



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Geologia


Sheila Fabiana Marcelino de Souza

**Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira
na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont,
sudeste de Minas Gerais**

Rio de Janeiro
2008

Sheila Fabiana Marcelino de Souza

**Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira
na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont,
sudeste de Minas Gerais**



Tese apresentada, como requisito para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias e Faixas Móveis.

Orientadora: Prof.^a Dra. Beatriz Paschoal Duarte

Coorientador: Prof. Dr. José Renato Nogueira

Rio de Janeiro

2008

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S729 Souza, Sheila Fabiana Marcelino de.
Geocronologia U-PB SRIMP do complexo
Mantiqueira na região entre Juiz de Fora e Santos
Dumont, sudeste de Minas Gerais / Sheila Fabiana
Marcelino de Souza. – 2008.
207 f. il.

Orientadora: Beatriz Paschoal Duarte.
Coorientador: José Renato Nogueira.
Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio
de Janeiro, Faculdade de Geologia.
Bibliografia

1. Tempo geológico – Teses. 2. Geoquímica – Minas
Gerais (MG) - Teses. 3. Petrologia – Minas Gerais (MG) –
Teses. I. Duarte, Beatriz Paschoal. II. Nogueira, José
Renato. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Faculdade de Geologia. IV. Título.

CDU 550.93(815.1)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese.

Assinatura

Data

Sheila Fabiana Marcelino de Souza

**Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira
na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont,
sudeste de Minas Gerais**

Tese apresentada, como requisito para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias e Faixas Móveis

Aprovada em 29 de setembro de 2008.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Beatriz Paschoal Duarte (Orientadora)
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof.^a Dra. Mônica da Costa Pereira Lavalle Heilbron
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof.^a Dra. Cláudia Sayão Valladares
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes
Faculdade de Geologia da UERJ

Rio de Janeiro
2008

DEDICATÓRIA

Esta tese é dedicada a minha mãe
Maria das Dores, ao meu pai Dinamérico (em memória) e
a minha irmã Tasmania, que são meu porto seguro.

E aos meus sobrinhos,
Emilly Vitória & Matheus Guilherme.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente,

A Deus, presença constante e muito importante em minha vida, que me ajudou a ultrapassar todos os obstáculos e atribulações que surgiram.

A minha mãe e minha irmã pelo apoio, presença constante e certeza de que sempre estariam comigo houvesse o que houvesse.

Ao meu pai (*in memoriam*) por seu apoio incondicional, e a onde quer que ele esteja sei que está orgulhoso pois está vendo que sua amada filha está terminando mais uma etapa em sua vida. Obrigada meu pai.

A Emily Vitória e Matheus Guilherme que com seu sorriso e seu amor inocente me motivou durante esta caminhada.

As minhas tias, primos e aos amigos pelo apoio, presença e amizade, mesmo quando distantes, em especial a Tia Nininha, Cristiane e Jeane.

A Siana pela sua amizade, por sua presença constante, pelos momentos de descontração em períodos difíceis e por suas palavras de incentivo e por seu apoio durante a tese.

A todos meus amigos da pós-graduação, sem nomes para não cometer um sacrilégio e esquecer alguém, a amizade de vocês, o carinho e o apoio foram muito importante pra mim.

A Prof. Beatriz Paschoal por sua amizade e voto de confiança depositado a minha pessoa. Por seus ensinamentos, sua orientação, sua compreensão na realização deste trabalho e por nunca ter desistido de mim.

Ao Prof. Richard Armstrong por ter me orientado e me acolhido com tanto carinho e dedicação no Programa de Doutorado com Estágio no Exterior (PDEE).

A Brenda Armstrong por ter me recebido de braços abertos, e ter me ajudado simplesmente por que podia.

Ao corpo docente do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Geologia/ UERJ que ampliou o meu conhecimento na minha área de estudo.

Aos funcionários da Pós-graduação da Faculdade de Geologia/ UERJ por toda ajuda e zelo que tiveram comigo em especial a Edna e ao Diogo.

