

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia

Ingridy da Silva Nicomedes

**RELAÇÕES ESTRUTURAIS ENTRE O ORÓGENO ARAÇUAÍ E O GRUPO
BAMBUÍ E DATAÇÃO DAS ZONAS DE FALHAS RELACIONADAS NAS
REGIÕES DA SERRA DO CIPÓ E LAPINHA DA SERRA, MG**

Belo Horizonte

2024

Ingridy da Silva Nicomedes

**RELAÇÕES ESTRUTURAIS ENTRE O ORÓGENO ARAÇUAÍ E O GRUPO
BAMBUÍ E DATAÇÃO DAS ZONAS DE FALHAS RELACIONADAS NAS
REGIÕES DA SERRA DO CIPÓ E LAPINHA DA SERRA, MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Geologia Regional.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício de Andrade Caxito

Belo Horizonte

2024

N656r
2024

Nicomedes, Ingridy da Silva.

Relações estruturais entre o Orógeno Araçuaí e o Grupo Bambuí e datação das zonas de falhas relacionadas nas regiões da Serra do Cipó e Lapinha da Serra, MG [manuscrito] / Ingridy da Silva Nicomedes. – 2024.
175 f., enc. il. (principalmente color.)

Orientador: Fabrício de Andrade Caxito.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2024.

Área de concentração: Geologia Regional.

Bibliografia: f. 119-130.

Inclui apêndices e anexos.

1. Tempo geológico – Teses. 2. Falhas (Geologia) – Brasil, Sudeste – Teses. 3. Cisalhamento – Teses. I. Caxito, Fabrício de Andrade. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 550.93(815):551.243.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DO IGC-UFMG



FOLHA DE APROVAÇÃO

Relações estruturais entre o Orógeno Araçuaí e o Grupo Bambuí e datação das zonas de falhas relacionadas nas regiões da Serra do Cipó e Lapinha da Serra, MG.

Ingridy da Silva Nicomedes

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOLOGIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre(a) em GEOLOGIA, área de concentração GEOLOGIA REGIONAL, pelo Programa de Pós-graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

Aprovada em 11 de abril de 2024, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Dr. Fabrício de Andrade Caxito – Orientador
UFMG

Prof. Dr. Alexandre Uhlein
UFMG

Profa. Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto
UNB

Belo Horizonte, 11 de abril de 2024.

Aos que sempre fizeram parte da construção do afeto em minha trajetória:
Ivonilde, Ivan e Igor

AGRADECIMENTOS

“Deus lutou para ser único. Conseguiu ser o de cada um”. Nessa singularidade, agradeço por cada momento de conexão, em que a espiritualidade me trouxe de volta para mim e me permitiu confiar na minha própria sabedoria.

Aos meu pais, Ivonilde (*in memoriam*) e Ivan, e ao meu irmão Igor (*in memoriam*), que com afeto e coragem se dispõem a navegar com as velas abertas quando se trata de amar e seguir os próprios sonhos. Vocês são parte do propósito ♥.

Às minhas avós, Nilda (*in memoriam*) e Josefa, e aos meus avôs, Adagildo (*in memoriam*) e Ivo (*in memoriam*), por todo trabalho, amor e por demonstrarem ao longo da minha criação que nossos passos vem de longe. Aos demais integrantes da minha família, muito obrigada pelo apoio!

Ao Fabrício de Andrade Caxito, doutor, pesquisador, professor e meu orientador, que possibilitou desde o princípio a evolução e construção de cada detalhe da nossa pesquisa.

À Pró-reitoria de Pós-graduação (PRPg) da UFMG e ao Programa de Pós-graduação em Geologia do Instituto de Geociências (IGC) da UFMG pelo apoio.

Este trabalho foi apoiado pelo CNPq-Brasil através dos projetos n.º. 408815/2021-3 e 304509/2021-3, e pelo Instituto Serrapilheira por meio do Projeto “*MOBILE: Mountain Belts and the Inception of Complex Life on Earth* (geolifemobile.com)”, grant n.º. Serra-1912-31510. A autora e os co-autores dos trabalhos vinculados a essa dissertação fazem parte do Instituto GeoAtlântico, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia, processo CNPq-Brasil nb. 405653/2022-0.

Ao Instituto Serrapilheira pelo apoio através do Bônus Diversidade vinculado ao Projeto *MOBILE*, que forneceu suporte financeiro através de bolsa de mestrado no semestre final do trabalho e apoio para a realização do treinamento técnico em separação e montagem de minerais para geocronologia nos laboratórios do Serviço

Geológico do Brasil (SGB) no Rio de Janeiro. Ao Dr. Carlos Ganade e ao Vicente Moura, pela recepção e ensinamentos no SGB.

À UFMG e aos funcionários do CPMTC, em especial Carlos, Denise, Jhonny, Tati, Stenio e HÉlvio pela confecção das lâminas, seções polidas, uso do microscópio e momentos de descontração. Ao William Campos, secretário da pós-graduação, por todo apoio logístico e aos funcionários do IGC-UFMG, em especial ao Marcelo e Eunice por todos os sorrisos e “Bom dia” que enchem meu coração de carinho.

À *Curtin University* e aos membros do *Timescales of Mineral Systems Group - School of Earth and Planetary Sciences*, em especial aos pesquisadores Bruno V. Ribeiro e Christopher L. Kirkland pelas análises, colaboração e coautoria no artigo.

À Universidade Federal de Ouro Preto pelo recebimento das amostras para datação U-Pb, em especial ao Dr. Cristiano Lana pela supervisão.

Aos pesquisadores do Projeto MOBILE, que seguem apaixonados pela ciência e que não medem esforços para seguirmos descobrindo novas discussões sobre a geologia.

Ao Dr. Anderson Magalhães e ao Gustavo Costa pelo companheirismo, disposição e discussões nos trabalhos de campo dessa pesquisa. Ao Dr. Rhander Taufner pelas discussões sobre a geologia da Serra do Cipó. Aos donos da pousada Aconchego da Serra pela estadia e cuidado durante os trabalhos de campo.

Aos integrantes do Atelier da Dança, ao Laboratório Escalada e às crianças luz do Centro Espírita Luiz Gonzaga por manterem a arte e o movimento em mim ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos amigos da pós-graduação Mariana, Laura, Pedro, Bruna, Janaína, Tobias, Samuel, Mariana Leite, Alice, Caique, Kawther, Petrus, Camila, Matheus, Sônia, Otávio e Larissa pelos conselhos, discussões, bons momentos e risadas nesses dois anos de mergulho na ciência. À Ana Carolina, Sâmia e Jéssica pelos diálogos sobre a coragem de seguir.

À Mariana Madeira, Laura Wisniowski e Bruna Santos. Ganhar a amizade dessas mulheres incríveis nesse mestrado foi uma das melhores coisas que ele me proporcionou. Obrigada por todos os nossos momentos de troca.

À Ana Paula, minha analista, por ser escuta e acolhimento.

Às minhas melhores amigas Ana Júlia, Bárbara, Fernanda, Paloma e Vitória, que junto comigo trazem risos, caos, leveza e a potência de uma vida rodeada de mulheres. Acreditamos muito nos nossos sonhos e isso sempre estará latente nesse sexteto!

Ao Carlos Leonardo Félix, fotógrafo, companheiro de vida e construção, que é amor, calma e o maior abraço de todas as minhas ansiedades e medos. Ao Dudu, por trazer a alegria de criança nos momentos desafiadores.

Obrigada a todos que fizeram parte desse caminhar.

Ingridy da Silva Nicomedes

“Mas é bom que se diga que há em nós algo que não aceita se conformar. E esperneia, desobedece, teima. Algo que não decanta nem evapora.”

— *Véspera*, Carla Madeira, p.111

RESUMO

O Orógeno Araçuaí, localizado no sudeste do Brasil, é um componente de um sistema orogênico Neoproterozoico que se desenvolveu entre os crátons do São Francisco e do Congo, inserido no contexto do Gondwana Ocidental. Os limites entre o cráton e as falhas de empurrão externas do Orógeno Araçuaí ocorrem em um contato tectônico entre as rochas do Supergrupo Espinhaço, Grupo Macaúbas e do Grupo Bambuí, caracterizado como uma bacia *foreland* que foi afetada pela deformação *thin skin* dessas frentes de cavalgamento e que registra os primeiros fósseis de vida complexa, como *Cloudina sp.* Nesse contexto, esta pesquisa explora as relações estruturais entre o Grupo Bambuí e o Orógeno Araçuaí nos arredores das localidades de Lapinha da Serra e Serra do Cipó (MG), para compreender as fases deformacionais e a cinemática, além da geocronologia das unidades envolvidas na inversão estratigráfica. As análises estruturais nas Formações Serra de Santa Helena, Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré, principais unidades aflorantes do Grupo Bambuí, sugerem um sistema de dobramentos D_1 , responsável por uma transpressão sinistral, com topo para W, e a geração de um sistema de dobras e fraturas. Cinco estruturas foram identificadas: acamamento sedimentar S_0 , foliação S_1 , foliação plano axial S_2 , lineação de estiramento mineral L_m e fraturas bidirecionais N-S e E-W. Os minerais constituintes (calcita, quartzo, biotita, muscovita, clorita e pirita) se organizam em *fine-grained domain (FGD)* e *coarse-grained domain (CGD)* nas amostras e lâminas analisadas, controlando a geometria e reologia das estruturas geradas por D_1 . Foram escolhidas seis amostras para geocronologia Rb–Sr em muscovita e biotita, e quatro amostras para geocronologia U–Pb em zircões e rutilos detríticos. As micas, derivadas de estruturas relacionadas a D_1 , registram idades isócronas entre 500–450 Ma, interpretadas como reativação de falhas causada pelo colapso gravitacional do Orógeno Araçuaí e como idade mínima de deposição das rochas do Grupo Bambuí. Foi definido a ação de um terceiro evento metamórfico/deformacional, no intervalo supracitado de 500-540 Ma. Os dados das análises U–Pb, realizadas nos quartzitos da Formação Matão-Duas Barras (Grupo Macaúbas), definidos neste trabalho, e da Formação Santa Rita (Supergrupo Espinhaço), registram uma assinatura de proveniência sedimentar que compreende uma ampla variedade de fontes, abrangendo grãos de 625 à 3748 Ma, em especial grãos Arqueanos e

Paleoproterozoicos, o que significa grande contribuição do embasamento cratônico adjacente. As idades Paleoproterozoicas obtidas nos rutilos detríticos em correlação com as idades de deformação das micas sugerem um metamorfismo capaz de reiniciar as micas, mas não zircões e rutilos, permitindo a interpretação de um baixo metamorfismo e hidrotermalismo nas zonas de cisalhamento. A presença de grãos Neoproterozoicos (620-725 Ma) em uma amostra mapeada como Grupo Macaúbas (indiviso) restringe sua idade máxima de deposição ao estágio sin-orogênico do Orógeno Araçuaí. A presença dessas unidades intercaladas nas rochas metassedimentares pré-orogênicas exige novos estudos estratigráficos e tectônicos nas frentes de empurrão cráton/orógeno. As idades Rb–Sr demonstraram que as montanhas Neoproterozoicas que bordejavam essa bacia permaneceram com alto relevo durante o principal momento de diversificação biogeoquímica da história do planeta Terra.

Palavras-chave: Grupo Bambuí; Orógeno Araçuaí; geocronologia U-Pb; geocronologia Rb-Sr; zonas de cisalhamento; margem cratônica.

ABSTRACT

*The Araçuaí Orogen, located in southeastern Brazil, is a component of a Neoproterozoic orogenic system that developed between the São Francisco and Congo cratons, inserted in the context of West Gondwana. The boundaries between the craton and the external thrust faults of the Araçuaí Orogen occur at a tectonic contact between the rocks of the Espinhaço Supergroup, Macaúbas Group and Bambuí Group, characterized as a foreland basin that was affected by the thin skin deformation of these thrust fronts and that records the first fossils of complex life, such as *Cloudina* sp. In this context, this research explores the structural relations between the Bambuí Group and the Araçuaí Orogen in the vicinity of Lapinha da Serra and Serra do Cipó (MG), to understand the deformational phases and kinematics, in addition to the geochronology of the units involved in the stratigraphic inversion. Structural analyses of the Serra de Santa Helena, Sete Lagoas and Lagoa do Jacaré formations, the main outcropping units of the Bambuí Group, suggest a D_1 folding system, responsible for a sinistral transpression, with a top to the W, and the generation of a folds and fractures system. Five structures were identified: S_0 sedimentary bedding, S_1 foliation, S_2 axial plane foliation, L_m mineral stretching lineation and bidirectional N-S and E-W fractures. The constituent minerals (calcite, quartz, biotite, muscovite, chlorite and pyrite) are organized in fine-grained domains (FGD) and coarse-grained domains (CGD) in the samples and thin sections analyzed, controlling the geometry and rheology of the structures generated by D_1 . Six samples were selected for Rb–Sr geochronology in muscovite and biotite, and four samples for U–Pb geochronology in detrital zircons and rutiles. The micas, derived from structures related to D_1 , record isochronal ages between 500–450 Ma, interpreted as reactivation of faults caused by the gravitational collapse of the Araçuaí Orogen and as the minimum age of deposition of the Bambuí Group rocks. The action of a third metamorphic/deformational event was defined in the aforementioned interval of 500–540 Ma. The data from the U–Pb analyses, performed on the quartzites of the Matão-Duas Barras Formation (Macaúbas Group), defined in this work, and of the Santa Rita Formation (Espinhaço Supergroup), record a signature of sedimentary provenance that includes a wide variety of sources, including grains from 625 to 3748 Ma, especially Archean and Paleoproterozoic grains, which indicates a large contribution*

from the adjacent cratonic basement. The Paleoproterozoic ages obtained in the detrital rutiles in correlation with the deformation ages of the micas suggest a metamorphism capable of reinitiating the micas, but not zircons and rutiles, allowing the interpretation of a low metamorphism and hydrothermalism in the shear zones. The presence of Neoproterozoic grains (620-725 Ma) in a sample mapped as the Macaúbas Group (undivided) restricts its maximum depositional age to the syn-orogenic stage of the Araçuaí Orogen. The presence of these intercalated units in pre-orogenic metasedimentary rocks requires new stratigraphic and tectonic studies at the craton/orogen thrust fronts. The Rb–Sr ages demonstrated that the Neoproterozoic mountains bordering this basin remained with high relief during the main period of biogeochemical diversification in the history of planet Earth.

Keywords: Bambuí Group; Araçuaí Orogen; U-Pb geochronology; Rb-Sr geochronology; shear zones; cratonic margin.

