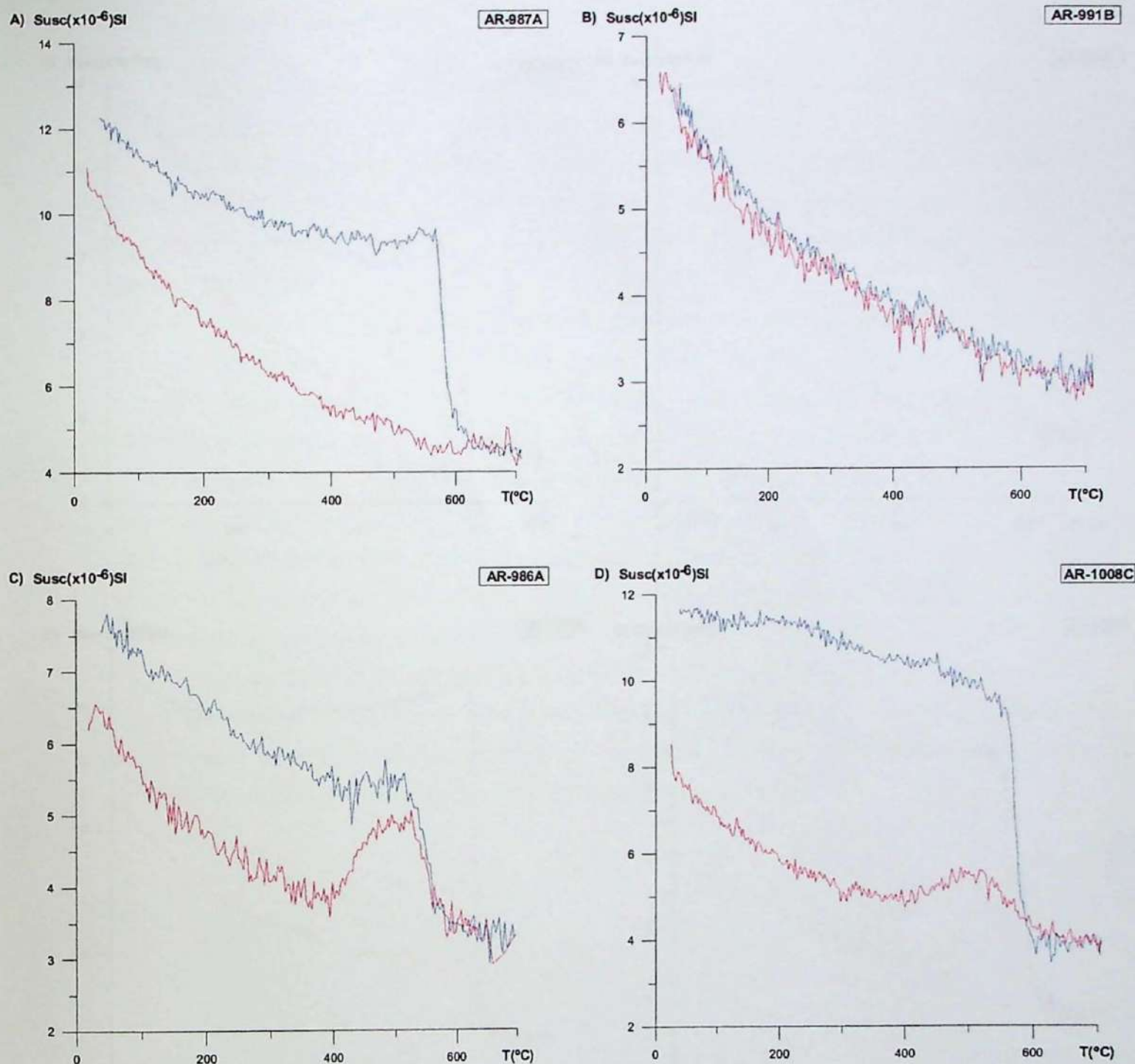


Figura 13: Curvas termomagnéticas de amostras pertencentes ao Tonalito Galiléia. As cores vermelha e azul indicam as trajetórias de aquecimento e resfriamento, respectivamente.