A Rosalva, Miguel, Jorginho e Celso, funcionários do Laboratório de Preparação de Amostras (LGPA), pela ajuda na preparação das amostras.

A Evânia, Thiago e Bruno funcionários do LET, por todas as vezes que me ajudaram, sem nunca negar um pedido meu.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro proporcionado a esta pesquisa.

A Capes pelo auxílio financeiro, proporcionando meu estágio no exterior graças ao seu programa PDEE.

RESUMO

SOUZA, Sheila Fabiana Marcelino de. **Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont, sudeste de Minas Gerais**. 2008. 207 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

O Orógeno Ribeira representa um cinturão de dobramentos e empurrões, gerado no Neoproterozóico/Cambriano, durante a Orogênese Brasileira, na borda sul/sudeste do Cráton do São Francisco e compreende quatro terrenos tectono-estratigráficos: 1) o Terreno Ocidental, interpretado como resultado do retrabalhamento do paleocontinente São Francisco, é constituído de duas escamas de empurrão de escala crustal (Domínios Andrelândia e Juiz de Fora); 2) o Terreno Oriental representa uma outra microplaca e abriga o Arco Magmático Rio Negro; 3) o Terreno Paraíba do Sul, que constitui-se na escama superior deste segmento da faixa; e 4) o Terreno Cabo Frio, cuja docagem foi tardia, ocupa pequena área no litoral norte do estado do Rio de Janeiro. Em todos os diferentes compartimentos do segmento central da Faixa Ribeira podem ser identificadas três unidades tectono-estratigráficas: 1) unidades pré-1,8 Ga. (ortognaisses e ortogranulitos do embasamento); 2) rochas metassedimentares pós-1,8 Ga; e 3) granitóides/charnockitóides brasileiros. O Complexo Mantiqueira é composto por ortognaisses migmatíticos, tonalíticos a graníticos, e anfibolitos associados, constitui o embasamento pré-1,8 Ga das rochas da Megassequência Andrelândia no domínio homônimo do Terreno Ocidental. Foram integrados 68 dados litogeoquímicos dentre ortognaisses e metabasitos do Complexo Mantiqueira. As rochas dessa unidade pertencem a duas séries distintas: série calcioalcalina (rochas intermediárias a ácidas); e série transicional (rochas básicas, ora de afinidade toleítica, ora alcalina). Com base em critérios petrológicos, análise quantitativa e em valores $[La/Yb]_N$, verificou-se que o Complexo Mantiqueira é bastante heterogêneo, incluindo diversos grupos petrogeneticamente distintos. Dentre as rochas da série transicional, foram identificados 2 conjuntos: 1) rochas basálticas toleíticas, com $[La/Yb]_N$ entre 2,13 e 4,72 (fontes do tipo E-MORB e/ou intraplaca); e 2) rochas basálticas de afinidade alcalina, com $[La/Yb]_N$ entre 11,79 e 22,78. As rochas da série calcioalcalina foram agrupadas em cinco diferentes conjuntos: 1) ortognaisses migmatíticos quartzo dioríticos a tonalíticos, com $[La/Yb]_N$ entre 11,37 e 38,26; 2) ortognaisses bandados de composição quartzo diorítica a granodiorítica, com $[La/Yb]_N$ entre 4,35 e 9,28; 3) ortognaisses homogêneos de composição tonalítica a granítica, com $[La/Yb]_N$ entre 16,57 e 38,59; 4) leucognaisses brancos de composição tonalítica/trondhjemítica a granítica, com $[La/Yb]_N$ entre 46,69 e 65,06; e 5) ortognaisse róseo porfiroclástico de composição tonalítica a granítica, com $[La/Yb]_N$ entre 82,70 e 171,36. As análises geocronológicas U-Pb SHRIMP foram realizadas no *Research School of Earth Science* (ANU/Canberra/Austrália). Foram obtidas idades paleoproterozóicas para as rochas das duas séries identificadas, interpretadas como a idade de cristalização dos protólitos magmáticos desses gnaisses e metabasitos. Os resultados obtidos mostram uma variação de idades de cristalização de 2139 ± 35 a $2143,4 \pm 9,4$, para as rochas da série transicional, e de $2126,4 \pm 8$ a $2204,5 \pm 6,7$, para aquelas da série calcioalcalina. Dentre todas as amostras estudadas, apenas a amostra JF-CM-516IV forneceu dados discordantes de idades arqueanas (2929 ± 16 Ma),