Lista de Figuras

Figura 1.1– Mapa de imagem de satélite com a localização regional das áreas de estudo, sendo a Área L (norte) e a Área C (sul).....	25
Figura 2.1– Fluxograma dos métodos utilizados nas diversas etapas desta pesquisa.	26
Figura 2.2– Temperatura de fechamento dos minerais e métodos utilizados nesta pesquisa (destacados em azul claro). Modificado de Liebmann <i>et al.</i> (2022).	29
Figura 2.3– Fluxograma dos materiais e métodos utilizados durante o levantamento dos dados geocronológicos para análise U–Pb. A- Amostras coletadas em campo; B- britador de mandíbula; C- moinho de disco; D- bateamento das amostras moídas; E- s separador magnético Frantz; F- separação por meio denso (bromofórmio); G- separação dos grãos minerais pesados na lupa binocular; H- <i>mount</i> de resina epóxi com os grãos selecionados; I- mapa composicional dos minerais por MEV-EDS (Microscopia Eletrônica de Varredura – <i>Energy Dispersive Spectrometry</i>).	30
Figura 2.4– Materiais e métodos utilizados durante a aquisição dos dados geocronológicos para análise Rb–Sr. A- amostra coletada durante o trabalho de campo e amostragem; B- Seção polida confeccionada a partir das amostras coletadas; C- <i>Tescan Integrated Mineral Analyzer (TIMA)</i> utilizado para mapear a petrografia e composição mineral de cada amostra selecionada, Curtin University, Australia; D- Imagem da amostra IN207 obtida pelo TIMA com as fases minerais mapeadas; E- Espectômetro <i>Agilent 8900 Triple Quadrupole</i> utilizado durante a aquisição dos dados de Rb–Sr, Curtin University, Australia.	32
Figura 3.1– Geologia e compartimentação geotectônica do Orógeno Araçuaí. Modificado de Amaral <i>et al.</i> (2020).	35
Figura 3.2– O cráton do São Francisco e sua contraparte africana, o cráton do Congo, representados na configuração do supercontinente Gondwana Ocidental. Componentes da América do Sul: A (Amazônia); P (<i>Rio de la Plata</i>); SFC (<i>San Francisco–Congo</i>) S (Salvador) e V (Vitória); e Componentes da África: K (<i>Kalahari</i>); L (<i>Luanda</i>) e LB (<i>Le Breuville</i>). Modificado de Alkmim & Martins-Neto (2012).	37
Figura 3.3– Relações entre a estratigrafia e a cronologia do Supergrupo Espinhaço, baseados em dados de Chemale Jr <i>et al.</i> (2012), Santos <i>et al.</i> (2013) e Santos <i>et al.</i> (2015). Retirado de Uhlein <i>et al.</i> (2017a).	39

Figura 3.4– Esquema ilustrativo do modelo de bacia de antepaís interpretada para o Grupo Bambuí. A- Estruturação regional e B- Principais depozonas. Modificado de Uhlein <i>et al.</i> , 2017b, a partir de DeCelles & Giles (1996).	40
Figura 3.5– Coluna litoestratigráfica do Grupo Macaúbas. As idades máximas de deposição são definidas a partir das populações mais novas de zircão detrítico. Modificado de Pacheco <i>et al.</i> (2023).	43
Figura 3.6– Unidades litoestratigráficas do Grupo Bambuí. Modificado de Caxito <i>et al.</i> (2021).	49
Figure 4.1– West Gondwana geotectonic setting (A) highlighted in pink for the Araçuaí West Congo orogenic system (AWCO) and São Francisco Craton; (B) geological map of São Francisco Craton with location of the study areas, Proterozoic and Phanerozoic covers, states limits and mobile belts around the cráton and (C) Schematic stratigraphic column of Bambuí Group. Figure A modified from Alkmim & Martins-Neto (2012), figure B compiled from Caxito <i>et al.</i> (2021) and Alkmim (2004) and figure C taken from Caxito <i>et al.</i> (2021).	54
Figura 4.2– Geological maps of the study areas with geochronological samples location, cross-sections and field photos with kinematic indicators, obtained by this work and adapted from Oliveira <i>et al.</i> (1997), Silva <i>et al.</i> (2007) and Victoria & Moy (2014). The stratigraphy is subdivided into 1- alluvial deposits; 2- intrusive rocks; 3- Lagoa do Jacaré Fm.; 4- Serra de Santa Helena Fm.; 5- Sete Lagoas Formation; 6- Macaúbas Group micaceous quartzites; 7- Serra do Catuni Formation; 8- Matão-Duas Barras Formation; 9- Córrego dos Borges Formation; 10- Santa Rita Fm.; 11- Galho do Miguel Fm. Units 3,4 and 5 belong to Bambuí Group; units 6,7,8 belong to Macaúbas Group and units 9, 10 and 11 belong to Espinhaço Supergroup. Field photos from Bambuí Group structures show: A- recumbent folds, highlighted in yellow, in outcrop of metasilstone from Serra de Santa Helena Formation; B- Intrafolial and chevron folds metasilstone from Serra de Santa Helena Formation; C- drag folds in marble (IN02 sample); D- ptygmatic folds, composed by calcite, in marble; E- sheath fold, highlighted in yellow, in marble from “Grande Pedreira” (Great Quarry); F- ruptured limbs in a stratified marble; G- geometric relations between S_0 and S_1 in metasilstone, highlighted in blue; H- folds with well-marked axial plane and fracture cleavage in the plane of S_2 (IN14 sample); I- fractures N-S in a metacarbonate and J-	

view from the top of stepped slickenfibres on fault plane in marble (IN30A sample). Photos B, H and I are from Area L; photos A, C, D, E, F, G and J are from Area C. .56

Figure 4.3– Structural scheme (A) and stereographic projections (B to F) of the main structures related to D1 in the lithologies of the Bambuí Group. B- Compositional bedding (S₀); C- Foliation associated with interstratal sliding and mylonitic foliation (S₁); D- Axial plane foliation (S₂); E- Mineral stretching lineation (L_m) and F- Fractures dispersed in two directions. Equal area and lower hemisphere stereographic projections. Measures compiled from this work, Silva *et al.* (2007) and Victoria & Moy (2014). 60

Figure 4.4– Photomicrographs and rock samples showing examples of textures, minerals and microstructures. A- Twinning and fractured calcite, sample IN02; B- Quartz recrystallized by SGR in contact with calcite, sample IN02; C- Phyllosilicate, quartz and calcite domains, sample IN204; D- Crenulation cleavage marked by phyllosilicates, sample IN14; E- Recrystallized quartz and muscovite in fault step, sample IN08; F- Metacarbonate with calcite and quartz veins, in different directions, and micritic texture; G- Folded ribbons of biotites in a calcitic matrix, sample IN207; H- Large phyllosilicates in contact with recrystallized quartz grains, sample IN204 ; I- Biotite and muscovite in slickensides, sample IN30A. Photos A, B, C, D, G and H are under parallel polarizers, and F under crossed polarizers. Minerals abbreviations according to the International Union of Geological Sciences (IUGS): Bt- biotite, Cal- calcite, Chl- chlorite, Qtz- quartz and Ms- muscovite. 63

Figure 4.5– Inverse Rb–Sr isochrons of biotite and muscovite from slickensides (A, B), and deformation bands-crenulation cleavage (C-F). Ellipse uncertainties and errors are presented at 2 standard error from the mean. 65

Figure 4.6– Geotectonic context of gravitational collapse of Araçuaí-West Congo orogenic system (AWCO) responsible for cratonic margin deformation and their relations with biogeochemical evolution. Modified from Gonçalves *et al.* (2019). 71

Figure 5.1– West Gondwana geotectonic setting (A) highlighted in green for the Araçuaí West Congo orogenic system (AWCO) and São Francisco Craton; (B) geological map of São Francisco Craton with location of the study areas, Proterozoic and Phanerozoic covers, states limits and mobile belts around the craton and (C) Simplified geological map of Araçuaí Orogen, with its lithotectonic assemblages, and its contacts with the San Francisco Craton. Figure A modified from Alkmim & Martins-

Neto (2012), figure B compiled from Caxito <i>et al.</i> (2021) and Alkmim (2004) and figure C modified from Peixoto <i>et al.</i> (2018). SFC- San Francisco Craton and CC- Crystalline Core.	85
Figure 5.2– Geological maps of the study areas with geochronological samples location and cross-sections, obtained by this work and adapted from Oliveira <i>et al.</i> (1997), Silva <i>et al.</i> (2007) and Victoria & Moy (2014). The stratigraphy is subdivided into 1- alluvial deposits; 2- intrusive rocks; 3- Lagoa do Jacaré Fm.; 4- Serra de Santa Helena Fm.; 5- Sete Lagoas Formation; 6- Macaúbas Group micaceous quartzites (undivided); 7- Serra do Catuni Fm.; 8- Matão-Duas Barras Fm. 9- Córrego dos Borges Formation; 10- Santa Rita Fm.; 11- Galho do Miguel Fm. Units 3,4 and 5 belong to Bambuí Group, units 6,7,8 belong to Macaúbas Group and units 9, 10 and 11 belong to Espinhaço Supergroup.	87
Figure 5.3– Photographs and microphotographs of lithostratigraphy found in the fault zones of the study areas. A- Phyllite with crenulation cleavage of Santa Rita Fm.; B- Greenish micaceous quartzites of Santa Rita Fm; C- Fine micaceous quartzite with metric quartz vein, sample IN03; D- Quartz grain with undulose extinction in a fine micaceous quartzite of Santa Rita Fm.; E- Lenses of green phyllite mixed with quartz veins and quartzite from Matão-Duas Barras Fm; F- Fine pure quartzite with quartz veins of Matão-Duas Barras Fm., sample IN04; G- Diamictites of Serra do Catuni Fm; H- metadiamictites with clasts stretched along S_1 foliation; I- Quartz grains with different granulometries in microconglomeratic quartzite from Serra do Catuni Fm.; J- Micaceous quartzite with slickensides, sample IN08; K- Medium quartzite of Matão-Duas Barras Fm., sample IN39; L- Asymmetric ripple marks in fine quartzite of Matão-Duas Barras Fm; M- Marble with intercalations between deformed calcite and phyllosilicates; N- Ruptured limbs in a stratified marble; O- Ptygmatic folds of calcite in a marble; P- Calcite veins in ruptured limbs; Q- crenulation cleavage marked by phyllosilicates; R- orange and foliated metasiltstones; S- intrafolial and chevron folds metasiltstone; T- folds with axial plane (S_2) in Serra de Santa Helena Fm. Photographs A, G, H, I, J, L, Q, R, S and T from Lapinha da Serra (area L). Photographs B, C, D, E, F, K, M, N, O and P from Serra do Cipó (area C). Minerals abbreviations according to the International Union of Geological Sciences (IUGS): Bt- biotite, Cal- calcite, Chl- chlorite, Qtz- quartz and Ms- muscovite.	91

Figure 5.4– Cathodoluminescence (CL) images of detrital zircons and Secondary Electron Image (SEI) of detrital rutiles from analyzed samples.	96
Figure 5.5– Probability density plots for the and rutile (blue line) and detrital zircon grains (black line) analyzed of samples (A) IN03 Rt, (B) IN03, (C) IN04, (D) IN08 and (E) IN39.	97

Lista de Tabelas

Tabela 1.1– Coordenadas dos vértices dos polígonos estudados.	24
Tabela 2.1– Amostras coletadas no trabalho de campo e minerais analisados na geocronologia U–Pb.....	31
Tabela 2.2– Seções polidas confeccionadas a partir de amostras coletadas no trabalho de campo para geocronologia Rb–Sr.....	32
Tabela 3.1– Setorização ocidental e oriental das unidades aflorantes do Grupo Bambuí na Bacia do São Francisco. Modificado de Martínez (2007) e Uhlein <i>et al.</i> (2004).....	44
Tabela 3.2– Litoestratigrafia regional de raseamento ascendente e ambientes de sedimentação. Modificado de Uhlein <i>et al.</i> (2004).....	45

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1– INTRODUÇÃO	22
1.1. Objetivos	23
1.2. Localização e acesso	24
CAPÍTULO 2– MATERIAIS E MÉTODOS	26
2.1. Levantamento bibliográfico	27
2.2. Trabalhos de Campo e Amostragem	27
2.3. Petrografia	27
2.4. Análise Estrutural	28
2.5. Análises Geocronológicas	28
2.5.1. Análises U–Pb LA-ICP-MS	29
2.5.2. Análises Rb–Sr LA-ICP-MS/ MS	31
CAPÍTULO 3– CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	33
3.1. Contexto Geotectônico	33
3.1.1. Orógeno Araçuaí	33
3.1.2. Cráton São Francisco	35
3.1.3. Serra do Espinhaço Meridional	37
3.1.4. Bacia do Bambuí	39
3.2. Litoestratigrafia Regional	41
3.2.1. Supergrupo Espinhaço	41
3.2.2. Grupo Macaúbas	42
3.2.3. Grupo Bambuí	43
CAPÍTULO 4– ARTIGO CIENTÍFICO I	50
4.1. Introduction	52
4.2. Geological context	53
4.3. Methods	57
4.3.1. TIMA	58
4.3.2. Rb–Sr geochronology	58
4.4. Results	59
4.4.1. Structural setting of the cratonic margin	59
4.4.2. Microstructures	61
4.4.3. In situ Rb–Sr geochronology	63
4.5. Discussion	65

4.6. Conclusions	71
Acknowledgements	72
References.....	73
CAPÍTULO 5– ARTIGO CIENTÍFICO II.....	80
5.1. Introduction	82
5.2. Geological context.....	82
5.3. Material and methods.....	87
5.4. Results	89
5.5. Discussion.....	98
5.6. Conclusions	103
Acknowledgments	104
References.....	104
CAPÍTULO 6– CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
REFERÊNCIAS.....	119
ANEXO A– Imagens da micropetrografia através do <i>Tescan Integrated Mineral Analyzer</i> (TIMA)	131
ANEXO B– Comprovante de submissão do artigo I.....	134
ANEXO C– Comprovante de submissão do artigo II.....	136
ANEXO D– Tabelas das análises geocronológicas Rb-Sr LA-ICP-MS.....	138
ANEXO E–Tabelas das análises geocronológicas U-Pb LA-ICP-MS	152
ANEXO F- Medidas estruturais do Grupo Bambuí (Formações Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena e Sete Lagoas)	163
APÊNDICE A– Mapa geológico da Serra do Cipó.....	174
APÊNDICE B– Mapa geológico da Lapinha da Serra	175

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi submetido ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG), seguindo o formato de dissertação de mestrado. Após a aquisição e tratamento dos dados, os resultados foram interpretados, discutidos e redigidos em formato de artigos científicos, com regras de formatação específicas das revistas as quais foram submetidos. A pesquisa realizada nesta dissertação se encontra dividida em seis capítulos e anexos.