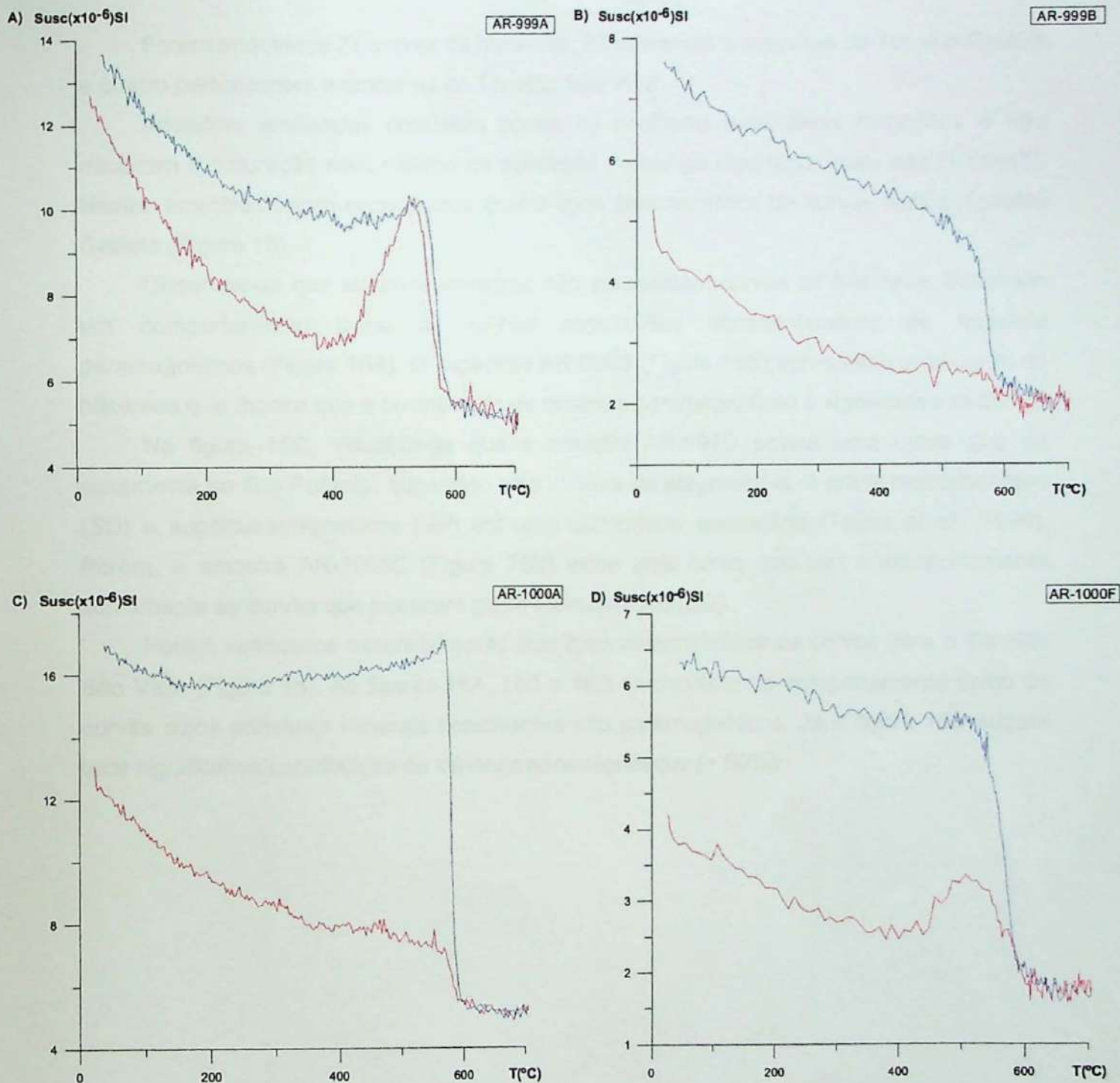


Figura 14: Curvas termomagnéticas de amostras pertencentes ao Tonalito São Vitor. As cores vermelha e azul indicam as trajetórias de aquecimento e resfriamento, respectivamente.

6.3. Curvas de Histerese

Foram adquiridas 27 curvas de histerese, 23 referentes a amostras do Tonalito Galiléia e quatro pertencentes a amostras do Tonalito São Vitor.

Amostras analisadas possuíam pouca ou nenhuma remanência magnética e não atingiram a saturação nem mesmo na aplicação do campo magnético mais alto (1000mT). Nestas amostras foram encontrados quatro tipos característicos de curvas para o Tonalito Galiléia (Figura 15).

Observou-se que algumas amostras não apresentam curvas de histerese, indicando um comportamento típico de rochas constituídas predominantemente de minerais paramagnéticos (Figura 15A). O espécime AR-989B (Figura 15B) apresentou uma curva de histerese que mostra que a contribuição de minerais paramagnéticos é significativa (> 50%).

Na figura 15C, visualiza-se que a amostra AR-997D possui uma curva que se assemelha ao tipo *Potbelly*, sugerindo uma mistura de magnetita com grãos monodomínios (SD) e superparamagnéticos (SP) em uma quantidade secundária (Tauxe *et al.*, 1996). Porém, a amostra AR-1008D (Figura 15D) exibe uma curva que tem o comportamento semelhante às curvas que possuem grãos monodomínio (SD).

Foram verificados essencialmente dois tipos característicos de curvas para o Tonalito São Vitor (Figura 16). As figuras 16A, 16B e 16D exemplificam o comportamento típico de curvas cujos principais minerais constituintes são paramagnéticos. Já a figura 16C sugere uma significativa contribuição de minerais paramagnéticos (> 50%).