interpretados como dados de herança. Contudo, evidências dessa herança semelhantes a esta são observadas em outras amostras. Ambas as séries também apresentaram idades de metamorfismo neoproterozóico, no intervalo de 548 ± 17 Ma a $590,5 \pm 7,7$ Ma que é consistente com o metamorfismo M1 (entre 550 e 590 Ma), contemporâneo à colisão entre os Terrenos Ocidental e Oriental do setor central da Faixa Ribeira (Heilbron, 1993 e Heilbron *et al.*, 1995).

Palavras-chave: Faixa Ribeira. Complexo Mantiqueira. SIMS. U-Pb. SHRIMP

ABSTRACT

The Ribeira Orogen is a complex orogenic belt developed during the Brasiliano Orogeny, along the southern and southeastern borders of the São Francisco Craton, and is subdivided into four tectono-stratigraphic terranes: 1) the Occidental Terrane, taken as the reworked margin of São Francisco paleocontinent, displays an internal tectonic organization with two crustal scale thrust sheets (Andrelândia and Juiz de Fora); 2) the Oriental Terrane, comprises another cratonic block or microplate and includes the Rio Negro magmatic arc; 3) the Paraíba do Sul Terrane, which comprises the uppermost thrust slice of the central segment of the belt; and 4) the Cabo Frio Terrane, which occupies a restrict area at the coast of Rio de Janeiro State, records a late docking event. Within all the forementioned terranes, it can be identified three litho-tectonic units: pre-1.8 Ga basement units (orthogneisses and orthogranulites); 2) post-1.8 Ga supracrustal rocks; and 3) brasiliano granitoids and charnockitoids. Mantiqueira Complex comprises a great variety of tonalitic to granitic orthogneisses and minor orthoamphibolites. This unit comprises the basement rocks of the Andrelândia Megasequence within the Andrelândia tectonic domain. Litho-geochemical data of 68 samples, including orthogneisses and metabasites, indicate that the Mantiqueira Complex comprises two different series: calcalkaline series (intermediate to acid calcalkaline rocks); and transicional series (alkaline to tholeiitic basic rocks). Based on petrological criteria, quantitative analysis and $[La/Yb]_N$ values, it was possible to verify that the Mantiqueira Complex is heterogeneous and includes many petrogenetic groups. The transicional series comprises two groups: 1) tholeiitic basic rocks, with $[La/Yb]_N$ between 2,13 and 4,72 (E-MORB and/or Intraplate type); and 2) alkaline basic rocks, with $[La/Yb]_N$ between 11,79 and 22,78. The calcalkaline rocks of the Mantiqueira Complex may be grouped into five different petrogenetic groups: 1) migmatitic quartz dioritic to tonalitic orthogneisses, with $[La/Yb]_N$ between 11,37 and 38,26; 2) banded quartz dioritic to granodioritic orthogneisses, with $[La/Yb]_N$ between 4,35 and 9,28; 3) tonalitic to granitic homogeneous orthogneisses, with $[La/Yb]_N$ between 16,57 and 38,59; 4) white tonalitic/trondhjemitic to granitic leucogneisses, with $[La/Yb]_N$ between 46,69 and 65,06; and 5) pinkish orthogneiss of tonalitic to granitic composition and $[La/Yb]_N$ between 82,70 and 171,36. U-Pb SHRIMP geochronological analysis were performed at the *Research School of Earth Science (ANU/Canberra/Australia)*. Paleoproterozoic ages, interpreted as protoliths cristalization ages, were obtained for rocks from both the calcalkaline and transicional series. Obtained results display a range of cristalization ages from 2139 ± 35 to $2143,4 \pm 9,4$, to the rocks of the transicional series, and from $2126,4 \pm 8$ to $2204,5 \pm 6,7$, for those of the calcalkaline one. Among all studied rocks, only one (sample JF-CM-516 IV) yielded discordant archean zircons (2929 ± 16 Ma), interpreted as inherited ones. However, evidences of archean zircons were obtained from zircons of other samples. All studied samples record a neoproterozoic metamorphic event in the interval from 548 ± 17 Ma to $590,5 \pm 7,7$ Ma, which is consistent with the M1 metamorphic event (from 550 to 590 Ma), contemporaneous to the main collision of the central segment of Ribeira Belt (collision between the Occidental and Oriental Terranes (Heilbron, 1993 e Heilbron *et al.*, 1995).