O primeiro capítulo (Capítulo 1) é composto por uma introdução ao problema de pesquisa e à proposta de estudo, apresentando os objetivos e a localização das áreas alvo para aplicação dos métodos selecionados. O segundo capítulo (Capítulo 2) apresenta uma descrição dos materiais e métodos aplicados para a investigação e o desenvolvimento da pesquisa. O terceiro capítulo (Capítulo 3) sintetiza os conhecimentos anteriores e atuais acerca do contexto geológico das áreas de estudo, reunindo informações sobre o Orógeno Araçuaí, a Serra do Espinhaço, o Grupo Macaúbas e o Grupo Bambuí, principais objetos de estudo dessa dissertação. Após os capítulos introdutórios mencionados, os capítulos quatro e cinco (Capítulos 4 e 5) apresentam os resultados, que foram divididos em 2 artigos científicos.

O primeiro artigo (Capítulo 4), intitulado “***In situ Rb–Sr dating of slickensides reveals reactivation of cratonic margins post-Gondwana assembly***” foi submetido à revista *Journal of Structural Geology* (Classificação Qualis Capes A1 em Geociências) e apresenta uma compilação estrutural do Grupo Bambuí nas frentes de empurrão, micropetrografia, dados geocronológicos de Rb–Sr nos filossilicatos encontrados nas rochas deformadas do Grupo Bambuí, bem como a discussão sobre os avanços no método e correlação desses resultados com interpretações geocronológicas e biogeoquímicas.

O segundo artigo (Capítulo 5), intitulado “***U–Pb geochronology of detrital rutile and zircon unravels sedimentary provenance and tectonic evolution in the São Francisco Craton/ Araçuaí Orogen thrust zone, Serra do Cipó, Brazil***” foi submetido à revista *Journal of South America Earth Sciences* (Classificação Qualis

Capes A2 em Geociências) e apresenta os dados de U–Pb de zircões e rutilos detríticos, discutindo sua proveniência sedimentar, implicações geotectônicas, metamorfismo e relação com a geocronologia proposta por outros autores.

O sexto capítulo (Capítulo 6) une as principais conclusões do trabalho, correlacionando os dados petrográficos, estruturais e geocronológicos obtidos para as áreas de estudo. Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas e citadas. No final do documento há disponíveis seis anexos com as imagens do *Tescan Integrated Mineral Analysis* (TIMA), as tabelas das análises geocronológicas, tanto de Rb–Sr quanto do U–Pb, tabela com os dados estruturais do Grupo Bambuí e comprovantes de submissão das revistas, além de apêndices com os mapas geológicos das áreas estudadas.

CAPÍTULO 1– INTRODUÇÃO

A geologia do território brasileiro é altamente marcada por eventos de formação de cadeia de montanhas ocorridos ao final do Neoproterozoico e início do Fanerozoico, caracterizados sob a denominação de Orogênese Brasileira (Heilbron *et al.*, 1995; Brito Neves, 1999; Arthaud, 2007; Uhlein *et al.*, 2011; Fuck *et al.*, 2013; Johansson, 2014; Brito Neves *et al.*, 2014, François *et al.*, 2021) e responsáveis pela formação do supercontinente Gondwana. Dentre esta rede de cadeias de montanhas, se destaca o Orógeno Araçuaí, formado em um contexto semi-confinado, a partir de um golfo parcialmente oceanizado no paleocontinente São Francisco-Congo (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001).

Nas últimas décadas diversos trabalhos com uma grande quantidade de dados recentes de mapeamento, química, isotopia e geocronologia foram disponibilizados, porém ainda existem grandes discussões em aberto sobre a evolução cronológica e espacial desta rede orogênica (Tohver *et al.*, 2010; Cordani *et al.*, 2013; Tohver & Trindade, 2014; Caxito *et al.*, 2021). Os eventos metamórficos e deformacionais relacionados à tectônica colisional registrados nesta cadeia de orógenos variam, de fato, entre cerca de 630 Ma no orógeno Brasília meridional (Rocha *et al.*, 2017; Tedeschi *et al.*, 2017) a cerca de 490 Ma nos estágios finais de formação do paleocontinente Gondwana (Caxito & Alkmim, 2023 e referências aí citadas), caracterizando um enorme intervalo de tempo de mais de uma centena de milhões de anos.

O Neoproterozoico apresenta mudanças climáticas extremas e bruscas (glaciações do tipo *Snowball Earth* seguidas por efeito estufa extremo; Hoffman *et al.*, 1998), reestruturações tectônicas com a quebra de Rodínia e amalgamação de Gondwana (Cordani *et al.*, 2001), oxigenação da atmosfera terrestre (Fike *et al.*, 2006), e por fim, o surgimento de formas de vida complexa (Grotzinger *et al.*, 1995). Todos estes ciclos apresentam interdependências, ou seja, as mudanças em uma destas esferas influenciaram diretamente as mudanças nas outras (e.g., Squire *et al.*, 2006).

Particularmente, a formação e erosão das primeiras grandes cadeias de montanhas de estilo moderno se deram devido ao processo de resfriamento secular do manto que permitiu pela primeira vez subducções a grandes profundidades (Brown & Johnson, 2018). O sistema orogênico brasileiro se consolidou a partir desse processo, o qual pode ter fornecido os nutrientes (e.g., selênio e fósforo) e o oxigênio (através do consumo de CO₂ atmosférico e do soterramento do carbono, que não pode reagir de volta para formar novo gás carbônico) que permitiram o desenvolvimento de formas de vidas complexas nas bacias de antepaís adjacentes (Campbell & Squire, 2010).

O detalhamento cronológico das fases de deformação, metamorfismo, soerguimento e erosão das cadeias de montanhas neoproterozoicas bem como suas relações estruturais e estratigráficas com as bacias de antepaís adjacentes – onde se encontram os primeiros fósseis de vida complexa –, se torna de primeira importância para compreender até que ponto o surgimento das cadeias de montanhas e estilo moderno influenciou no surgimento da vida complexa e nos outros ciclos biogeoquímicos do planeta Terra.

Nessa perspectiva, o Brasil apresenta um registro favorecido para o estudo destas relações, como é o caso dos Orógenos Araçuaí e Brasília, nas regiões leste e oeste do estado de Minas Gerais, respectivamente, que apresentam uma relação muito próxima à bacia de antepaís onde foi depositado o Grupo Bambuí sobre o cráton do São Francisco (Alkmim & Martins-Neto, 2012). O Grupo Bambuí apresenta fósseis de *Cloudina sp.* (Warren *et al.*, 2014), primeiro organismo complexo biomineralizador e considerado como fóssil-guia do final do Ediacarano terminal (550–542 Ma).

1.1. Objetivos

Esta dissertação de mestrado tem como principal objetivo estudar as relações estruturais e cronológicas entre as falhas de empurrão e zonas de cisalhamento externas do Orógeno Araçuaí com a cobertura cratônica do Grupo Bambuí, deformada de forma epidérmica nas frentes de empurrão. Especificamente, se pretende estabelecer uma cronologia de deformação entre as escamas externas do orógeno e

as rochas da bacia de antepaís adjacente nesta região, fornecendo bases para o teste das hipóteses da influência da cadeia de montanhas no fornecimento de nutrientes para a bacia adjacente ao mesmo tempo em que a mesma sofria deformação.

1.2. Localização e acesso

As áreas de estudo se encontram nas regiões da Serra do Cipó e Lapinha da Serra, localizadas há aproximadamente 120 km a nordeste de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. A área C (Serra do Cipó) é limitado pelas coordenadas 620000 e 650000 mE e 7876000 e 7848000 mN (WGS84 UTM 23K). Já a área L (Lapinha da Serra), localizada mais a norte, é limitado pelas coordenadas 632000 e 644000 mE e 7892000 e 7884000 mN (WGS84 UTM 23K). As coordenadas dos polígonos se encontram na Tabela 1.1.

Área	Vértice	UTM (E)	UTM (N)
C (Serra do Cipó)	1	620000	7876000
	2	650000	7876000
	3	620000	7848000
	4	650000	7848000
L (Lapinha da Serra)	1	632000	7892000
	2	644000	7892000
	3	632000	7884000
	4	644000	7884000

Tabela 1.1– Coordenadas dos vértices dos polígonos estudados.

Tendo como ponto de partida Belo Horizonte, o trajeto é feito pela Linha Verde no sentido norte, em direção ao Aeroporto Internacional de Confins até o trevo de Lagoa Santa, onde se escolhe a saída para a rodovia MG010. Deve-se seguir na rodovia até atingir a altura da portaria da Serra do Cipó (Figura 1.1). O acesso às áreas é realizado através de estradas secundárias, como a LMG-816, não pavimentadas e trilhas.

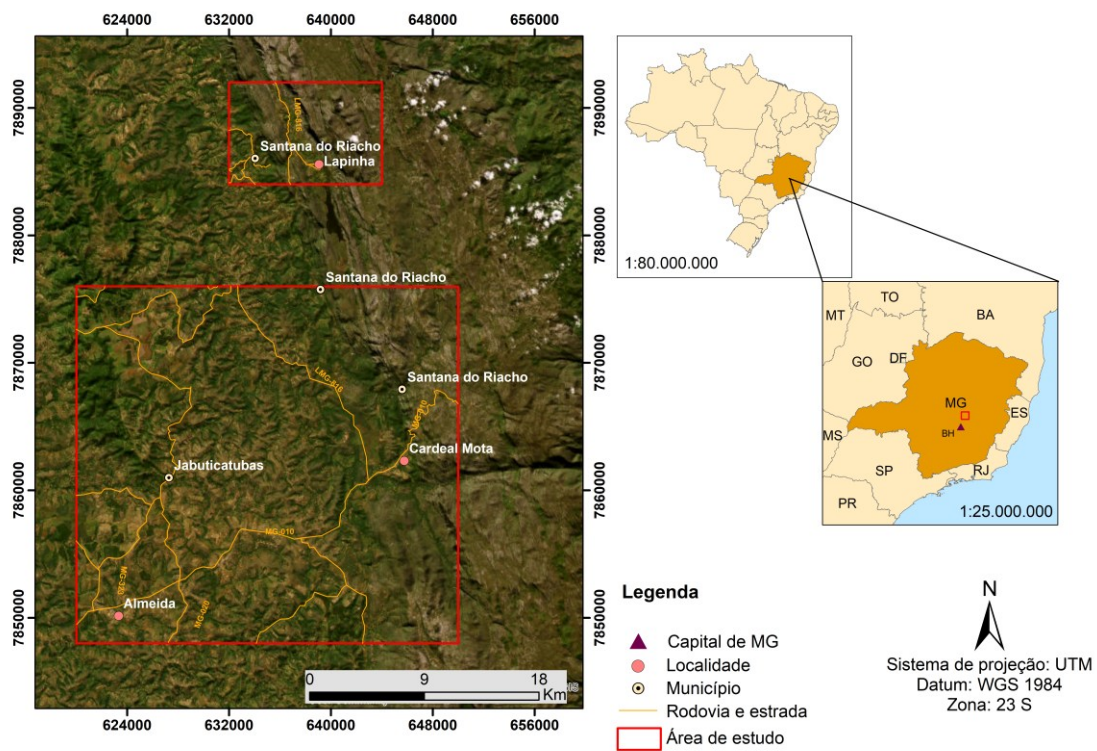


Figura 1.1– Mapa de imagem de satélite com a localização regional das áreas de estudo, sendo a Área L (norte) e a Área C (sul).

CAPÍTULO 2– MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas definidas para realização e construção desta pesquisa científica consistem na união entre os aspectos presentes na área de estudo e os métodos de análise escolhidos, a fim de alcançar os objetivos traçados.

Com o intuito de desempenhar a pesquisa proposta, a metodologia compreendeu (Figura 2.1): (1) Levantamento Bibliográfico; (2) Trabalhos de Campo e Amostragem; (3) Petrografia; (4) Análise Estrutural; e (5) Análises Geocronológicas.

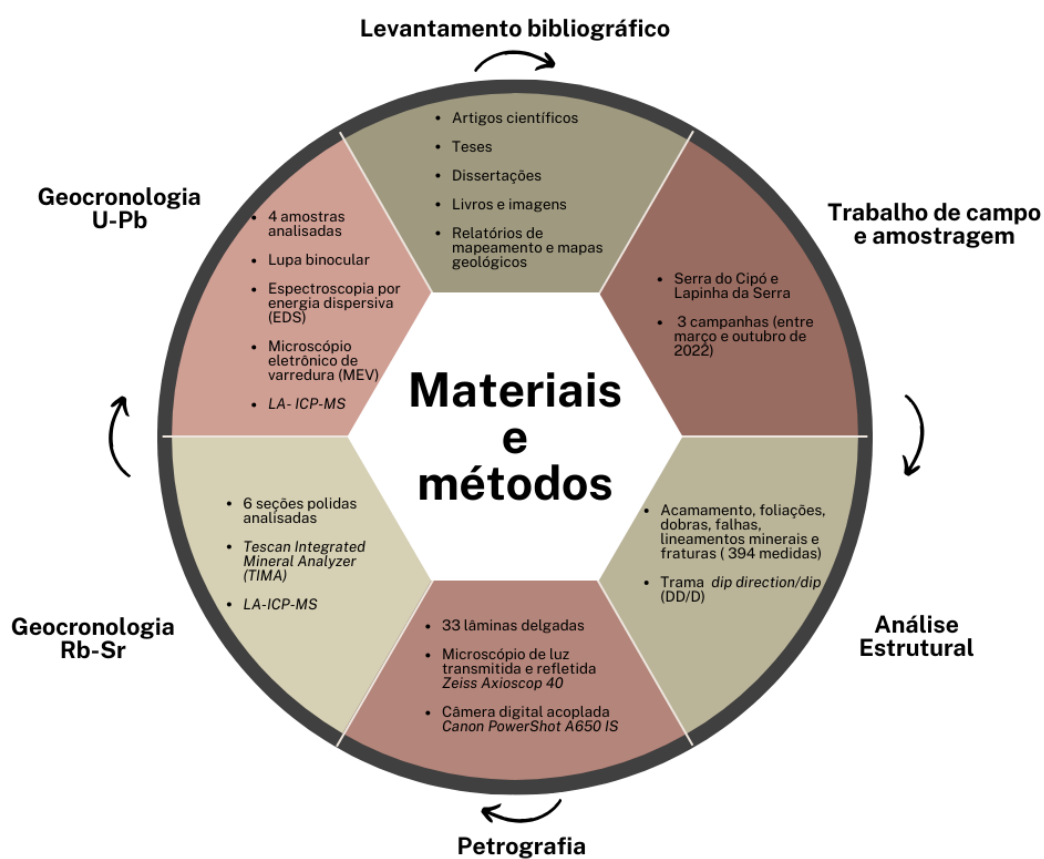


Figura 2.1– Fluxograma dos métodos utilizados nas diversas etapas desta pesquisa.