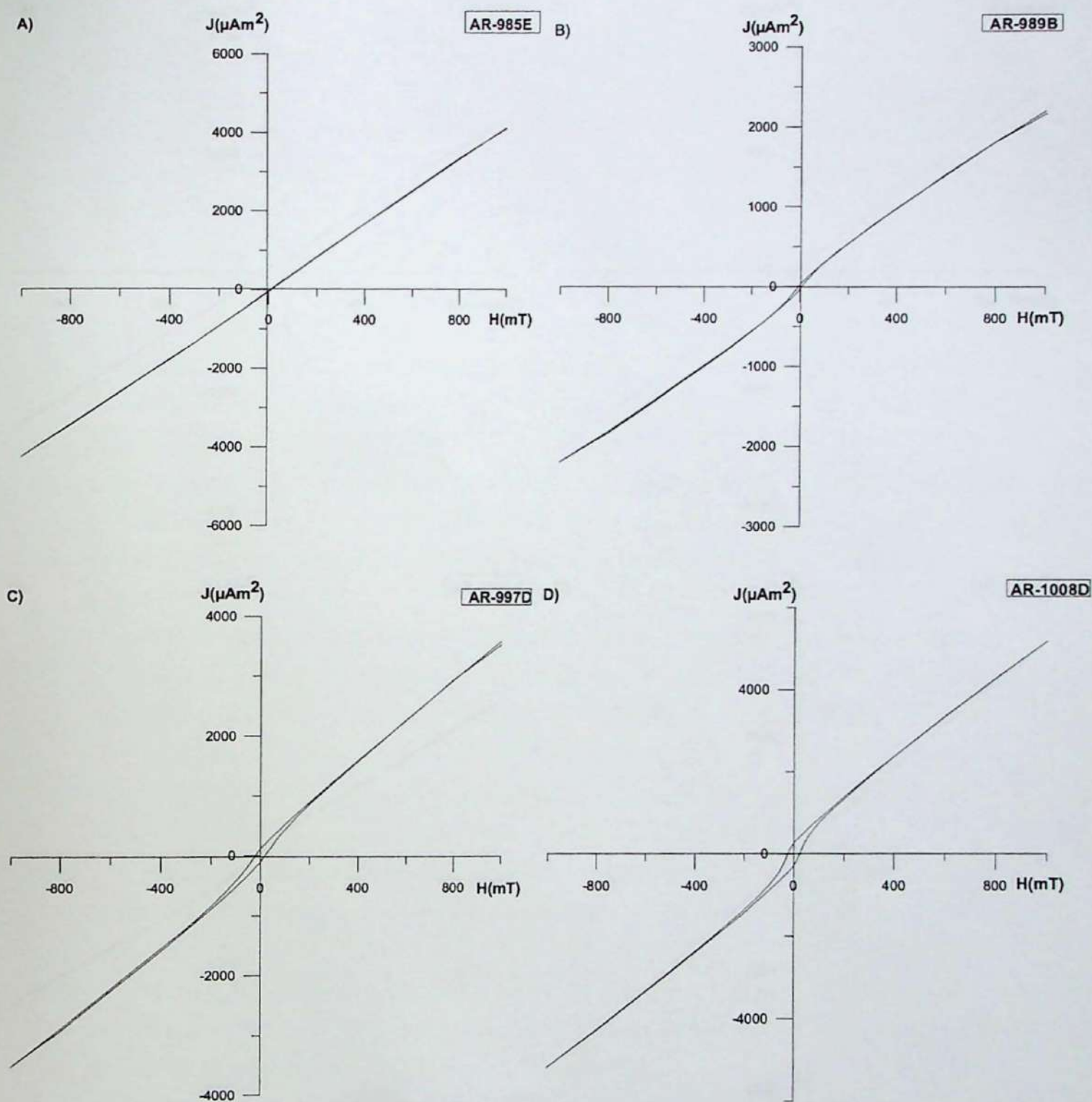


Figura 15: Curvas de histerese adquiridas para rochas pertencentes ao Tonalito Galiléia.

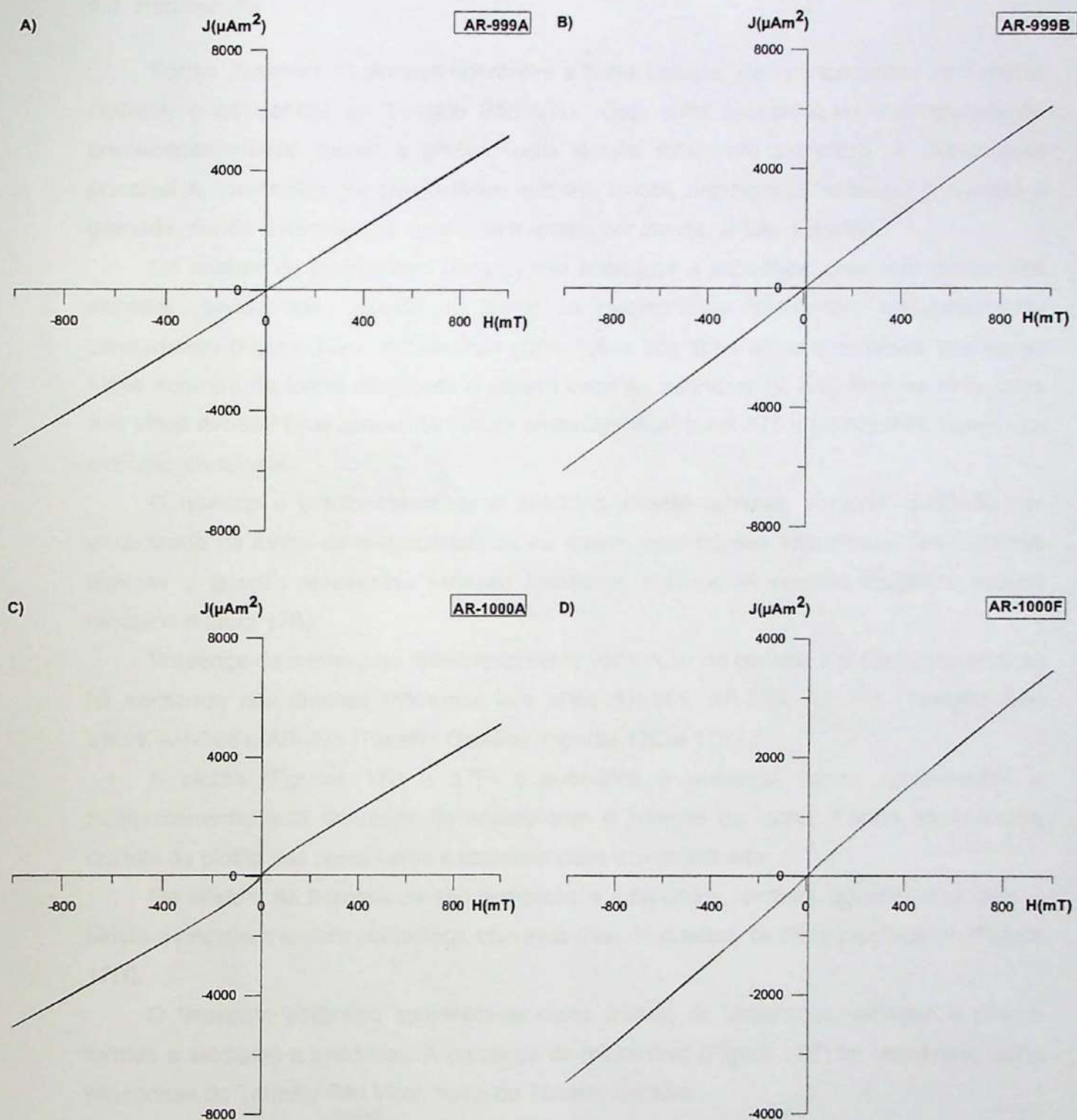


Figura 16: Curvas de histerese adquiridas para rochas pertencentes ao Tonalito São Vitor.