Keywords: Ribeira Belt. Mantiqueira Complex. SIMS. U-Pb. SHRIMP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa rodoviário da porção sudeste do Brasil com a localização da área de estudo	22
Figura 2 - Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira (extraídos de Heilbron <i>et al.</i> , 2004).....	26
Figura 3 - Mapa tectônico do Segmento central do Sistema Orogênico Mantiqueira (extraído de Heilbron <i>et al.</i> , 2000).....	29
Figura 4 - Mapa geológico simplificado do Orógeno Ribeira, extraído de Heilbron <i>et al.</i> , 2004.....	32
Figura 5 - Perfis estruturais transversais ao Orógeno Ribeira, compilado de Heilbron <i>et al.</i> (2004). Legenda como na Figura 4.....	33
Figura 6 - Exposições em pedreiras: a) inativa (Pedreira da “Groenlândia” - Ponto JF-CM-564); e b) ativa (Pedreira Santo Cristo - Ponto JF-CM-585).....	48
Figura 7 - Hornblenda gnaisse do Complexo Mantiqueira (Pedreira de Barreira do Triunfo - Ponto JF-CM-29).....	49
Figura 8 - Bandas de rocha básica anfibolítica do Complexo Mantiqueira (Pedreira de Barreira do Triunfo - Ponto JF-CM-29).....	50
Figura 9 - Rocha básica anfibolítica injetado por leucossoma com hornblenda grossa do Complexo Mantiqueira (Pedreira de Barreira do Triunfo - Ponto JF-CM-29).....	50
Figura 10 - Hornblenda gnaisse com intercalação de lente anfibolítica do Complexo Mantiqueira (Corte de estrada na BR-040 - Ponto JF-CM-30).....	51
Figura 11 - Biotita gnaisse bandado do Complexo Mantiqueira (Ponto JF-CM-190).....	52
Figura 12 - Hornblenda gnaisse bandado do Complexo Mantiqueira (Pedreira da “Groenlândia” - Ponto JF-CM-516).....	53
Figura 13 - Bandas de rocha básica anfibolítica do Complexo Mantiqueira (Ponto JF-CM-564).....	54
Figura 14 - Corpo intrusivo de Leucossomas brancos com várias enclaves métricos de rocha básica do Complexo Mantiqueira (Pedreira da “Groenlândia” - Ponto JF-CM-516).....	54
Figura 15 - Biotita gnaisse fino com injeções graníticas rosadas (Pedreira Santo Cristo Ponto 585).....	55
Figura 16 - Diagrama SiO ₂ x Álcalis (Irvine & Baragar, 1971) com plote das amostras do Complexo Mantiqueira.....	58
Figura 17 - Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) com plote das amostras do Complexo Mantiqueira.....	59
Figura 18 - Diagramas de Harker para elementos maiores com plote de toda a população de amostras do Complexo Mantiqueira. As equações lineares e polinomiais e os valores de R ² são mostrados em cada gráfico.....	61
Figura 19 - Diagramas de Harker para elementos maiores com plote das amostras de rochas básicas transicionais do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de R ² são mostrados em cada gráfico.....	62