2.1. Levantamento bibliográfico

A revisão bibliográfica consistiu na reunião de artigos científicos, teses, dissertações, livros, relatórios de mapeamento e mapas geológicos, resumos e imagens que englobam o contexto geológico e geotectônico das áreas de estudo, a fim de gerar familiaridade com a geologia regional e com os modelos evolutivos apresentados pelas produções científicas.

2.2. Trabalhos de Campo e Amostragem

Os trabalhos de campo, junto à amostragem, foram realizados em 3 campanhas, realizadas entre março e outubro de 2022. A etapa de campo consistiu na observação das zonas de falhas em campo, com foco na zona de influência do Grupo Bambuí, coleta de amostras e dados relevantes, descrição das litologias e levantamento estrutural. O modelo de coordenadas utilizado foi o datum WGS 1984 Zona 23S para coleta das coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator). Os mapas litológicos com os pontos se encontram nos apêndices A e B.

2.3. Petrografia

O estudo e descrição petrográfico e mineralógico compreendeu análises macroscópicas e microscópicas dos litotipos encontrados nas áreas de estudo e foi realizado com o objetivo de compreender as rochas envolvidas no cisalhamento, observando as fases de deformação e as estruturas e minerais relacionados a cada uma delas. Além das litologias do Grupo Bambuí, também foram descritas algumas lâminas dos litotipos do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas com o objetivo de compreender a petrografia das rochas envolvidas no limite cráton–faixa dobrada.

As lâminas delgadas (LD) das amostras coletadas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Centro de Pesquisas Professor Manoel Teixeira da Costa (CPMTC-IGC-UFGM), totalizando 33 lâminas. Toda a etapa de descrição petrográfica e fotografia das lâminas foi realizada no Microscópio Óptico de luz

transmitida e refletida *Zeiss Axioscop 40*, utilizando objetivas de 2,5x, 5x e 10x, e câmera digital acoplada *Canon PowerShot A650 IS*. As escalas das imagens foram inseridas posteriormente no *CoreIDRAW 2021*.

2.4. Análise Estrutural

Para realizar a análise estrutural se optou por metodologias macro e microscópicas, utilizando parâmetros geométricos e cinemáticos para entendimento das fases deformacionais, da cinemática e sentido de transporte de massas e dos mecanismos de deformação atuantes. Os dados estruturais (Anexo F) foram obtidos na etapa de trabalho de campo e compilados de trabalhos anteriores, onde foram coletadas informações sobre acamamento, foliações, dobras, falhas, lineamentos minerais e fraturas. Ao todo foram obtidas 394 medidas. As medidas estruturais seguem a trama *dip direction/dip (DD/D)*, ou notação *Clar* para medidas planares, e *trend/plunge* para medidas lineares.

As medidas utilizadas neste trabalho são resultado de dados obtidos pela autora, além da compilação de mapeamentos realizados nas regiões de estudo por Silva *et al.*, (2007), Victoria & Moy (2014) e por seis grupos (seis áreas mapeadas, totalizando 48 km²) da disciplina de Mapeamento Metassedimentar 2021/2 do curso de Geologia do Centro Universitário de Belo Horizonte (UNIBH), gentilmente cedidos pelos professores da disciplina. Portanto, os elementos estruturais da macro, meso e microescala visaram a integração com o contexto geológico e geotectônico da região.

2.5. Análises Geocronológicas

Nesta etapa, as amostras coletadas foram processadas e analisadas através da aplicação de dois métodos de datação (Figura 2.2): (1) U–Pb em zircões detríticos e rutilos encontrados nos veios e nas zonas de cisalhamento (2) Rb–Sr em muscovitas e biotitas presentes nos litotipos das zonas de falha. A escolha dos métodos geocronológicos foi realizada levando em consideração o sistema isotópico, a temperatura de cada sistema e dos seus respectivos minerais (Figura 2.2).

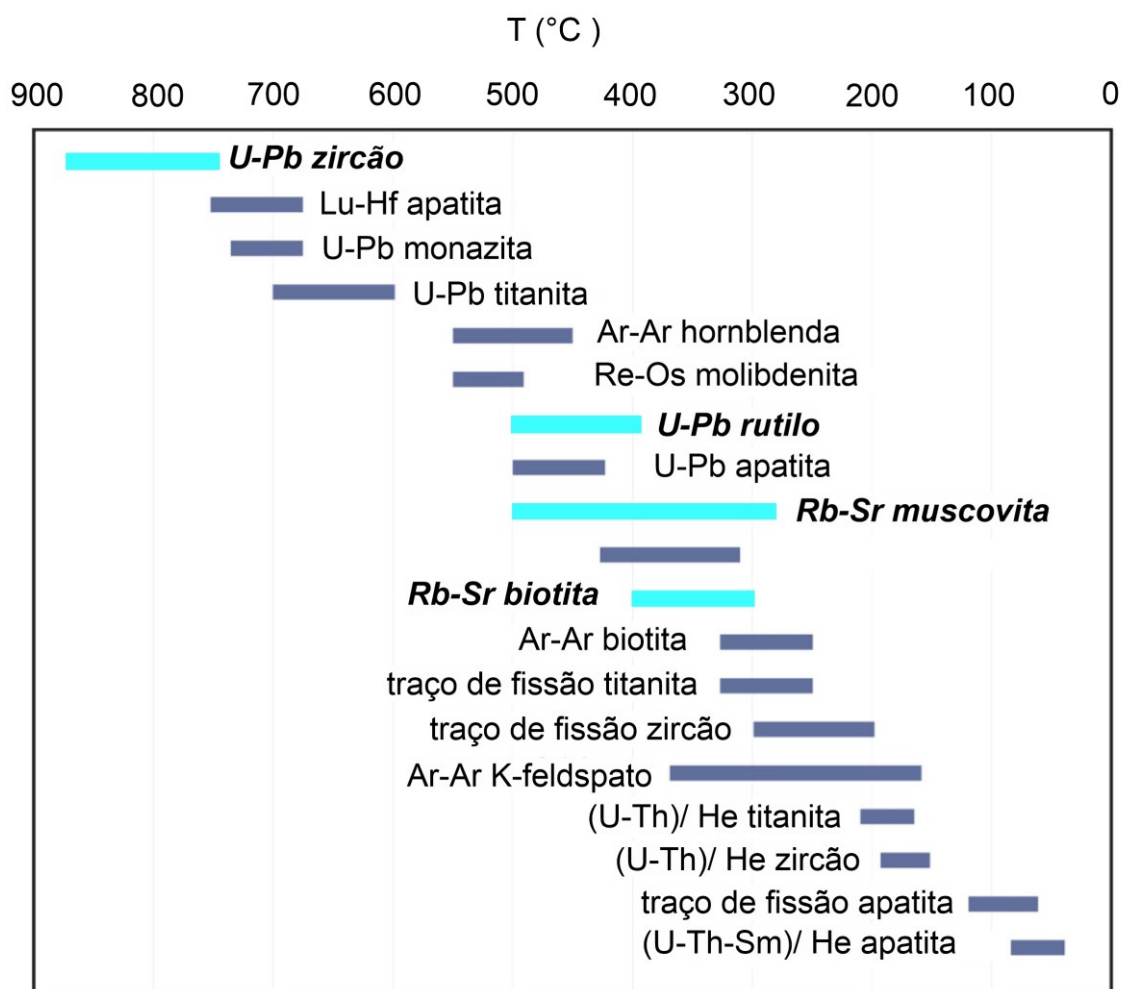


Figura 2.2– Temperatura de fechamento dos minerais e métodos utilizados nesta pesquisa (destacados em azul claro). Modificado de Liebmann *et al.* (2022).

2.5.1. Análises U–Pb LA-ICP-MS

Após passar pelas etapas de coleta, preparação, montagem em resina e separação na lupa (Figura 2.3, A-I), realizadas no Laboratório de Separação Mineral do Centro de Pesquisas Professor Manoel Teixeira da Costa (SEPURA-CPMTC-IGC-UFMG), os grãos foram identificados no Microscópio Eletrônico de Verredura- *Energy Dispersive Spectrometry* (MEV-EDS) no Centro de Microscopia (CM) da UFMG e enviados para o Laboratório de Geocronologia Isotópica da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), onde quatro amostras foram datadas através do método U–Pb em zircão detrítico e uma amostra com datação U–Pb em rutilo (Anexo E).

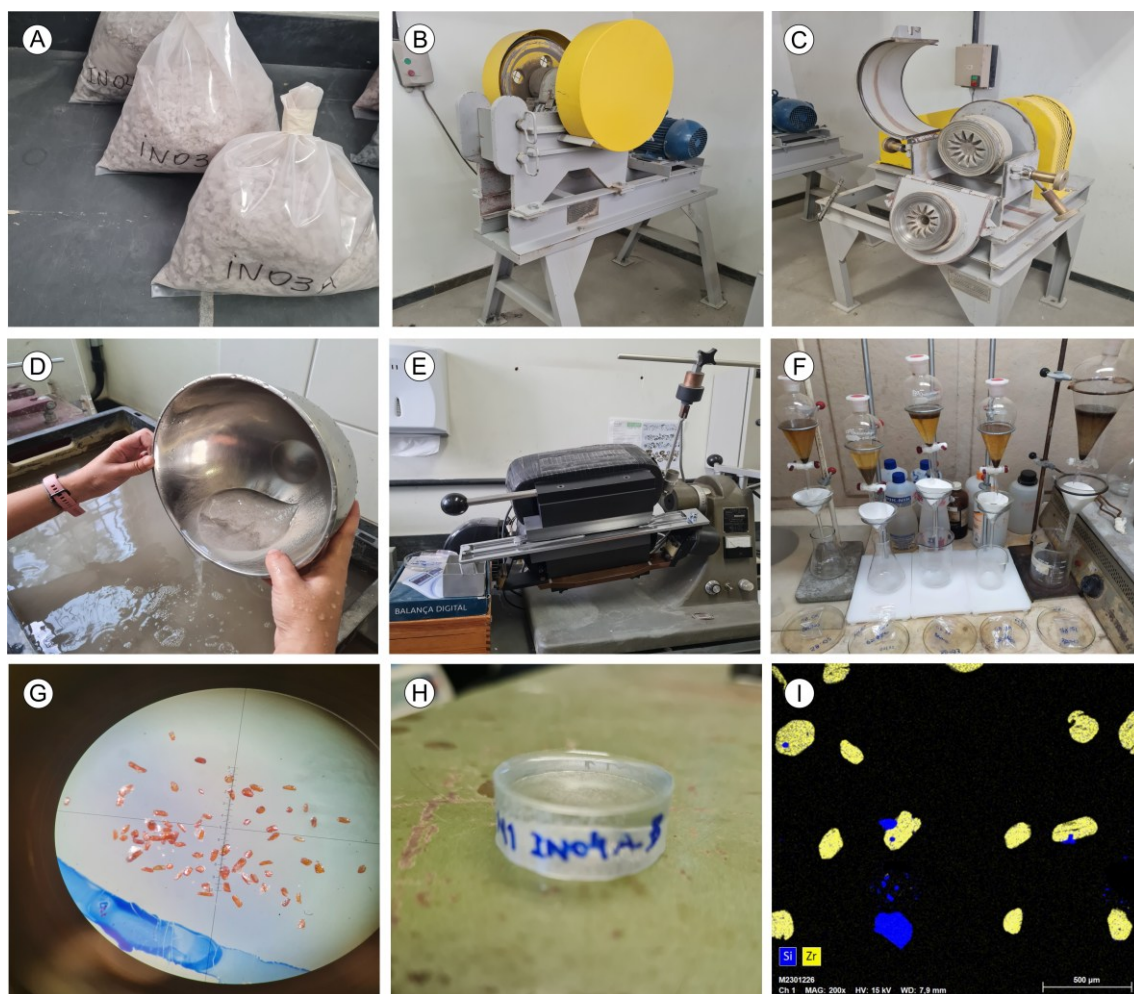


Figura 2.3– Fluxograma dos materiais e métodos utilizados durante o levantamento dos dados geocronológicos para análise U–Pb. A- Amostras coletadas em campo; B- britador de mandíbula; C- moinho de disco; D- bateamento das amostras moídas; E- separador magnético Frantz; F- separação por meio denso (bromofórmio); G- separação dos grãos minerais pesados na lupa binocular; H- *mount* de resina epóxi com os grãos selecionados; I- mapa composicional dos minerais por MEV-EDS (Microscopia Eletrônica de Varredura – *Energy Dispersive Spectrometry*).

As amostras utilizadas no método U–Pb (Tabela 2.1) foram coletadas em locais onde se considerou os seguintes parâmetros: (1) proximidade à zona de falha e (2) coleta de amostras de rochas e dos veios escalonados e discordantes presentes ao longo dos afloramentos. Durante a etapa de amostragem foi utilizado o método *chip sampling*, onde foram atingidos diversos pontos ao longo do afloramento, sendo possível maximizar a amplitude da amostragem.

Código da amostra	Unidade Litoestratigráfica	Local	Mineral analisado
IN03	Formação Santa Rita	Serra do Cipó	Zircão + Rutilo
IN04	Grupo Macaúbas	Serra do Cipó	Zircão
IN08	Grupo Macaúbas	Lapinha da Serra	Zircão
IN39	Grupo Macaúbas	Serra do Cipó	Zircão

Tabela 2.1– Amostras coletadas no trabalho de campo e minerais analisados na geocronologia U–Pb.

2.5.2. Análises Rb–Sr LA-ICP-MS/ MS

As análises Rb–Sr de muscovitas e biotitas buscaram restringir a idade do cavalgamento nas falhas de empurrão e nas litologias do Grupo Bambuí. A amostragem se concentrou nos minerais presentes em *slickensides* nos *steps* de falha (Figura 2.4 A), nas bandas de deformação e nas clivagens de crenulação encontradas nas amostras coletadas, onde foram confeccionadas seis seções polidas (Tabela 2.2). A confecção das seções polidas (Figura 2.4 B) foi realizada no Laboratório de Laminação do Centro de Pesquisas Professor Manoel Teixeira da Costa (CPMTC-IGC-UFMG). Posteriormente, foram enviadas e analisadas na *School of Earth and Planetary Sciences* da *Curtin University*, Austrália, onde foram utilizados o *Tescan Integrated Mineral Analyzer* (TIMA) (Figura 2.4 C), para identificação da micropetrografia (Anexo A), e o Espectômetro *Agilent 8900 Triple Quadrupole*, para obtenção dos dados (Anexo D) e idades Rb–Sr (Figura 2.4 D).