6.4. Petrografia

Foram descritas 13 lâminas referentes a Suíte Galiléia, sete pertencentes ao Tonalito Galiléia, e as demais ao Tonalito São Vítor. Esta suíte apresenta-se com granulação predominantemente média a grossa, com textura raramente porfirítica. A mineralogia principal é constituída por plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda, feldspato potássico e granada, sendo a mineralogia acessória formada por titanita, zircão e apatita.

Os cristais de plagioclásio (An_{26-54}) são euédricos a subédricos, possuem dimensões variadas, sendo que, quando na forma de megacristais apresentam ocasionalmente zoneamento (Figura 17A). Apresentam geminações dos tipos albita e carlsbad, por vezes estas ocorrem de forma conjugada e podem estar saussuritizados. Nas lâminas referentes aos sítios AR-993 (que apresenta textura protomilonítica) e AR-375 o plagioclásio apresenta extinção ondulante.

O quartzo é predominantemente anédrico, possui tamanho variável, podendo ser encontrado na forma de megacristais ou na matriz, com feições intersticiais. Em algumas lâminas o quartzo apresentou extinção ondulante, indícios de res cristalização e textura mosaico (Figura 17B).

Presença de mirmequita (intercrescimento vermicular de quartzo e plagioclásio sódico) foi verificada nas lâminas referentes aos sítios AR-365, AR-369, AR-375 (Tonalito São Vítor), AR-985 e AR-993 (Tonalito Galiléia) (Figuras 17C e 17E).

A biotita (Figuras 17D e 17F) é subédrica a euédrica, forma aglomerados e freqüentemente está orientada de acordo com a foliação da rocha. Foram encontrados cristais de biotita nas cores verde e castanho claro a avermelhada.

Os cristais de hornblenda são euédricos a subédricos, formam aglomerados com a biotita e possuem textura poiquilítica, com inclusões de quartzo, biotita e plagioclásio (Figura 17D).

O feldspato potássico apresenta-se como cristais de dimensões variadas e possui formas subédricas a anédricas. A presença de microclínio (Figura 17E) foi observada tanto em rochas do Tonalito São Vítor, como do Tonalito Galiléia.

A granada exhibe forma subédrica a anédrica, geralmente está fraturada e por vezes ocorre associada com a biotita, tendo sido encontrada na maioria das lâminas descritas. (Figura 17F). A titanita ocorre associada com a biotita e a hornblenda, e o zircão geralmente está incluso na biotita.

Observa-se também, que os enclaves apesar de apresentarem a mesma composição mineralógica dos tonalitos da Suíte Galiléia possuem uma maior quantidade de minerais máficos.

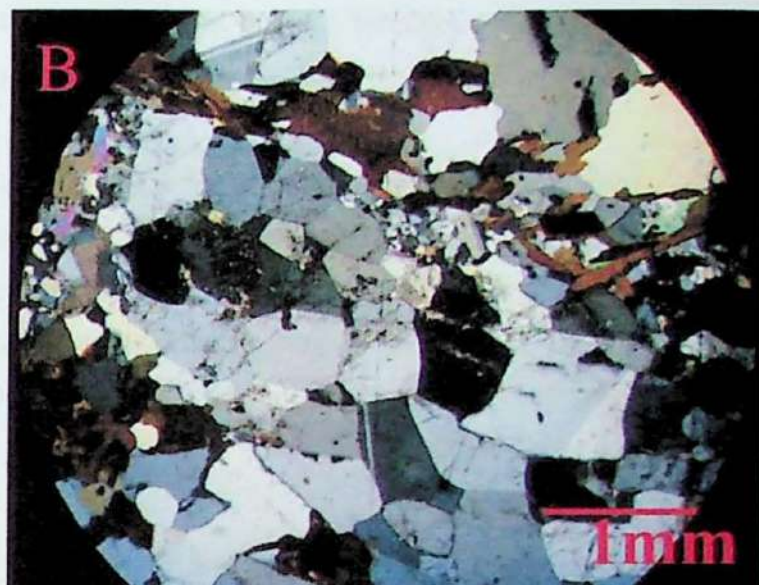


Figura 17: Fotografias de lâminas. A) Plagioclásio zonado (AR-1002); B) Quartzo e plagioclásio com textura mosaico (AR-993); C) Mirmequita (AR-375); D) Hornblenda e biotita (AR-1002); E) Microclínio e mirmequita (AR-369) e F) Granada e biotita (AR-369).

Constata-se através da descrição das lâminas delgadas, que os tonalitos São Vítor e Galiléia apresentam mineralogia e textura muito semelhantes. Por isso, a caracterização petrográfica foi feita para a Suíte Galiléia, sem discriminá-los.

Segundo Vernon (2004) geralmente a mirmequita é atribuída a uma substituição em estado sólido de feldspato potássico, acompanhando uma deformação. Embora a maior parte dos simplectitos seja formado em reações metamórficas em estado sólido, os mesmos podem se desenvolver na presença de pequenas quantidades de magma residual durante o resfriamento de rochas ígneas. Fitz Gerald & McLaren (1982 *apud* Vernon, 2004) concluíram a partir de experimentos, que a geminação do microclínio não ocorre na ausência de esforços.