Figura 20 -	Diagramas de Harker para elementos maiores com plote das amostras de rochas intermediárias a ácidas de afinidade calcioalcalina do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de R^2 são mostrados em cada gráfico..	63
Figura 21 -	Diagramas de Harker para elementos traços com plote de toda a população de amostras do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de R^2 são mostrados em cada gráfico.....	67
Figura 22 -	Diagramas de Harker para elementos traços com plote das amostras de rochas básicas transicionais do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de R^2 são mostrados em cada gráfico.....	68
Figura 23 -	Diagramas de Harker para elementos traços com plote das amostras de rochas calcioalcalinas do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de R^2 são mostrados em cada gráfico.....	69
Figura 24 -	Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 1 da série transicional.....	77
Figura 25 -	Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 2 da série transicional.....	78
Figura 26 -	Mapa de localização das amostras da suíte 1 da série calcioalcalina.....	80
Figura 27 -	Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 1 da série calcioalcalina.	81
Figura 28 -	Mapa de localização das amostras da suíte 2 da série calcioalcalina.....	82
Figura 29 -	Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para suíte 2 da série calcioalcalina.	83
Figura 30 -	Mapa de localização das amostras da suíte 3 da série calcioalcalina.....	84
Figura 31 -	Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 3 da série calcioalcalina.	85
Figura 32 -	Mapa de localização das amostras da suíte 4 da série calcioalcalina.	86
Figura 33 -	Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 4 da série calcioalcalina	87
Figura 34 -	Mapa de localização das amostras da suíte 5 da série calcioalcalina.....	88
Figura 35 -	Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 5 da série calcioalcalina.....	89

Figura 36 -	Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para as amostras JF-CM-231A e JF-CM-369C da série calcioalcalina.....	90
Figura 38 -	Decaimento do U^{238} para o Pb^{206} (Faure, 1986).....	95
Figura 39 -	Decaimento do U^{235} para o Pb^{207} (Faure, 1986)	95
Figura 40 -	Decaimento do Th^{232} para o Pb^{208} (Faure, 1986)	96
Figura 41 -	Diagrama concórdia com três zircões plotados em um intervalo de 3Ga a 4Ga (discórdia): o sistema cristalizou em 4Ga e o sistema abriu devido a um evento metamórfico, em 3Ga gerando perda de Pb.....	98
Figura 42 -	Zircão mostrando várias zonas de diferentes idades.....	99
Figura 43 -	Imagens de catodo-luminescência de zircões internamente heterogêneos: a) zircão ígneo com zoneamento simples; e b) zircão metamórfico de estrutura interna complexa. Sob o microscópio eletrônico (luz transmitida) ambos os zircões mostram-se homogêneos.....	100
Figura 44 -	Esquema mostrando o processo de ionização da amostra.....	101
Figura 45 -	Esquema mostrando o processo de ionização da amostra. Diagrama esquemático do Shrimp II (Williams, 1998), com fotos detalhadas dos principais elementos.....	106
Figura 46 -	Coleta de amostras (30 kg para rochas ácidas e 50 kg para rochas básicas)	108
Figura 47 -	Redução no tamanho da amostra através de: A) Britador de mandíbulas; e B) Moinho de discos.....	110
Figura 48 -	Imersão do concentrado em bromofórmio.....	111
Figura 49 -	Separador Magnético Frantz.....	112
Figura 50 -	Desenho esquemático das montagens.....	113
Figura 51 -	Imagens da amostra JF-CM-564II, na montagem Z5077, em: A) Luz transmitida, B) Luz refletida; e C) Catodo-luminescência.....	114
Figura 52 -	Mapa da montagem Z5081, utilizado na localização dos grãos de zircão.....	115
Figura 53 -	Microsonda Iônica de Alta Resolução (SHRIMP – <i>Sensitive High Resolution Ion MicroProbe</i>) do <i>Research School of Earth Science/ANU/ Canberra-Austrália</i>	116
Figura 54 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-577H.	121
Figura 55 -	Diagrama de concórdia da amostra JF-CM-577H. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	124
Figura 56 -	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-577H. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	124
Figura 57 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-585II.....	126
Figura 58 -	Diagrama de concórdia da amostra JF-CM-585II.....	128
Figura 59 -	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-585II. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	128
Figura 60 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-516III.....	131