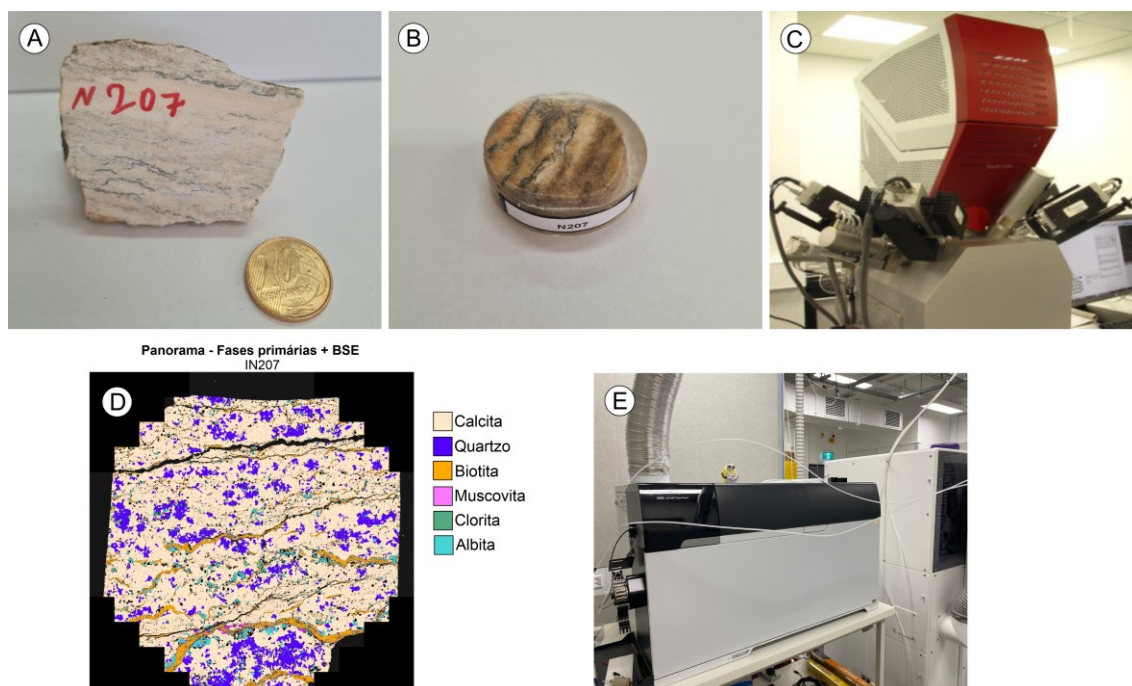


Figura 2.4– Materiais e métodos utilizados durante a aquisição dos dados geocronológicos para análise Rb–Sr. A- amostra coletada durante o trabalho de campo e amostragem; B- Seção polida confeccionada a partir das amostras coletadas; C- *Tescan Integrated Mineral Analyzer* (TIMA) utilizado para mapear a petrografia e composição mineral de cada amostra selecionada, Curtin University, Australia; D- Imagem da amostra IN207 obtida pelo TIMA com as fases minerais mapeadas; E- Espectômetro *Agilent 8900 Triple Quadrupole* utilizado durante a aquisição dos dados de Rb–Sr, Curtin University, Australia.

Código da SP	Unidade Litoestratigráfica	Local	Mineral analisado
IN02	Fm. Sete Lagoas	Serra do Cipó	Muscovita e Biotita
IN08	Grupo Macaúbas (indiviso)	Lapinha da Serra	Muscovita
IN14	Fm. Serra de Santa Helena	Lapinha da Serra	Biotita
IN30A	Fm. Sete Lagoas	Serra do Cipó	Biotita
N204	Fm. Sete Lagoas	Lapinha da Serra	Biotita
N207	Fm. Sete Lagoas	Lapinha da Serra	Biotita

Tabela 2.2– Seções polidas confeccionadas a partir de amostras coletadas no trabalho de campo para geocronologia Rb–Sr.

CAPÍTULO 3– CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

As áreas de estudo contempladas se localizam no setor meridional da Serra do Espinhaço, entre as zonas de cisalhamento e as falhas de empurrão externas do Orógeno Araçuaí, compostas pelas rochas da Supergrupo Espinhaço e Grupo Macaúbas, e inserida na área de influência da cobertura cratônica do Grupo Bambuí. Portanto, serão descritas a seguir a geotectônica e a estratigrafia das unidades mais importantes dos supergrupos e formações presentes nas áreas.

3.1. Contexto Geotectônico

3.1.1. Orógeno Araçuaí

O Evento Orogênico Brasileiro deixou marcas de sua influência, ao longo de todo o território brasileiro, com a presença de faixas de dobramentos e empurrões, o caracterizando como um ciclo geodinâmico (Uhlein *et al.*, 2011). Os eventos de convergência gerados pelo Brasileiro foram responsáveis pelo desenvolvimento dos sistemas orogênicos Mantiqueira, onde se encontra inserido o Orógeno Araçuaí, Tocantins e Borborema (Hasui, 2010).

A Faixa Araçuaí foi inicialmente definida por Almeida (1977) como uma faixa de empurrões e dobramentos entre o atlântico brasileiro e o Cráton São Francisco. O Orógeno Araçuaí é classificado como um orógeno colisional que se consolidou sobre um complexo sistema de amalgamação de massas continentais do Supercontinente Gondwana, entre o Neoproterozoico e o Cambriano. A junção entre o limite leste brasileiro e o limite sudoeste africano recebe a denominação de *Araçuaí West Congo Orogen* (AWCO) - Orógeno Araçuaí- Congo Ocidental (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001, 2008).

O AWCO (Figura 3.1) se divide em seu domínio interno (E), onde se encontram as rochas de mais alto grau metamórfico, com presença de corpos granitoides e

anatexia, e externo (W), onde se observa rochas de baixo grau metamórfico associadas a um cinturão de dobramento–cavalgamento, bordejando o Cráton São Francisco (Rosière *et al.*, 1994; Noce *et al.*, 2007).

Seu embasamento orogênico se constituiu pelo retrabalhamento e desmembramento dos núcleos arqueanos pelo Evento Orogrênico Brasileiro (~600 a 540 Ma). Dessa forma, o AWCO se define como tal devido a um conjunto de componentes geotectônicos, identificados em etapas pré-, sin- e pós-colisionais (Pedrosa-Soares *et al.*, 2020). Registros do arco magmático e do plutonismo colisional a pós-colisional, destacados pelas supersuítas magmáticas G1, G2, G3, G4 e G5 (Figura 3.1), demonstram que o Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental apresenta aspectos iniciais e finais que caracterizam um ciclo orogênico (Ciclo de Wilson), com geração e consumo de litosfera oceânica (Alkmim *et al.*, 2006; Pedrosa-Soares *et al.*, 1992, 2001, 2007).

Seu ciclo orogênico, portanto, apresenta os seguintes estágios: i) desenvolvimento do sistema de bacias precursoras Macaúbas (1160 – 599 Ma); ii) estágio pré-colisional (630–580 Ma); iii) estágio sin-colisional (580–560 Ma); iv) estágio tardicolisional (560–530 Ma) e v) estágio pós-colisional (530–490 Ma). Todos os estágios orogênicos e suas respectivas idades têm sido delimitados por estudos estruturais, geoquímicos e isotópicos (Alkmim *et al.*, 2006; Peixoto *et al.*, 2018; Pedrosa-Soares *et al.*, 2020; Amaral *et al.*, 2020; Pacheco *et al.*, 2023).

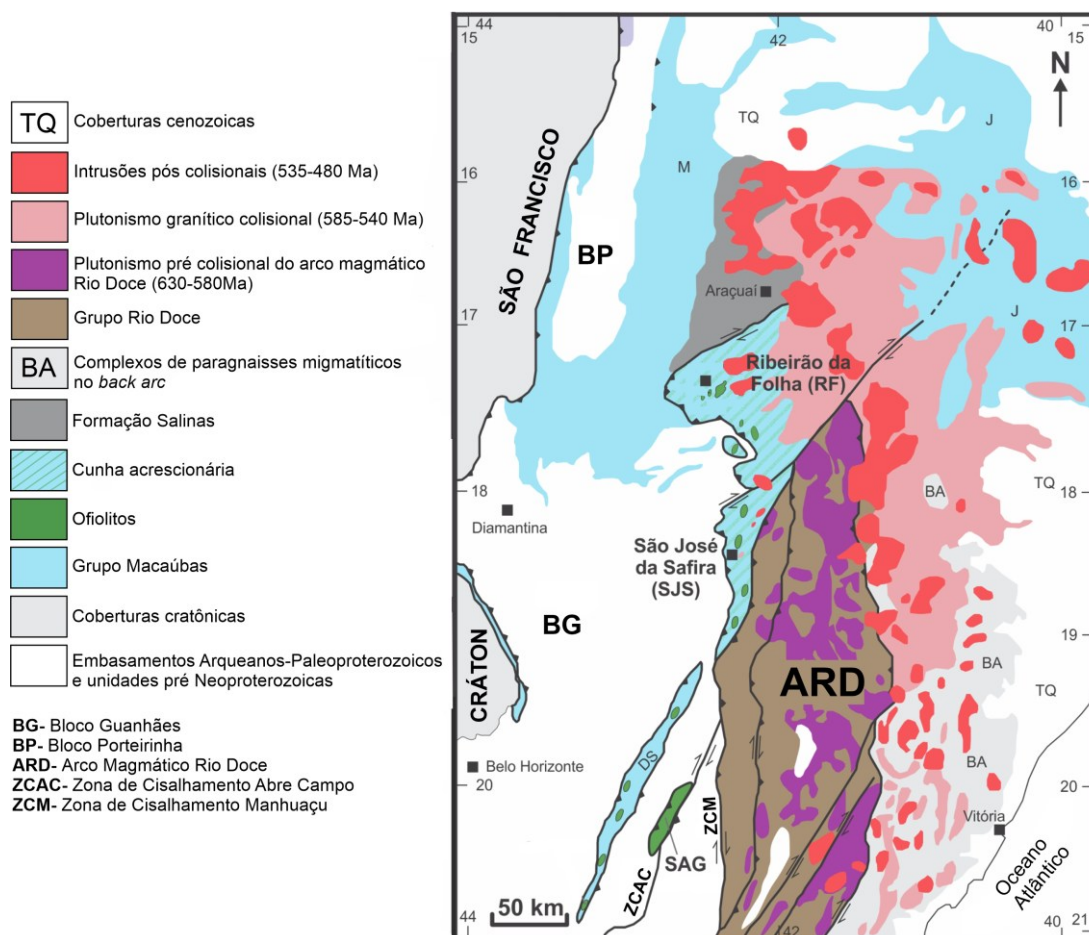


Figura 3.1– Geologia e compartimentação geotectônica do Orógeno Araçuaí. Modificado de Amaral et al. (2020).

3.1.2. Cráton São Francisco

O Cráton São Francisco (CSF) pode ser denominado como um conjunto de fragmentos continentais arqueanos unidos por uma rede orogênica paleoproterozoica, conjunto sobre o qual se instalaram diversas bacias sedimentares Proterozoicas (Figura 3.2), abrangendo aproximadamente 650.000 km² e cobrindo os estados da Bahia, Tocantins, Minas Gerais e Goiás. O CSF se caracteriza como cráton por ter tido seu embasamento poupado da deformação neoproterozoica brasileira (Almeida, 1967, 1977; Alkmim, 2004). Dessa forma, os esforços causados pelo evento Brasileiro desencadearam uma deformação *thin skin*, onde não há envolvimento deformacional do embasamento cristalino, colocando o cráton como peça fundamental nas interpretações geotectônicas do Gondwana Ocidental (Affolter & Gratier, 2004; Matos, 2016; Heilbron, 2017).

Trabalhos anteriores elaboraram diversas propostas no que tange à definição dos limites cráton–faixas de dobramentos, baseados em interpretações e correlações estratigráficas e geocronológicas (Egydio-Silva, 1987; Trompette *et al.*, 1992; Fuck *et al.*, 1993; Alkmim, 1993). As discussões acerca dos limites do cráton e suas faixas móveis seguem até os dias atuais sendo um dos principais objetos de estudo de diversos trabalhos (Heilbron, 2017; Cordani, 2017; Féres, 2020; Araújo *et al.*, 2020) que investigam essas relações através de petrografia, geologia estrutural, geocronologia e geotectônica. O CSF se apresenta limitado pelas seguintes faixas: margem norte (Faixa Rio Preto, Faixa Riacho do Pontal e Faixa Sergipana e margem sul (Faixa Araçuaí, Faixa Brasília e Faixa Ribeira) (Cordani, 2017).

Sobreposto às rochas cratônicas arqueanas e paleoproterozoicas, que atuaram como sítio deposicional, ocorrem rochas paleo a neoproterozoicas preenchendo a Bacia do São Francisco. Nesse contexto, o cráton passou por duas tafrogêneses: (1) no Estateriano (1,8 a 1,5 Ga, com possíveis reativações a ca. 1,2 Ga), responsável pela instauração da sedimentação do Supergrupo Espinhaço (Brito Neves *et al.*, 1996; Uhlein *et al.*, 2011; Danderfer *et al.*, 2009; Chemale *et al.*, 2012), com continuação da sedimentação *rift-sag* durante o Mesoproterozoico, e (2) no Toniano (1000 a 850 Ma), responsável pelo processo de rifteamento que viria a propiciar a sedimentação de origem glacial, Criogeniana, do Grupo Macaúbas (Alkmim *et al.*, 1993; Schobbenhaus, 1996). Nas bordas cratônicas se formaram bacias de margem passiva neoproterozoicas que, mais tarde, foram afetadas pela inversão tectônica e pelo metamorfismo da Orogênese Brasileira (Alkmim & Martins-Neto, 2001; Alkmim, 2004; Uhlein *et al.*, 2011). No fim da mesma era, uma transgressão marinha depositou as rochas do Grupo Bambuí, resultado de um regime flexural relacionado, inicialmente, à Faixa Brasília (Dardenne, 2000; Uhlein *et al.*, 2011; Caxito *et al.*, 2021).