A presença de microclínio e mirmequita, além de plagioclásio e quartzo com extinção ondulante, em algumas lâminas da Suíte Galiléia, são possíveis evidências que em algumas localidades da área de estudo, as rochas tenham sofrido deformação em estado sólido. Contudo, a biotita que freqüentemente confere foliação à rocha, não apresenta indícios de deformação.

6.5. Geocronologia

Resultados obtidos pelo método K/Ar em biotita forneceram idades entre 477 e 503 Ma $\pm$ 10 Ma para o Tonalito São Vítor, estas idades refletem a época que as rochas teriam atravessado pela última vez a isoterma de 310°C.

Para o método Rb/Sr a idade obtida para o Tonalito São Vítor foi 549 $\pm$ 360 Ma com razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0,714. Apesar da razão inicial encontrada neste método ser semelhante à obtida por Nalini Jr *et al.* (2005), que obtiveram valores de razão inicial entre 0,712 e 0,713, esta idade não pode ser considerada como representativa, visto que, apresenta erro estatístico muito grande aproximando-se da própria idade obtida.

As idades modelo T_{DM} encontradas pelo método Sm/Nd estão entre 1,6 e 1,9 Ga e ϵ_{Nd} variando entre -11,93 e -13,98, sugerindo fusão da crosta paleoproterozóica (Ciclo Transamazônico) como provável fonte para a geração do magma desta unidade.

Os resultados obtidos são compatíveis com os encontrados por Martins *et al.* (2004) para o Tonalito São Vítor, que verificaram idade modelo T_{DM} de 1,96Ga e ϵ_{Nd} de -7,97, assim como os encontrados por Nalini Jr *et al.* (2005) que obtiveram para a Suíte Galiléia, idades modelo T_{DM} entre 1,8 e 2,3 Ga, com ϵ_{Nd} variando entre -9,3 e -8,3.

Capítulo 7

CONCLUSÕES

O Tonalito São Vitor apresenta uma idade entre $477-503 \pm 10$ Ma adquirida pelo método de datação K/Ar em biotita. Esta idade corresponde a época em que as rochas teriam atravessado pela última vez a isoterma de 310°C . Por outro lado, a idade obtida pelo método Rb/Sr não foi considerada confiável para esta unidade. Já o método Sm/Nd revela idades modelo T_{DM} entre 1,6 e 1,9 Ga e ϵ_{Nd} variando entre $-11,93$ e $-13,98$, sugerindo uma importante contribuição crustal paleoproterozóica (Ciclo Transamazônico) como provável fonte para a geração do magma.

Dados de mineralogia magnética mostram que a maioria das amostras analisadas pertencentes aos Tonalitos Galiléia e São Vitor, apresentam minerais predominantemente paramagnéticos.

A partir da descrição das lâminas delgadas, observa-se que a Suíte Galiléia apresenta granulação predominantemente média a grossa, com textura raramente porfírica. A mineralogia principal é constituída por plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda, feldspato potássico e granada, sendo a mineralogia acessória formada por titanita, zircão e apatita.

Constata-se que os tonalitos São Vitor e Galiléia apresentam mineralogia e textura muito semelhantes. Essa observação está de acordo com a proposta por Féboli (2000), que descreve as unidades como idênticas, diferenciando-se apenas pelo fato do Tonalito São Vitor apresentar abundantes xenólitos de xistos e gnaisses aluminosos da Formação Tumiritinga, enquanto o Tonalito Galiléia possui numerosos enclaves microgranulares máficos.

A presença de microclínio, mirmequita, plagioclásio e quartzo com extinção ondulante em algumas lâminas da Suíte Galiléia, fornece possíveis evidências de que estas rochas tenham sofrido deformação em estado sólido em algumas localidades da área de estudo. Por outro lado, a biotita, principal responsável pela foliação da rocha, não apresenta indícios dessa deformação, sugerindo que apesar das retomadas locais da deformação após a solidificação completa dos magmas, o registro das deformações precoces adquirido ainda em estado magmático, está bem preservado.

Ao analisar os dados de ASM do Tonalito São Vitor, verifica-se que alguns dos sítios estudados refletem o comportamento regional do domínio ocidental da faixa móvel, caracterizado por uma tectônica de empurrões de direção norte sul com vergência para oeste, sugerindo que os mesmos foram afetados por essa deformação regional.

Os tonalitos Galiléia e São Vitor retratam padrões deformacionais distintos, em função de sua localização geográfica. Por exemplo, o Tonalito São Vitor, na porção oeste da área (ver mapas em anexo), registra a estrutura encontrada nos gnaisses do embasamento com empurrões para oeste, enquanto que na porção leste, as orientações da foliação e lineação são semelhantes às encontradas no Tonalito Galiléia. Neste caso, as foliações continuam predominantemente N-S com mergulhos verticais a subverticais e as lineações ora verticais ora direcionais. Essa variação registra dois setores com deformações completamente diferentes as quais foram originadas no decorrer do mesmo evento tectônico. Uma situação geológico-estrutural dessa natureza não é fácil de ser explicada sem levar em consideração a complexidade reológica decorrente da deformação de uma região relativamente extensa e com grande variedade de tipos litológicos.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, F. F. M.; AMARAL, G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. The precambrian evolution of the South American Craton margins south of the Amazon river. In: *The Ocean basins and margins* (edited by Nairn & Stehli). Plenum, New York, p. 1411-1446, 1973.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. *O Precambriano do Brasil*. Blucher Ltd. Publ., São Paulo, Brasil, 1984. 378p.

BRUECKNER, H. K.; CUNNINGHAM, D.; ALKMIN, F. F.; MARSHAK, S. Tectonic implications of Precambrian Sm-Nd dates from the southern São Francisco craton and adjacent Araçuaí and Ribeira belts, Brazil. *Precambrian Research* 99, p. 255-269, 2000.