Figura 61 -	Diagrama de concórdia da amostra JF-CM-516III. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	134
Figura 62 -	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-516III. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	134
Figura 63 -	Anfibolito maciço e lenticular (Ponto JF-CM-29).....	135
Figura 64 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-29I.....	137
Figura 65 -	Diagrama de concórdia da amostra JF-CM-29I.....	139
Figura 66 -	Detalhe do intercepto inferior no diagrama de concórdia da amostra JF-CM-29I. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	139
Figura 67 -	Hornblenda gnaissé migmatítico (Ponto JF-CM-29I).....	140
Figura 68 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-29II.....	142
Figura 69 -	Diagrama de concórdia da amostra JF-CM-29II. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 63% e o da idade, de 95%.....	145
Figura 70 -	Hornblenda gnaissé (Ponto JF-CM-30).....	146
Figura 71 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-29II.....	148
Figura 72 -	Diagrama de concórdia da amostra JF-CM-30A.....	150
Figura 73 -	Detalhe do intercepto inferior no diagrama de concórdia da amostra JF-CM-30A. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	150
Figura 74 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-29II.....	152
Figura 75 -	Diagrama de concórdia da amostra JF-CM-30B. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	154
Figura 76 -	Hornblenda leucognaissé (ponto JF-CM-564).....	155
Figura 77 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-564IV....	157
Figura 78 -	Diagrama de concórdia de toda população de análises da amostra JF-CM-564IV.....	160
Figura 79 -	Detalhe do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-564IV. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 63% e o da idade, de 95%.....	160
Figura 80 -	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-564IV. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 63% e o da idade, de 95%.....	161
Figura 81 -	Diagrama de concórdia da amostra JF-CM-564IV para as análises com idade arqueana. A) idades de intercepto superior com regressão “forçada” utilizando o mesmo intercepto inferior do grupo principal; B) idade de intercepto superior com regressão “livre”	161
Figura 82 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-58A.....	163
Figura 83 -	Diagrama de concórdia de toda população de análises da amostra JF-CM-58A. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	165
Figura 84 -	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-58A. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	165
Figura 85 -	Hornblenda Leucognaissé (Ponto JF-CM-516).....	166

Figura 86 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-58A.....	168
Figura 87 -	Diagrama de concórdia de toda população de análises da amostra JF-CM-516IV.....	170
Figura 88 -	Detalhe do intercepto superior do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-516IV. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	170
Figura 89 -	Detalhe do intercepto superior do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-516IV. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	171
Figura 90 -	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-516IV. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	171
Figura 91 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-585I.....	173
Figura 92 -	Diagrama de concórdia de toda população de análises da amostra JF-CM-585I.....	175
Figura 93 -	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-585I. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e o da idade, de 95%.....	175
Figura 94 -	Biotita gnaisse bandado (Ponto JF-CM-190).....	176
Figura 95 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-190E.....	178
Figura 96 -	Diagrama de concórdia de toda população de análises da amostra JF-CM-190E.....	181
Figura 97 -	Detalhe do diagrama de concórdia da amostra JF-CM-190E. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e da idade, de 95%.....	181
Figura 98 -	Detalhe do intercepto inferior do diagrama de concórdia de detalhe da amostra JF-CM-190E. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e da idade, de 95%.....	182
Figura 99 -	Biotita gnaisse bandado (Ponto JF-CM-564).....	183
Figura 100 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-29I.....	185
Figura 101 -	Diagrama da concórdia da amostra JF-CM-564II. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e a da idade de 95%.....	188
Figura 102 -	Imagens de catodo-luminescência da amostra JF-CM-577G...	190
Figura 103 -	Diagrama da concórdia da amostra JF-CM-577G. Grau de confiabilidade dos polígonos de erro é de 68,3% e a da idade de 95%.....	193
Figura 104 -	Compilação das idades U-Pb SHRIMP de cristalização obtidas nesta tese para os ortognaisses do Complexo Mantiqueira.....	198
Figura 105 -	Compilação das idades U-Pb SHRIMP de herança arqueana obtidas nesta tese para os ortognaisses do Complexo Mantiqueira.....	199
Figura 106 -	Compilação das idades U-Pb SHRIMP neoproterozóicas obtidas nesta tese para os ortognaisses do Complexo Mantiqueira. M1 – metamorfismo contemporâneo à colisão dos Terrenos Ocidental e Oriental (Heilbron, 1993; Heilbron et al., 1995)	200