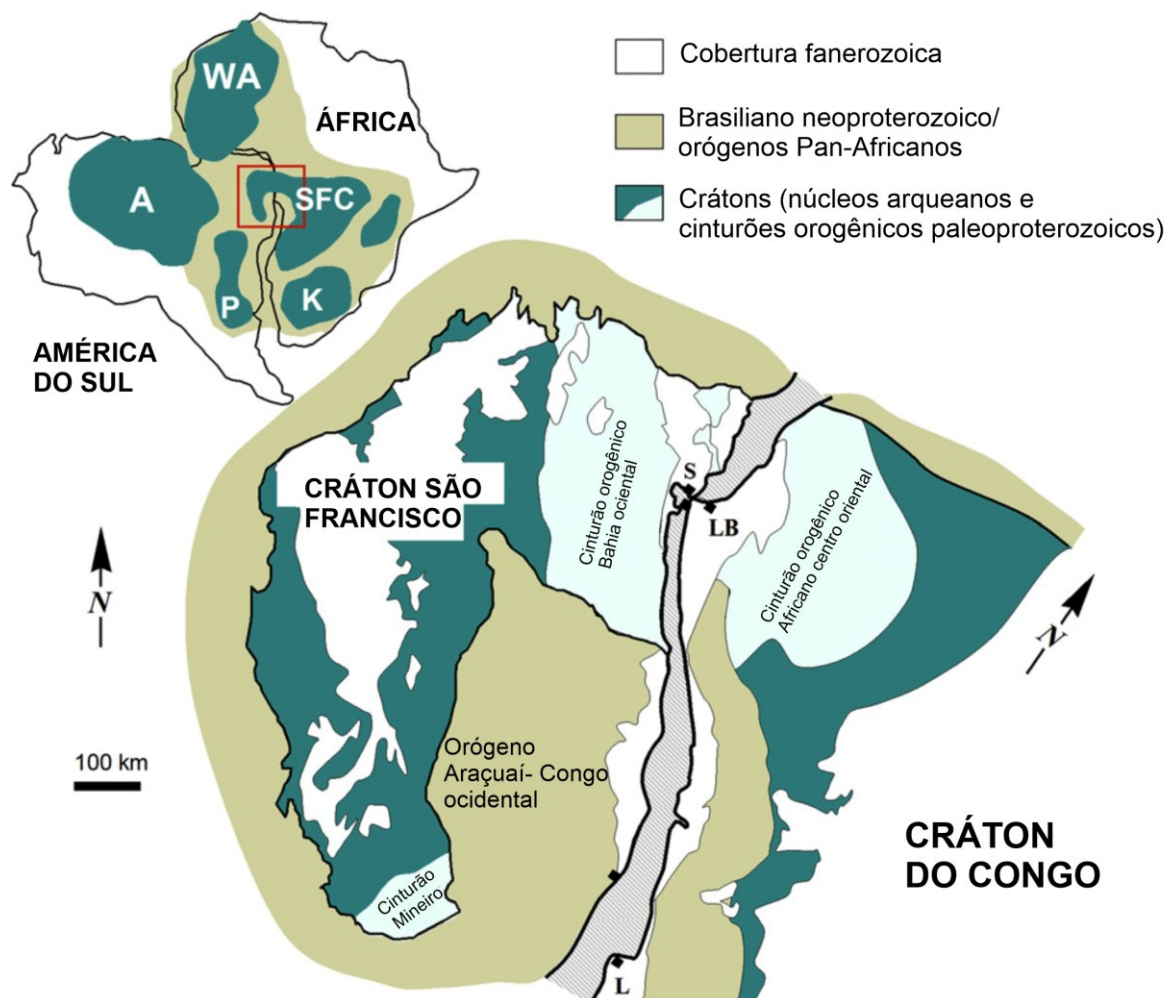


Figura 3.2– O cráton do São Francisco e sua contraparte africana, o cráton do Congo, representados na configuração do supercontinente Gondwana Ocidental. Componentes da América do Sul: A (Amazônia); P (*Rio de la Plata*); SFC (*San Francisco–Congo*) S (Salvador) e V (Vitória); e Componentes da África: K (*Kalahari*); L (*Luanda*) e LB (*Le Breuville*). Modificado de Alkmim & Martins-Neto (2012).

3.1.3. Serra do Espinhaço Meridional

A história geológica e estratigráfica da Serra do Espinhaço Meridional (SdEM) tem sido contada e desenvolvida ao longo de mais de 150 anos. Os primeiros trabalhos foram desenvolvidos por diversos autores como Eschwege (1822, 1833), Schöll & Fogaça (1979), Derby (1881,1906) e Freiberg (1932). A ampla ocorrência de diamantes associados aos metaconglomerados da Formação Sopa Brumadinho durante o século XVIII, tornou a SdEM um dos principais alvos de estudos

estratigráficos, estruturais e econômicos (Renger, 1979; Uhlein, 1991; Renger & Knauer, 1995; Chaves, 1997; Knauer, 2007).

A SdEM, em seu contexto geotectônico localizada no limite sudeste do Cráton São Francisco, traduz um ciclo de bacias intracontinentais, com deposição de sequências rifte e *rift-sag* (Figura 3.3), que se iniciou em ~1,75 Ga e se estende até ~1,0 Ga (Almeida-Abreu, 1995; Dussin & Dussin, 1995; Uhlein, 1991; Chemale *et al.*, 2011, 2012; Alkmim & Martins-Neto, 2012), resultantes da tectônica distensiva após as orogêneses Riagianas, e da deformação e inversão estratigráfica destas bacias durante a tectônica brasileira (Brito Neves *et al.*, 1996; Uhlein *et al.*, 1998; Dussin & Dussin, 2013). Alonga-se por cerca de 1200 km, na direção N-S desde a região do Quadrilátero Ferrífero (QF) até os limites norte da Bahia com os estados de Pernambuco e Piauí (Almeida-Abreu & Renger, 2002). Divide-se em Serra do Espinhaço Setentrional (SdES) e Meridional (SdEM), estando esta última inserida nas áreas de estudo deste trabalho.

Durante o final do Neoproterozoico e início do Fanerozoico, a tectônica brasileira ocasionou o fechamento das bacias anteriores gerando deformação regional a partir de um regime dúctil, levando à estruturação da Faixa Araçuaí (Alkmim & Martins Neto, 2012; Dussin & Dussin, 2013).

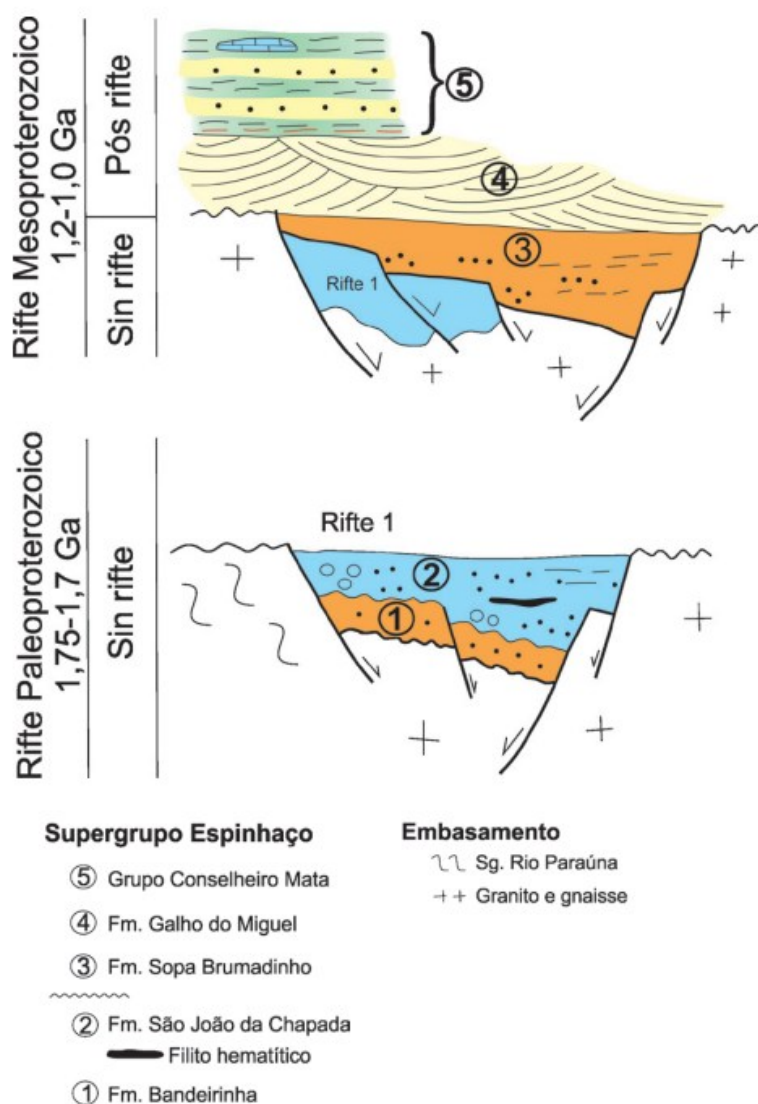


Figura 3.3— Relações entre a estratigrafia e a cronologia do Supergrupo Espinhaço, baseados em dados de Chemale Jr et al. (2012), Santos et al. (2013) e Santos et al. (2015). Retirado de Uhlein et al. (2017a).

3.1.4. Bacia do Bambuí

A Bacia do Bambuí e o seu desenvolvimento é alvo de diferentes interpretações e divergências quanto ao seu ambiente geotectônico e deposição das rochas neoproterozoicas. Trabalhos anteriores de Pflug & Renger (1973) consideraram a bacia, inicialmente, como intracratônica. A deposição durante uma tectônica compressiva, resultado da orogênese Brasileira, é defendida por diversos autores,

que interpretam a formação da bacia como uma resposta a subsidência flexural resultado de sobrecarga tectônica (Chang *et al.*, 1988; Thomaz Filho *et al.*, 1998; Dardenne, 2000; Martins-Neto & Alkmim, 2001; Alkmim & Martins-Neto, 2001). A outra interpretação leva em consideração uma tectônica extensional, o que gerou um sistema de bacias epicontinentais em margens passivas (D'el-Rey Silva, 1999; Campos Neto, 2000; Dominguez, 1993).

Evidências obtidas através da interpretação de seções sísmicas mostram que a base da bacia possui aspectos de desenvolvimento intracratônico evoluindo de forma gradativa para antepaís (Zalán & Romeiro-Silva, 2007). Diante das grandes discussões sobre sua ambientação tectônica, atualmente, a Bacia do Bambuí é considerada uma bacia de antepaís resultado da estruturação da Faixa Brasília, teoria investigada através dos estudos de proveniência sedimentar (Guimarães & Dardenne, 1998; Castro & Dardenne, 2000), distribuição regional dos sistemas deposicionais (Chiavegatto, 1992; Castro & Dardenne, 2000), dados sísmicos (Reis *et al.*, 2017) e litoestratigrafia (Uhlein *et al.*, 2017b).

Ao correlacionar o modelo tectônico (Figura 3.4) de DeCelles & Giles (1996) com a litoestratigrafia regional das rochas neoproterozoicas do Grupo Bambuí, os depósitos de *foredeep* são caracterizados pelas formações Samburá e Lagoa Formosa (Uhlein *et al.*, 2017b). Os episódios de retrogradação e progradação das rochas carbonáticas e siliciclásticas das formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré, resultado da tectônica da Faixa Brasília, são caracterizados como perfazendo os depósitos de *forebulge* (Uhlein *et al.*, 2011; Uhlein *et al.*, 2017b).

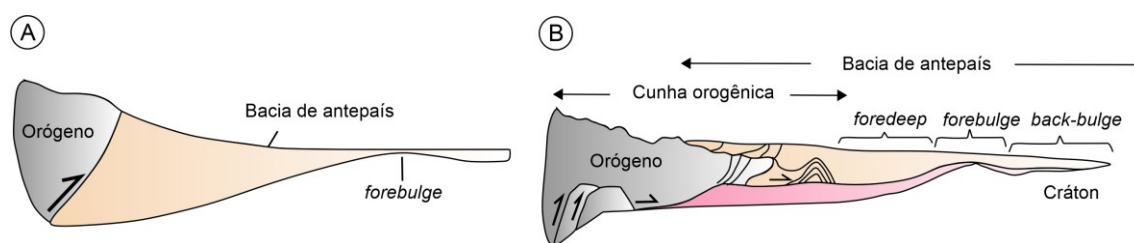


Figura 3.4– Esquema ilustrativo do modelo de bacia de antepaís interpretada para o Grupo Bambuí. A- Estruturação regional e B- Principais depoizonas. Modificado de Uhlein *et al.*, 2017b, a partir de DeCelles & Giles (1996).

3.2. Litoestratigrafia Regional

Os projetos de mapeamento conduzidos por Ribeiro (2008) e por Oliveira *et al.* (1997) abrangem a geologia regional das áreas de estudo, que estão inseridas na porção leste da Folha Baldim (SE.23-Z-C-III, escala 1:100.000).

3.2.1. Supergrupo Espinhaço

Ao longo de sua alternância estratigráfica de aproximadamente 6000 m, o Supergrupo Espinhaço é composto por metarenitos, metapelitos, metaconglomerados, metavulcânicas, rochas carbonáticas associadas (em menor proporção). As litologias se encontram em baixo grau de metamorfismo, variando entre xisto verde ou inferior (Uhlein, 1991; Martins-Neto, 2009; Chemale *et al.*, 2011). É compartimentado nos Grupos Diamantina e Conselheiro Mata, devido à proposta inicial de diferentes registros e fases evolutivas distintas representadas nestas sequências dentro da Bacia Espinhaço (Dossin *et al.*, 1984; Dossin *et al.*, 1990).

O Grupo Diamantina é composto, da base para o topo, pelas Formações Bandeirinha, São João da Chapada, Sopa Brumadinho, que apresenta um hiato deposicional de aproximadamente 500 Ma, (Chemale Jr *et al.*, 2012). Ao longo do Grupo Diamantina ocorrem arenitos, conglomerados, pelitos e algumas vulcânicas (Martins-Neto, 1993).

O Grupo Conselheiro Mata apresenta alternâncias cíclicas de sedimentos pelíticos e psamíticos ao longo de suas formações, associado a episódios transgressivos e regressivos em ambiente marinho. Divide-se nas Formações Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande, representando uma margem passiva controlada pelos ciclos de variação do nível do mar (Dupont, 1995; Martins-Neto, 1993; Guadagnin & Chemale, 2015). A Formação Galho do Miguel ocorre entre os grupos Diamantina e Conselheiro Mata, sendo a unidade com maior espessura e distribuição geográfica (Chemale Jr. *et al.*, 2012).