EGYDIO-SILVA, M.; VAUCHEZ, A.; RAPOSO, M. I. B.; BASCOU, J.; UHLEIN, A. Deformation regime variations in an arcuate transpressional orogen (Ribeira belt, SE Brazil) imaged by anisotropy of magnetic susceptibility in granulites. *Journal of Structural Geology*, 27, (10), p. 1750-1764, 2005.

FAIRCHILD, T. R.; TEIXEIRA, W.; BABINSKI, M. Em busca do passado do planeta: Tempo geológico. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 305-326.

FÉBOLI, W.L. Relatório Folha Governador Valadares. Projeto Província Pegmatítica Oriental. CPRM, 2000. 63 p.

FISCHER, D. P.; PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; COSTA, A. G.; ROSIERE, C. A. Geology and Sm-Nd isotopic data for Mantiqueira and Juiz de Fora complexes (Coastal Mobile Belt) in the Abre Campo-Manhuaçu region, Minas Gerais, Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECAMBRIAN AND CRATON TECTONICS, 1998. Univ. Federal Ouro Preto, Ouro Preto, MG, p. 21-23.

HARALYI, N. L. E.; HASUI, Y. The gravimetric information and archean-proterozoic framework of eastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 112, p. 160-166, 1982.

JELINEK, V. *The statistical theory of measuring anisotropy of magnetic susceptibility of rocks and its application*. Geofizika Brno, 1977.

- JELINEK, V. Characterization of the magnetic fabric of rocks. *Tectonophysics*, 79, T63–T67, 1981.
- LOWRIE, W., *Fundamentals of Geophysics, Geomagnetism and Paleomagnetism*. Cambridge University Press, Cambridge, 1997. p.229-306.
- MARTINS, V. T. S.; TEIXEIRA, W.; NOCE, C. M.; PEDROSA-SOARES, C. Sr and Nd Characteristics of Brasiliano/Pan-African Granitoid Plutons of the Araçuaí Orogen, Southeastern Brazil: Tectonic Implications. *Gondwana Research*. v. 7, (1), p. 75-89, 2004.
- MASCARENHAS, J. F. et al. Província São Francisco. Geologia da Região centro-oriental da Bahia. Salvador. DNPM. *Série Geologia* 11. Seção Geologia Básica 8, 1979.
- NALINI JR, H. A. – *Caractérisation des suites magmatiques néoproterozoïques de la region de Conselheiro Pena et Galiléia (Minas Gerais, Brésil). Etude géochimique et structurale des suites Galiléia et Urucum et relation avec les pegmatites à elements rares associées*. França. 1997. Tese (Doutorado) - Escola Nacional Superior de Minas de Paris e Saint Etienne, França. 237 p.
- NALINI JR., H. A.; BILAL, E.; CORREIA-NEVES, J. M. Mineralogical, geochemical and isotopic constraints of neoproterozoic granitoids (Urucum and Galiléia Suites) eastern Minas Gerais State, Brazil. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BASEMENT TECTONICS*, 14, Ouro Preto. Anais...Ouro Preto, 1998. International Basement Tectonics Association. p.44-46.
- NALINI JR., H. A.; MACHADO, R.; BILAL, E. Geoquímica e Petrogênese da Suíte Galiléia: exemplo de magmatismo tipo-I metaluminoso pré-colisional neoproterozóico da região do médio vale do Rio Doce (MG). *Revista Brasileira de Geociências*, 35 (4): p. 23-34, 2005.
- NOCE, C. M.; MACAMBIRA, M. J. B.; PEDROSA-SOARES, A. C. Chronology of neoproterozoic-cambrian granitic magmatism in the Araçuaí belt, eastern Brazil, based on single zircon evaporation dating. *Rev. Brasil. Geoc.*, v. 30, n. 1, p. 25-29, 2000.
- NOCE, C. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; PIUZANA, D.; ARMSTRONG, R.; LAUX, J., H.; CAMPOS, C. M.; MEDEIROS, S. R.. Ages of sedimentation of the kinzigitic complex and of a late orogenic thermal episode in the Araçuaí orogen, northern Espírito Santo State, Brazil: zircon and monazite U-Pb shrimp and ID-Tims data. *Revista Brasileira de Geociências*, 34 (4): 587-592, 2004.
- OLIVEIRA, M. J. R. Relatório Folha Conselheiro Pena/São Gabriel da Palha, Projeto Província Pegmatítica Oriental. CPRM, 2000. 83p.

PEDROSA-SOARES, A. C. et al. Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt. *Journal of South American Earth Sciences*. v.6 n.1/2. p. 33-47, 1992

PEDROSA-SOARES, A. C.; DARDENE, M. A.; HASUI, Y.; CASTRO, F. D. C.; CARVALHO, M. V. A. Nota explicativa dos mapas geológico, metalogenético e de ocorrências minerais do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000. Belo Horizonte: COMIG, 1994. 97p. il.

PEDROSA-SOARES, A. C.; WIEDMANN, C. M.; FERNANDES, M. L. S.; FARIA, L. F.; FERREIRA, J. C. H. Geotectonic significance of the Neoproterozoic granitic magmatism in the Araçuaí belt, Eastern Brazil: a model and pertinent questions. *Revista Brasileira de Geociências*, 29: p. 57-64, 1999.

PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; WIEDEMANN, C.; PINTO, C. P. The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Res.*, 110 (1-4): p. 307-323, 2001.

ROBERTS, A. P.; CUI, Y.; VEROSUB, K. L. Wasp-waisted hysteresis curves: mineral magnetic characteristics and discrimination of components in mixed magnetic systems. *Journal of Geophysical Research*, 100 (B9), p. 17,909 -17,924, 1995.