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Unidades litoestratigráficas do Segmento Central da Faixa Ribeira (extraído de Heilbron <i>et al.</i> , 2000).....	30
Tabela 2 -	Embasamento e Cobertura do setor central do Orógeno Ribeira (extraído de Heilbron <i>et al.</i> , 2008)	31
Tabela 3 -	Trabalhos Anteriores Referentes ao Complexo Mantiqueira	36
Tabela 4 -	Valores da norma CIPW para as rochas básicas do Complexo Mantiqueira.....	60
Tabela 5 -	Valores dos quadrados do coeficiente de regressão linear e polinomial para os elementos maiores das rochas do Complexo Mantiqueira.....	64
Tabela 6 -	Valores de R^2 para regressões lineares e polinomiais para elementos traços das rochas do Complexo Mantiqueira.....	65
Tabela 7 -	Valores de SiO_2 e razões entre elementos incompatíveis imóveis para as rochas da série calcioalcalina.....	71
Tabela 8 -	Tabela com os valores de SiO_2 , MgO e de razões entre elementos traços incompatíveis imóveis para as rochas da série transicional.....	73
Tabela 9 -	Características Químicas da Suíte 1 da série transicional.....	77
Tabela 10 -	Características Químicas da Suíte 2 da série transicional.....	78
Tabela 11 -	Características Químicas da Suíte 1 da série calcioalcalina...	79
Tabela 12 -	Características Químicas da Suíte 2 da série calcioalcalina...	81
Tabela 13 -	Características Químicas da Suíte 3 da série calcioalcalina...	83
Tabela 14 -	Características Químicas da Suíte 4 da série calcioalcalina...	85
Tabela 15 -	Características Químicas da Suíte 5 da série calcioalcalina...	89
Tabela 16 -	Características Químicas das amostras JF-CM-231A e JF-CM-369C da série calcioalcalina.....	90
Tabela 17 -	Abundância isotópica, meia-vida e constante de decaimento dos principais isótopos de U e Th.....	96
Tabela 18 -	Comparação entre as técnicas SHRIMP e ID-TIMS (extraído de Stern, 1997).....	102
Tabela 19 -	Características Químicas das suítes/grupos do Complexo Mantiqueira.....	107
Tabela 20 -	Amostras coletadas para geocronologia U-Pb por SHRIMP....	109
Tabela 21 -	Correlação entre as amostras utilizadas na análise U-Pb SHRIMP neste trabalho e no trabalho de Duarte (1998) e suas respectivas séries e suítes.....	119
Tabela 22 -	Tabela 22 – Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-577H.	122
Tabela 23 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-585II.....	127
Tabela 24 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-516III.....	132
Tabela 25 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-29I.....	138
Tabela 26 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da	143

	amostra JF-CM-29II.....	
Tabela 27 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-30A.....	149
Tabela 28 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-30B.....	153
Tabela 29 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-564IV.	158
Tabela 30 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-58A.....	164
Tabela 31 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-516IV.	169
Tabela 32 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-585I.....	174
Tabela 33 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-190E.....	179
Tabela 34 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-564II.....	186
Tabela 35 -	Resultados obtidos na análise U-Pb SHRIMP de zircão da amostra JF-CM-577G.	191
Tabela 36 -	Idade de metamorfismo, cristalização e de heranças obtidas nesta tese para o Complexo Mantiqueira.....	197