3.2.2. Grupo Macaúbas

O Grupo Macaúbas, definido como grupo por Schöll (1973), está inserido na porção externa do Orógeno Araçuaí e compreende o registro do preenchimento de uma bacia rifte–margem passiva, caracterizado como uma bacia precursora (Alkmim *et al.*, 2006; Kuchenbecker *et al.*, 2015; Souza, 2016; Castro, 2014). Dessa forma, apresenta em sua base, inicialmente, rochas sedimentares retrabalhadas durante o Neoproterozoico por fluxos gravitacionais. Sua localização abrange os setores ocidentais, orientais e meridionais da área de influência do Orógeno Araçuaí (Noce *et al.*, 1997). Três fases deformacionais associadas com magmatismos anorogênicos são identificadas na unidade (Noce *et al.*, 1997; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011; Kuchenbecker *et al.*, 2015; Amaral *et al.*, 2020). Em sua composição apresenta diamictitos de matriz areno-argilosa esverdeada, além de grânulos, seixos e matacões de quartzitos, quartzo, filitos, siltitos, carbonatos, granitos e gnaisses (Tuller *et al.*, 2010).

Com a evolução dos conhecimentos estratigráficos, sedimentológicos e petrográficos, o Grupo Macaúbas (Figura 3.5) se divide em estágios de sucessões glaciogênicas: Formações Matão, Duas Barras e Rio Peixe Bravo (pré-glacial), Formações Serra do Catuni, Nova Aurora e Chapada Acauã Inferior (glacial) e Chapada Acauã Superior e Ribeirão da Folha (pós-glacial) (Noce *et al.*, 1997; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011). Vale ressaltar que as antigas formações Matão e Duas Barras por terem equivalência lateral e o mesmo sistema deposicional foram reunidas em uma mesma formação denominada como Formação Matão-Duas Barras (Souza *et al.*, 2019).

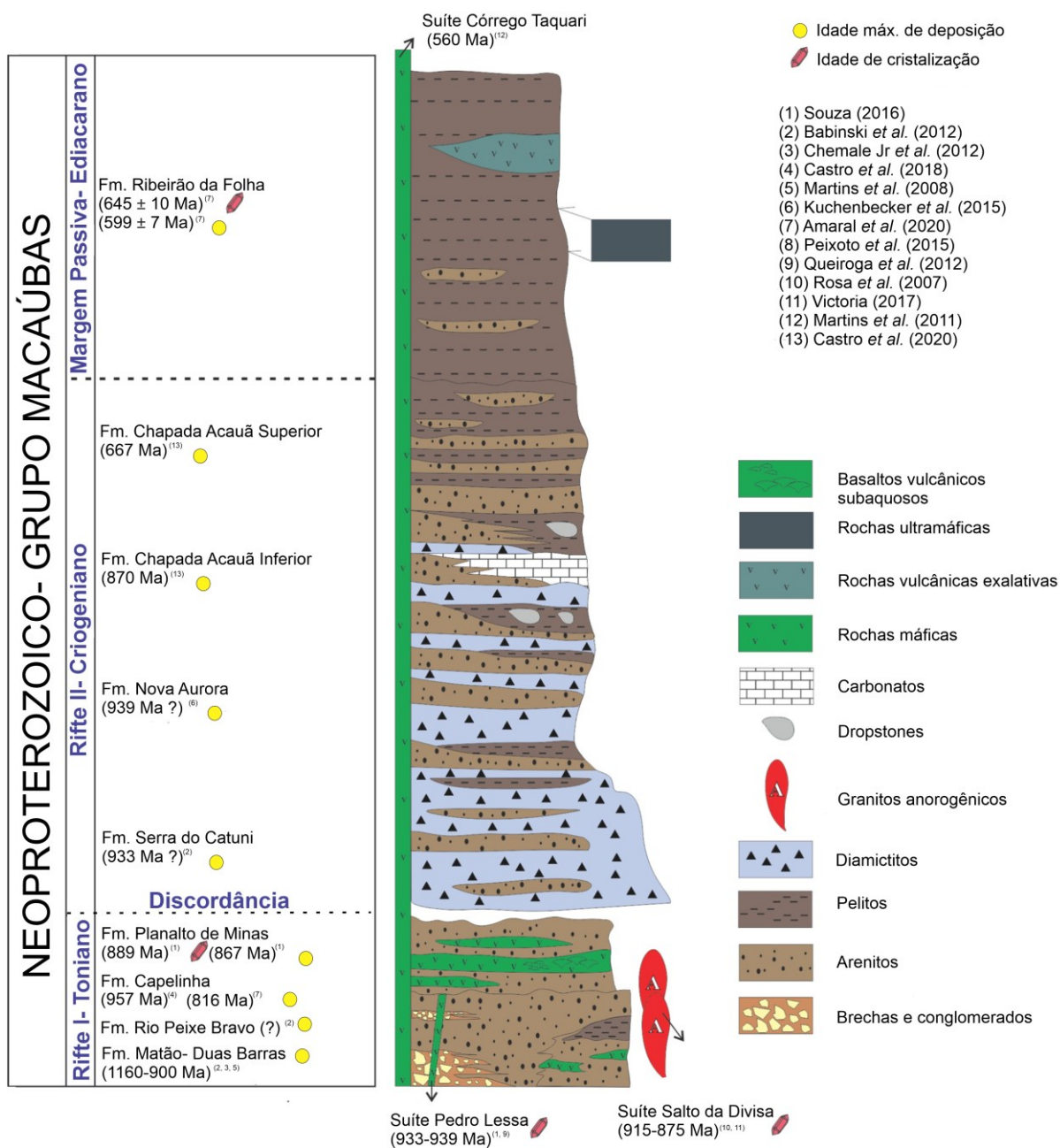


Figura 3.5– Coluna litoestratigráfica do Grupo Macaúbas. As idades máximas de deposição são definidas a partir das populações mais novas de zircão detrítico. Modificado de Pacheco *et al.* (2023).

3.2.3. Grupo Bambuí

Depositado durante o Ediacarano-Cambriano, o Grupo Bambuí se caracteriza como uma espessa sucessão carbonática-siliciclástica, com intercalações de

unidades pelíticas, arenitos e conglomerados que se estende na direção N-S por toda a Bacia do São Francisco de aproximadamente 300.000 km² (Minas Gerais, Goiás e Bahia), abrangendo o contexto geotectônico do cráton (CSF). A bacia se encontra, segundo Alkmim & Martins-Neto (2001), delimitada: a norte pela Faixa Rio Preto (Almeida, 1977) a sul, pelo contato entre o embasamento e o Supergrupo São Francisco; a nordeste, pelo corredor intracratônico do Aulacógeno do Paramirim (Cruz & Alkmim, 2006); a leste, pelo domínio externo do Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001) e a oeste, pela zona de influência da Faixa Brasília (Almeida, 1977). Sua área de influência se divide nos setores ocidental e oriental (Tabela 3.1).

Setor Ocidental		Setor Oriental
Fm. Três Marias		Fm. Três Marias
Fm. Lagoa Formosa	Fm. Serra da Saudade	Fm. Serra da Saudade
		Fm. Lagoa do Jacaré
Fm. Serra de Santa Helena		Fm. Serra de Santa Helena
Fm. Samburá	Fm. Sete Lagoas	Fm. Sete Lagoas

Tabela 3.1– Setorização ocidental e oriental das unidades aflorantes do Grupo Bambuí na Bacia do São Francisco. Modificado de Martínez (2007) e Uhlein *et al.* (2004).

No contexto das primeiras pesquisas realizadas, os sedimentos carbonáticos e argilosos aflorantes no vale do Rio São Francisco foram chamados de “Série São Francisco” por (Derby, 1881 *in* Dardenne, 1978). Essa denominação original foi modificada pela expressão “Série Bambuí” que ficou consagrada pelo uso na literatura geológica (Rimann, 1917 *in* Dardenne 1978).

Costa & Branco (1961) apresentaram a primeira coluna estratigráfica de âmbito regional subdividindo a “Série Bambuí” em três formações: Carrancas (unidade basal), Sete Lagoas (unidade intermediária) e Rio Paraopeba (unidade superior), sendo esta última constituída por quatro membros: Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Três Marias e Serra da Saudade. Essa coluna se tornou referência para os trabalhos de mapeamento do Gr. Bambuí, e sofreu algumas modificações (Tabela 3.2) com o

desenvolvimento de novas pesquisas na bacia como um todo (Dardenne, 1978; Uhlein *et al.*, 2004; Martins-Neto, 1998). Um exemplo disso é a subdivisão da Fm. Sete Lagoas em membros (Pedro Leopoldo, Vespasiano e Lagoa Santa), segundo o Projeto Vida (CPRM, 1991).

Formação	Litologia	Espessura (m)	Ambiente de Sedimentação
Três Marias	Siltitos, arenitos e arcóseos	100	Fluvial, marinho a sublitorâneo e marinho litorâneo.
Serra da Saudade	Folhelhos, argilitos e siltitos carbonáticos esverdeados (verdete)	25 a 200	Fluvial, marinho a sublitorâneo e marinho litorâneo.
Lagoa do Jacaré	Calcários polícticos e polícticos, siltitos e margas	0 a 100	Marinho sublitorâneo, submetido a influência de ondas e correntes de maré.
Serra de Santa Helena	Folhelhos e siltitos cinzas	220 a 150	Marinho sublitorâneo, submetido a influência de ondas e correntes de maré.
Sete Lagoas	Calcários dolomíticos, dolomitos, oólitos e estromatólitos.	250 a 200	Ambiente marinho sublitorâneo, abaixo do nível de base das ondas e correntes de maré, profundidade média
Jequitaiá	Paraconglomerados, dolomitos, cherts, gnaisses, micaxistos, granitos e rochas vulcânicas.	~100	Glacial
Carrancas	Siltitos, conglomerados, diamictitos e ritmitos	~70	Margens da bacia

Tabela 3.2– Litoestratigrafia regional de raseamento ascendente e ambientes de sedimentação. Modificado de Uhlein *et al.* (2004).

O Grupo Bambuí é dividido (Figura 3.6), da base para o topo em: (i) Formação Carrancas (ii) Formação Jequitaiá, (iii) Formação Sete Lagoas, (iv) Formação Samburá (v) Formação Serra de Santa Helena, (vi) Formação Lagoa do Jacaré, (vii) Serra da Saudade e (viii) Formação Lagoa Formosa e (ix) Formação Três Marias (Dardenne, 1978; Martins-Neto & Alkmim, 2001).

A Formação Carrancas é composta por siltitos, conglomerados, diamictitos e ritmitos, e ainda, raros dolomitos no topo da unidade. Foi considerado, por um período,

que essa formação era correlacionada com a Formação Jequitaí. Porém, a sua gênese tem sido alvo de discussões nos últimos anos, já que diversos autores relatam não haver evidências de sedimentação glacial ao longo da zona de influência da Formação Carrancas (Martins-Neto *et al.*, 2001; Rodrigues, 2008; Tuller *et al.*, 2010; Caxito *et al.*, 2012; Uhlein *et al.*, 2013; Uhlein *et al.*, 2016). Sua posição dentro do Grupo Bambuí ainda apresenta algumas lacunas. Atualmente se considera que esta unidade foi depositada num contexto de fluxo de gravidade controlado pelas margens, afetadas por falhas, da bacia, em grábens restritos no embasamento, e seria mais velha que a Formação Jequitaí, provavelmente representando deposição correlacionada ao *Keele Peak*, no final do Criogeniano (Uhleim *et al.* 2016).

A Formação Jequitaí é considerada como unidade basal da litoestratigrafia do Grupo Bambuí e é composta por diamictitos, intercalados por pelitos e arenitos, com amplo registro de sedimentação glacial, evidenciada por pavimentos e clastos estriados, *eskers* e clastos caídos, dentre outros (Isotta *et al.*, 1969; Karfunkel & Hoppe, 1988). Os diamictitos possuem clastos de quartzitos, siltitos, calcários, silexitos e granitóides, variando de grânulo à matacão. Não há consenso sobre a idade de deposição da Formação Jequitaí, mas as características do carbonato de capa do Membro Pedro Leopoldo da Formação Sete Lagoas, sobrejacente, indicam provável idade correlata à glaciação Marinona, há 635 Ma (Santos *et al.*, 2000; Uhlein *et al.*, 2011a; Caxito *et al.*, 2012, 2018, 2021; Alvarenga *et al.*, 2014).

A Formação Samburá está interdigitada no Grupo Bambuí e é composta por conglomerados polimícticos e pelitos, que foram, inicialmente, posicionados na base da Formação Sete Lagoas por Barbosa *et al.* (1970). Muitas foram as correlações desses conglomerados com o evento glacial responsável por depositar rochas nas unidades Jequitaí, Ibiá e Macaúbas (Dardenne, 1978; Gonzaga & Tompkins, 1991). Entretanto, Castro & Dardenne (1995) e Uhlein *et al.* (2017b) demonstram a relação dessas rochas com um ambiente deposicional em fan-delta ligado à formação da Faixa Brasília, interpretação suportada por dados geocronológicos de Uhlein *et al.* (2017b) que indicam erosão da cadeia de montanhas adjacente.

A Formação Sete Lagoas apresenta dolomitos, calcários e pelitos (Costa & Branco, 1961). Níveis com presença de estromatólitos bem preservados são comuns

nas rochas dessa formação. Ocorrem margas e pelitos ao longo das rochas carbonáticas, que se apresentam como horizontes contínuos ou como corpos lenticulares. Nesse contexto, suas rochas são interpretadas como um ambiente marinho raso (transgressão). A deposição se deu a partir da água do mar inundando as regiões continentais mais baixas, marcadas pela presença de margas e sedimentos terrígenos. O aumento do nível d'água reduziu a influência da sedimentação terrígena, aumentando a formação de sedimentos carbonáticos.

A Formação Sete Lagoas é dividida em dois membros, Pedro Leopoldo e Lagoa Santa. O membro basal é caracterizado por um carbonato de capa clássico, com dados de $\delta^{13}\text{C}$ progressivamente mais negativos e então retornando a próximos a 0 per mil, associação com barita, leques de aragonita e outras estruturas que indicam sua deposição na base do Ediacarano. Essa interpretação é suportada por dados geocronológicos recentes, com idades U-Pb em calcita entre 618 e 600 Ma nos leques de aragonita associados (Caxito *et al.*, 2021). Algumas dezenas de metros acima, o membro Lagoa Santa apresenta calcários com $\delta^{13}\text{C}$ em torno de 0 per mil, atingindo rapidamente valores positivos acima de 15 per mil no topo (MIBE ou *Middle Bambuí Excursion*, Uhlein *et al.*, 2019). Warren *et al.* (2014) apontam a ocorrência de fósseis de *Cloudina sp.* no Membro Lagoa Santa, o que, em conjunto com zircões detríticos em torno de 570 Ma (Paula-Santos *et al.*, 2015), indicaria uma idade do Ediacarano terminal para essa unidade (ver Caxito *et al.*, 2021 para discussões).