SATO, K.; TASSINARI, C. G.; PETRONILHO, L. O Método Geocronológico Sm-Nd no IG/USP e suas Aplicações. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v.67, n.2, p.221-237, 1995.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPO, D. A.; DERZE, G. R. et al. (Coord.) Geologia do Brasil - Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente incluindo Depósitos Minerais. Escala: 1:2.500.000. Brasília: DNPM, 1984. 505p. il.

SIGA JR, O. *A evolução geotectônica da porção nordeste de Minas Gerais, com base em interpretações geocronológicas*. 1986. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, J. M. R.; LIMA, M. I. C.; VERONESE, V. F., et al. Geologia: In: Projeto RADAMBRASIL: Folha Rio Doce – SE.24. Rio de Janeiro: IBGE, 1987. V.34, Cap.1, p.23-172, il, mapas.

TARLING, D. H. *Paleomagnetism: Principles and Applications in Geology, geophysics and Archaeology*. Chapman and Hall Ltd, New York, 1953.

TAUXE, L.; MULLENDER, T. A. T.; & PICK, T. Potbellies, wasp-waists, and superparamagnetism in magnetic hysteresis. *Journal of Geophysical Research*, 101, (B1), p. 571-583, 1996.

TULLER, M. P. Relatório Folha Ataléia. Projeto Província Pegmatítica Oriental. CPRM, 2000. 43p.

VALENCIO, D. A., *El magnetismo de las rocas*. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina, 1980. 351p.

VERNON, R. H. *A practical guide to rock microstructure*. Cambridge University Press, 2004. 594p.

VIEIRA, V. S. Relatório Folha Governador Valadares. Projeto Província Pegmatítica Oriental. CPRM, 2000. 66p.

VLACK, S. R. F., CORDANI, U. G. A sistemática Rb/Sr em rochas granitoides: considerações interpretativas, limitações e exemplos brasileiros. *Revista Brasileira de Geociências*, 16 (1): p. 38-53, 1986.

ZIMBRES, E.; MOTOKI, A.; KAWASHITA, K. História do soerguimento regional da Faixa Ribeira com base em datações K/Ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990. Natal. *Anais...*: Natal: 1990. v.6, p.2764 - 2772.

ANEXO

Tabela: Dados referentes aos sítios analisados da Suíte Galiléia.

Número do Sítio	Coordenadas		Foliação (média)		Lineação (média)		Unidade Geológica
	UTM_E	UTM_N	Direção	Mergulho	Direção	Mergulho	
AR-365	212306	7916172	7	33	77	32	Tonalito São Vitor
AR-366	213423	7917166	340	31	91	30	Tonalito São Vitor
AR-367	214242	7917651	314	24	103	13	Tonalito São Vitor
AR-368	219402	7917057	327	44	67	43	Tonalito São Vitor
AR-369	213418	7918629	248	89	248	9	Tonalito São Vitor
AR-370	211750	7916330	13	29	81	27	Tonalito São Vitor
AR-371	211407	7917255	353	30	73	30	Tonalito São Vitor
AR-372	211022	7918375	44	37	208	12	Tonalito São Vitor
AR-373	211655	7918811	20	24	86	22	Tonalito São Vitor
AR-374	212644	7916164	347	32	72	32	Tonalito São Vitor
AR-375	220943	7911828	105	58	267	26	Tonalito São Vitor
AR-376	220739	7911701	346	53	90	52	Tonalito São Vitor
AR-377	223704	7910401	354	75	53	72	Tonalito São Vitor
AR-378	224264	7910986	113	84	156	81	Tonalito São Vitor
AR-379	227290	7905605	356	65	159	33	Tonalito Galiléia
AR-519	232463	7924736	83	69	237	48	Tonalito São Vitor
AR-599	239817	7880775	215	28	342	23	Tonalito Galiléia
AR-600	240363	7879750	180	82	355	35	Tonalito Galiléia
AR-602	240428	7875544	192	73	195	8	Tonalito Galiléia
AR-603	240514	7874762	170	76	242	75	Tonalito Galiléia
AR-651	2442264	7877267	336	78	93	77	Tonalito Galiléia
AR-652	239853	7880580	213	34	357	22	Tonalito Galiléia
AR-653	240219	7879318	196	52	356	24	Tonalito Galiléia
AR-753	238375	7882665	332	71	342	28	Tonalito Galiléia
AR-789	229852	7882212	164	86	180	75	Tonalito Galiléia
AR-790	228815	7881575	176	71	334	47	Tonalito Galiléia
AR-791	229031	7880262	172	80	176	22	Tonalito Galiléia
AR-793	225318	7884550	13	69	172	42	Tonalito Galiléia
AR-795	228595	7885452	198	86	207	66	Tonalito Galiléia
AR-798	222666	7886247	226	75	347	72	Tonalito São Vitor
AR-819	250690	7872978	75	17	213	12	Tonalito Galiléia
AR-822	255817	7871509	142	63	169	41	Tonalito Galiléia
AR-825	258201	7869522	319	63	138	3	Tonalito Galiléia
AR-851	223394	7936706	77	68	105	49	Granito São Vitor
AR-852	231341	7934130	32	72	105	71	Tonalito São Vitor
AR-861	207548	7911335	5	21	123	19	Tonalito São Vitor
AR-868	231658	7934158	211	76	256	70	Tonalito São Vitor
AR-869	205397	7910726	56	21	119	19	Tonalito São Vitor
AR-871	233658	7887966	142	70	273	64	Tonalito Galiléia
AR-872	228609	7891224	347	85	59	85	Tonalito São Vitor
AR-875	257429	7870516	152	64	325	14	Tonalito Galiléia
AR-985	253823	7931529	315	47	77	43	Tonalito Galiléia
AR-986	253659	7931646	348	52	119	44	Tonalito Galiléia
AR-987	251891	7937766	319	15	57	15	Tonalito Galiléia
AR-988	254123	7939014	326	69	17	63	Tonalito Galiléia
AR-989	252514	7937027	346	43	115	36	Tonalito Galiléia
AR-991	244315	7935209	141	13	206	12	Tonalito Galiléia
AR-992	243926	7935376	75	34	206	27	Tonalito Galiléia
AR-993	243478	7935715	135	30	194	27	Tonalito Galiléia
AR-994	243539	7936798	171	51	189	21	Tonalito Galiléia