SUMÁRIO

	APRESENTAÇÃO DA PESQUISA.....	18
1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	19
1.1	Método de Trabalho.....	23
2	REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS.....	26
2.1	Inserção do Estudo no Contexto Geotectônico.....	26
2.2	Revisão Bibliográfica sobre o Complexo Mantiqueira.....	34
2.2.1	<u>Trabalhos Anteriores.....</u>	34
2.3	<u>Caracterização do Complexo Mantiqueira.....</u>	46
3	O COMPLEXO MANTIQUEIRA NA REGIÃO DE JUIZ DE FORA... ..	48
3.1	Geologia de Campo.....	49
3.2	Compilação e Integração de Dados Litogeoquímicos.....	56
3.2.1	<u>Litogeoquímica do Complexo Mantiqueira com base em Duarte (1998) e Nogueira (1999).....</u>	56
3.2.2	<u>Petrologia do Complexo Mantiqueira.....</u>	57
3.2.2.1	Abordagem para elementos maiores.....	57
3.2.2.2	Abordagem para elementos traços.....	65
3.2.2.3	Abordagem para elementos terras raras.....	70
3.2.3	<u>Resultados da análise dos diagramas de integração.....</u>	76
3.2.3.1	Rochas da Série Transicional.....	76
3.2.3.2	Rochas intermediárias à ácidas calcioalcalinas.....	78
4	GEOCROLOGIA U-PB POR SHRIMP DO COMPLEXO MANTIQUEIRA.....	92
4.1	Revisão Bibliográfica sobre a Geocronologia do Complexo Mantiqueira.....	92
4.2	Análise e Datação U-Pb em Zircão por SHRIMP.....	93
4.2.1	<u>Princípio Químico.....</u>	93
4.2.2	<u>Utilização do Zircão.....</u>	98
4.2.3	<u>A Técnica Analítica SIMS.....</u>	99
4.2.4	<u>Justificativa da Opção por SIMS.....</u>	103
4.2.5	<u>A Microsonda Iônica de Alta Resolução.....</u>	104
4.3	Procedimentos e Métodos de Análise e Datação U-Pb em Zircão por SHRIMP para as rochas do Complexo Mantiqueira....	107
4.3.1	<u>Seleção de Litotipos para a Geocronologia U-Pb (SHRIMP).....</u>	107

4.3.2	<u>Coleta de Amostras</u>	107
4.3.3	<u>Preparação de Amostras e Separação Mineral</u>	109
4.3.4	<u>Seleção e Montagem dos Grãos de Zircão</u>	112
4.3.5	<u>Imageamento da montagem</u>	114
4.3.6	<u>Análise U,Th-Pb das amostras no SHRIMP</u>	116
4.3.6.1	A Microsonda Iônica de Alta Resolução (<i>Sensitive Hgh-Resolution Ionic Microprobe – SHRIMP</i>) da <i>Australian National University</i>	116
4.3.6.2	O Parâmetro Estatístico MSWD.....	117
4.3.6.3	Condições Analíticas e Tratamento dos Dados.....	117
4.4	Dados Geocronológicos U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira	118
4.4.1	<u>Introdução</u>	118
4.4.2	<u>Petrografia e Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira</u>	119
5	CONCLUSÃO: EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DO COMPLEXO MANTIQUEIRA	195
5.1	Comparação com Dados Prévios de Geocronologia	195
5.2	Integração dos Novos Dados Geocronológicos U-Pb SHRIMP ..	196
	REFERÊNCIAS	201
	ANEXO A – Mapa de Pontos	
	ANEXO B – Composição Química das Rochas do Complexo Mantiqueira	
	ANEXO C – Método de Regressão.	
	ANEXO D – Descrições Petrográficas (Compilação Duarte, 1998)	
	ANEXO E – Tabela Descritiva dos Zircões com Posição dos Spots	