AR-997	240339	7940516	308	76	319	36	Tonalito Galiléia
AR-998	242130	7941711	356	80	139	73	Tonalito Galiléia
AR-999	233374	7946386	357	69	26	51	Tonalito São Vitor
AR-1000	233306	7946602	322	59	1	46	Tonalito São Vitor
AR-1001	241918	7921397	268	62	278	20	Tonalito Galiléia
AR-1002	241367	7922308	221	8	281	7	Tonalito Galiléia
AR-1003	241038	7921340	352	25	143	13	Tonalito Galiléia
AR-1004	252484	7923184	288	67	36	66	Tonalito Galiléia
AR-1005	252003	7923229	283	66	292	19	Tonalito Galiléia
AR-1006	249089	7921660	121	39	124	2	Tonalito Galiléia
AR-1007	249284	7921414	156	72	327	26	Tonalito Galiléia
AR-1008	247955	7921175	4	79	130	76	Tonalito Galiléia

Dados obtidos no projeto de iniciação científica realizado nos anos de 2006 e 2007 (cor preta) e dados adquiridos durante a realização do trabalho de formatura (cor azul), a integração destes é apresentada nos mapas em anexo.

MAPA DE FOLIAÇÃO MAGNÉTICA

LEGENDA

Cenozóico

- QHa Aluvião
- QHT Terraços aluvionares
- TQ Coberturas detrito-lateríticas

Paleozóico

- eEI Granito Laranjeiras
- Eopm Granito Palmeiras
- eEc Granito Caladão
- eEpp Charnokito Padre Paraíso

Neoproterozóico

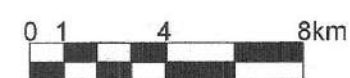
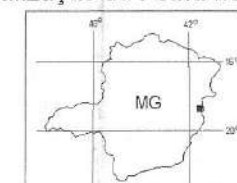
- Njr Granito José Rodrigues
- Nu Granito Urucum
- Np Granito Palmital
- Non Granito Córrego da Onça
- Nr Granito do Rapa
- Nbv Granodiorito Boa Vista
- Ng Tonalito Galiléia
- Nsv Tonalito São Vitor
- Ncv Tonalito Cuieté Velho
- Nd Tonalito Derribadinha
- Njp Fm. João Pinto
- Npl Fm. Palmital do Sul
- Nst3 Fm. São Tomé
- Nt Fm. Tumiritinga

Paleoproterozóico/Arqueano

- APpc Complexo Pocrane

Foliação Magnética

Localização da Folha no Estado



Modificado das Cartas Geológicas folhas: SE.24-Y-C-II - Conselheiro Pena, SE.24-Y-C-I - Itanhomi, SE.23-Y-A-IV - Governador Valadares e SE.24-Y-A-V - Itabirinha de Mantena, CPRM - 2000; por Alexandra F. Oliveira (TF/02-08, IGc-USP).

MAPA DE LINEAÇÃO MAGNÉTICA

LEGENDA

Cenozóico

QHa

Aluvião

Qht

Terraços aluvionares

TQ

Coberturas detrito-lateríticas

Paleozóico

eEl

Granito Laranjeiras

Eopm

Granito Palmeiras

eEc

Granito Caladão

eEpp

Charnokito Padre Paraíso

Neoproterozóico

Njr

Granito José Rodrigues

Nu

Granito Urucum

Np

Granito Palmital

Non

Granito Córrego da Onça

Nr

Granito do Rapa

Nbv

Granodiorito Boa Vista

Ng

Tonalito Galiléia

Nsv

Tonalito São Vítor

Ncv

Tonalito Cuieté Velho

Nd

Tonalito Derribadinha

Njp

Fm. João Pinto

Npl

Fm. Palmital do Sul

Nst3

Fm. São Tomé

Nt

Fm. Tumiritinga

Paleoproterozóico/Arqueano

APpc

Complexo Pocrane

Lineação Magnética

Localização da Folha no Estado



MAPA DE LOCALIZAÇÃO

LEGENDA

Cenozóico

- QHa Aluvião
- QHT Terraços aluvionares
- TQ Coberturas detrito-lateríticas

Paleozóico

- eEl Granito Laranjeiras
- Eopm Granito Palmeiras
- eEc Granito Caladão
- eEpp Charnokito Padre Paraíso

Neoproterozóico

- Njr Granito José Rodrigues
- Nu Granito Urucum
- Np Granito Palmital
- Non Granito Córrego da Onça
- Nr Granito do Rapa
- Nbv Granodiorito Boa Vista
- Ng Tonalito Galiléia
- Nsv Tonalito São Vitor
- Ncv Tonalito Cuieté Velho
- Nd Tonalito Derribadinha

- Njp Fm. João Pinto
- Npl Fm. Palmital do Sul
- Nst3 Fm. São Tomé
- Nt Fm. Tumiritinga

Paleoproterozóico/Arqueano

- APpc Complexo Pocrane

-  Drenagem Principal
-  Afloramento amostrado

Localização da Folha no Estado



Modificado de Cartas Geológicas folhas: SE.24-Y-C-II - Conselheiro Pena, SE.24-Y-C-I - Itanhomi, SE.23-Y-A-IV - Governador Valadares e SE.24-Y-A-V - Itabirinha de Mantena, CPRM - 2000; por Alexandra F. Oliveira (TF/02-08, IGC-USP).