A Formação Serra de Santa Helena é composta por siltitos e intercalações pelito-arenosas e posteriormente arenitos que apresentam aproximadamente 200 m de espessura (Costa & Branco, 1961). Há presença frequente de arenitos finos e calcários cinza-escuros como intercalações (Dardenne & Walde, 1979). A Formação é dividida em cinco litofácies, segundo Lima *et al.* (2007): (1) ritmito, (2) siltito argiloso maciço, (3) arenito muito fino com laminação cruzada, (4) carbonatos e (5) siltito com *hummocky*. É considerada um ponto chave na estratigrafia do Grupo Bambuí, já que separa os dois níveis carbonáticos, caracterizados pela Formação Lagoa do Jacaré e Sete Lagoas.

A Formação Lagoa do Jacaré é caracterizada por intercalação rítmica de calcários oolíticos e pisolíticos cristalinos, ricos em matéria orgânica e esteiras microbianas,

com siltitos e margas, de coloração cinza escura, que podem ser localmente predominantes (Dardenne & Walde, 1979). Dessa forma, esta unidade é a marca de um segundo registro carbonático na bacia. As rochas afloram principalmente no setor oeste da bacia e ocorrem em formas de lentes (Uhlein, 1991).

A Formação Lagoa Formosa, localizada mais a oeste da bacia, consiste em jaspilito, diamictito intraformacional, conglomerado e carbonatos, ambos com correlação lateral à Formação Serra da Saudade (Uhlein *et al.*, 2011b). A variedade de diversas litofácies ao longo desta unidade se justifica pelo desenvolvimento de um sistema deposicional de leque submarino em uma bacia tipo *foreland* ao longo da influência geotectônica da Faixa Brasília (Baptista, 2004; Uhlein *et al.*, 2011b).

A Formação Serra da Saudade apresenta litotipos como folhelhos verdes, argilitos, siltitos glauconíticos, comumente denominados como 'verdetes', e lentes de calcário negros (Dardenne, 1978; Moreira *et al.*, 2020). Estudos geocronológicos realizados por Moreira *et al.* (2020) em um tufo vulcânico datado em 520 Ma ajudaram a restringir ainda mais os intervalos de idades do Grupo Bambuí. Suas litofácies apresentam variação lateral de W-E. O ambiente de sedimentação é caracterizado como marinho plataformar, marcando a superfície de inundação máxima (Moreira *et al.*, 2020). Na região leste da bacia, ocorre ainda uma unidade carbonática rica em microbialitos conhecida como Membro Jaíba (Uhlein *et al.*, 2021).

A Formação Três Marias é a unidade topo do Grupo Bambuí, ocorrendo em contato gradacional, brusco ou erosivo com a Formação Serra da Saudade. Ocupa a área central da bacia e é composta por argilitos, siltitos, arenitos líticos e arcossianos, depositados em ambiente plataformar sob influência de ondas de tempestade, evoluindo para um ambiente flúvio-deltaico (Chiavegatto, 1992; Kuchenbecker, 2014; Kuchenbecker *et al.*, 2016; Rossi *et al.*, 2020).

A flexura litosférica gerada pela influência dos esforços tetônicos das faixas móveis circundantes ao cráton resultaram num registro que caracteriza a bacia como do tipo *foreland* (bacia de antepaís) (Barbosa *et al.*, 1970; Chang *et al.*, 1988; Alkmim & Martins-Neto, 2001, Reis *et al.*, 2017). Através do processamento de dados

sísmicos, Reis *et al.* (2017) retratam que as primeiras formações depositadas do Grupo Bambuí estão assentadas sobre estruturas pré-existentes, como por exemplo o Aulacógeno de Pirapora. Essa observação apresenta evidências de que durante o evento Brasiliano, pode ter ocorrido a reativação dessas estruturas, gerando influências ao longo da sedimentação do Grupo Bambuí.

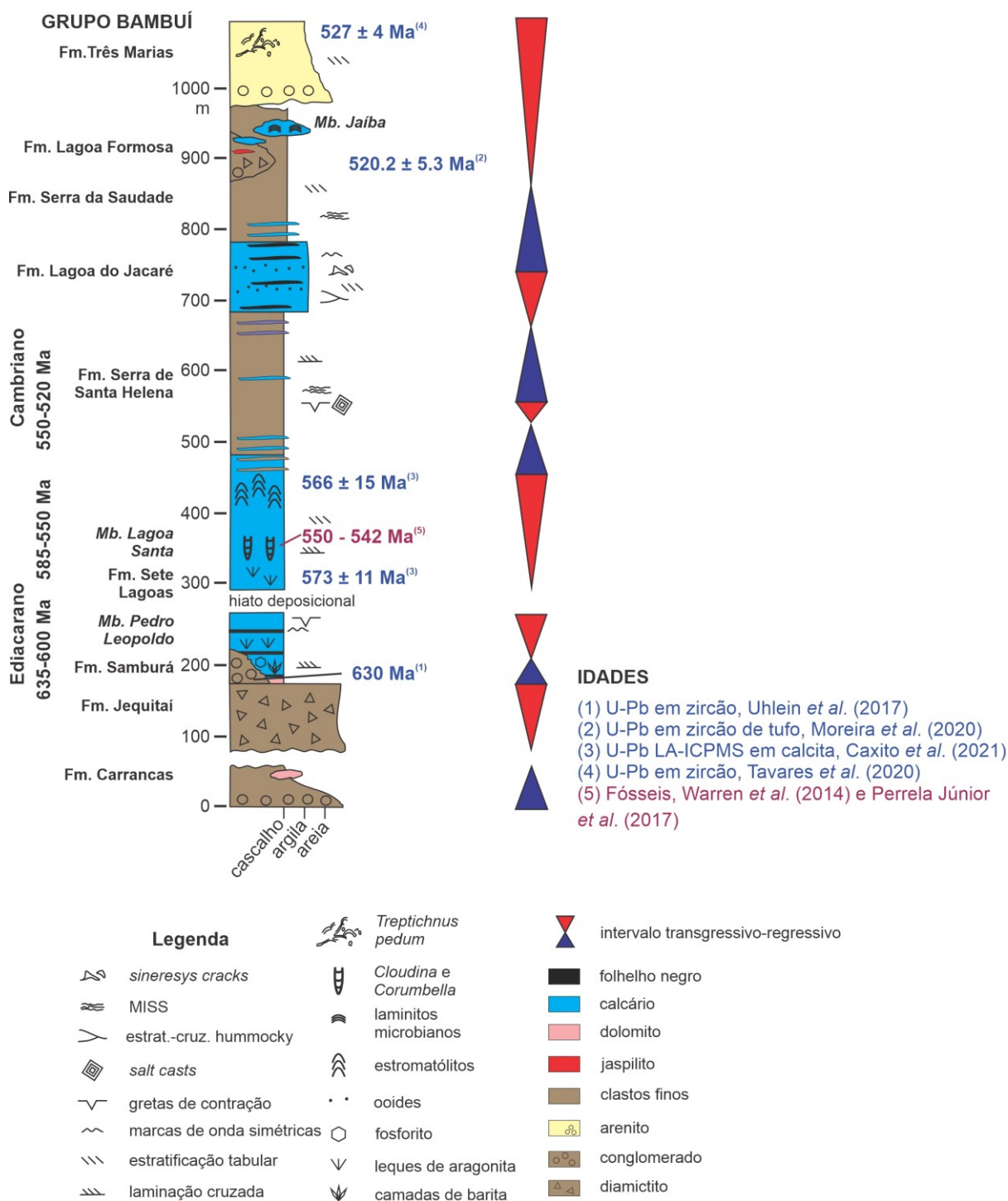
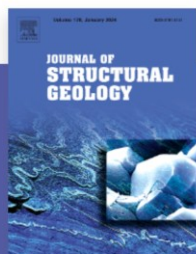


Figura 3.6– Unidades litoestratigráficas do Grupo Bambuí. Modificado de Caxito *et al.* (2021).

CAPÍTULO 4– ARTIGO CIENTÍFICO I



ScienceDirect



Journal of Structural Geology

***In situ* Rb–Sr geochronology of slickensides reveals reactivation of cratonic margins post–Gondwana assembly**

Ingridy S. Nicomedes¹, Bruno V. Ribeiro², Fabricio A. Caxito¹, Christopher L. Kirkland², Anderson Victoria¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Geologia and CPMTC Research Center, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG 31270-901, Brazil

² Timescales of Mineral Systems Group, School of Earth and Planetary Sciences, Curtin, Australia

Abstract

Assessing the time-strain evolution of orogenic structures is a crucial but difficult task, especially for upper-crust structures where the conditions of deformation are normally below the closing temperature of the main accessory minerals used in geochronology. Conventional Rb–Sr and total fusion Ar–Ar techniques are insufficient to spatially-resolve distinct microstructures such as inherited and recrystallized micas associated with fault zones developed under low- to medium-temperature conditions. Here, we use novel *in situ* Rb–Sr geochronology of fine-grained micas from fault-related rocks of the Southern Espinhaço Range (SE Brazil) to investigate the timing and effects of fault reactivation at the dawn of Gondwana assembly. Fine-grained muscovite and biotite from slickensides yield Rb–Sr isochron ages between 500–450 Ma, likely reflecting the reactivation of thrust faults. This tectonic reactivation is coeval with ductile deformation of marbles in the footwall of the main regional thrust zones. These novel mica Rb–Sr ages indicate that thrust reactivation was ca. 30–80 Ma younger than the last metamorphic event in the Araçuaí Orogen. We envisage that fault reactivation in the Southern Espinhaço Range might have been related to thermal post-orogenic relaxation due to gravitational collapse in the orogen. The results indicates that the Brasiliano thrust fronts remained active for a crucial period of biogeochemical development in the Ediacaran–Cambrian transition post-Gondwana assembly, creating high-relief mountain belts whose erosion might have influenced both the climate and detritus input in the foreland basins of Western Gondwana controlling the redox and nutrient conditions in the environments where the first complex life forms developed.

Keywords: Rb–Sr geochronology; Cratonic margins; Gondwana Orogen; Fault reactivation.

4.1. Introduction

Craton margins are key lithospheric boundaries, often containing world-scale mineral deposits (Groves and Santosh, 2021), are structurally controlled by brittle faults and medium-temperature (T) shear zones that might undergo reactivation through time (Şengör et al. 2019). This reactivation is directly important to understand the synchrony between the supply of sediments and nutrients, understood as fundamental for the evolution of life on planet Earth (Ganade de Araujo et al., 2014). Thus, defining the timing of reactivation of such structures is key to unravel the tectonic evolution of craton margins and its potential influence in the evolution of climate and life throughout Earth's history.

Despite difficulties to directly determine the timing of deformation of medium- T shear zones using micas (biotite and muscovite), particularly because of relic isotopic signatures of pre-kinematic history and partial isotopic reset (see Ribeiro et al., 2023b for review), texturally-resolved techniques like *in situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and Rb–Sr associated with detailed microstructural characterization advanced the knowledge on the chemical and deformation mechanisms that govern the main geochronometers for medium- T shear zones (Ribeiro et al., 2023a, 2023b; Kramar et al., 2001; Reddy et al., 1996, 1997, 1999). Yet, the challenge still exists for defining the timing of brittle fault nucleation and reactivation since such processes are often recorded in cryptic fine-grained micas recrystallized under low- T conditions. Although bulk techniques such as K–Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ illite geochronology are efficient to date such low- T reactivation processes it can yield mixed isotopic signals cause by physical mixture between different populations (see Hueck et al., 2022 for review), which can only be resolved using spatially-resolved techniques. *In situ* Rb–Sr geochronology via laser ablation inductively coupled plasma tandem mass spectrometer (LA-ICP-MS/MS) has been successfully employed to resolve fault reactivation using fine-grained mineral slickenfibres (Tillberg et al., 2020), demonstrating great potential to resolve the reactivation of brittle structures along craton margins.

Here, we employ detailed *in situ* Rb–Sr geochronology of fine-grained micas (muscovite and biotite) associated with brittle and ductile structures to unravel the reactivation processes in the margin of the São Francisco Craton, with significant

implications for the evolution of climate and life coeval to the dawn of the Gondwana assembly. Such investigation couple detailed *in situ* Rb–Sr geochronology with field-based structural and microstructural observations, which resulted in a thorough investigation of the reactivation historic of an important craton margin within Gondwana.

4.2. Geological context

This study is focused on the tectonic boundary between the Neoproterozoic–Cambrian Araçuaí Orogen and the Archean–Proterozoic São Francisco Craton (Figs.4.1A, B). The Araçuaí Orogen is a confined collisional orogen developed in a restricted gulf partially floored by oceanic crust carved in the São Francisco-Congo paleocontinent (Pedrosa-Soares et al. 2020; Alkmim et al., 2017; Caxito et al., 2021 and references therein). The main stages of orogenic evolution are marked by the pre-collisional granitic suite developed in a continental margin arc setting (630–580 Ma; G1 suite), followed by syn-collisional activity with pervasive crustal melting at 575–560 Ma, and finally by widespread post-collisional intrusions at 530–490 Ma (Pedrosa Soares et al., 2020). Another Buchan-type metamorphic event has been described in the northern Araçuaí Orogen, reaching pressure–temperature conditions of ~640°C and 3.0–5.5 kbar at ca. 530 Ma (Peixoto et al., 2018).

The western Araçuaí Orogen is characterized by a low–grade fold–thrust belt bordering the eastern São Francisco Craton margin, in which Archean–Paleoproterozoic basement was largely spared from Neoproterozoic deformation (Alkmim et al., 2017). Thus, thin-skin deformation fronts affect the cratonic covers (Ediacaran-Cambrian Bambuí Group) near the craton/fold belt boundary, and the first shear zone to involve basement (the thick-skin) front marks the beginning of the orogenic area *sensu stricto* in the studied Serra do Cipó region, as initially defined by Almeida (1977). The main structure, here denominated Serra do Cipó shear zone, overthrusts Proterozoic metapsammitic rocks of the rift-sag related Espinhaço Supergroup (1.8-1.0 Ga; Guadagnin and Chemale, 2015 and references therein) and of the rift to passive–margin Tonian to Cryogenian Macaúbas Group (Pedrosa-Soares

et al., 2011 and references therein) to the east over the carbonatic–siliciclastic platform covers of the Bambuí Group (ca. 635–520 Ma; Paula-Santos et al., 2015; Moreira et al., 2020; Caxito et al., 2021) to the west (Fig. 4.2). The Serra do Cipó shear zone trends N-S and dips approximately 45° to the east, following the main structural trend of the Espinhaço Range.

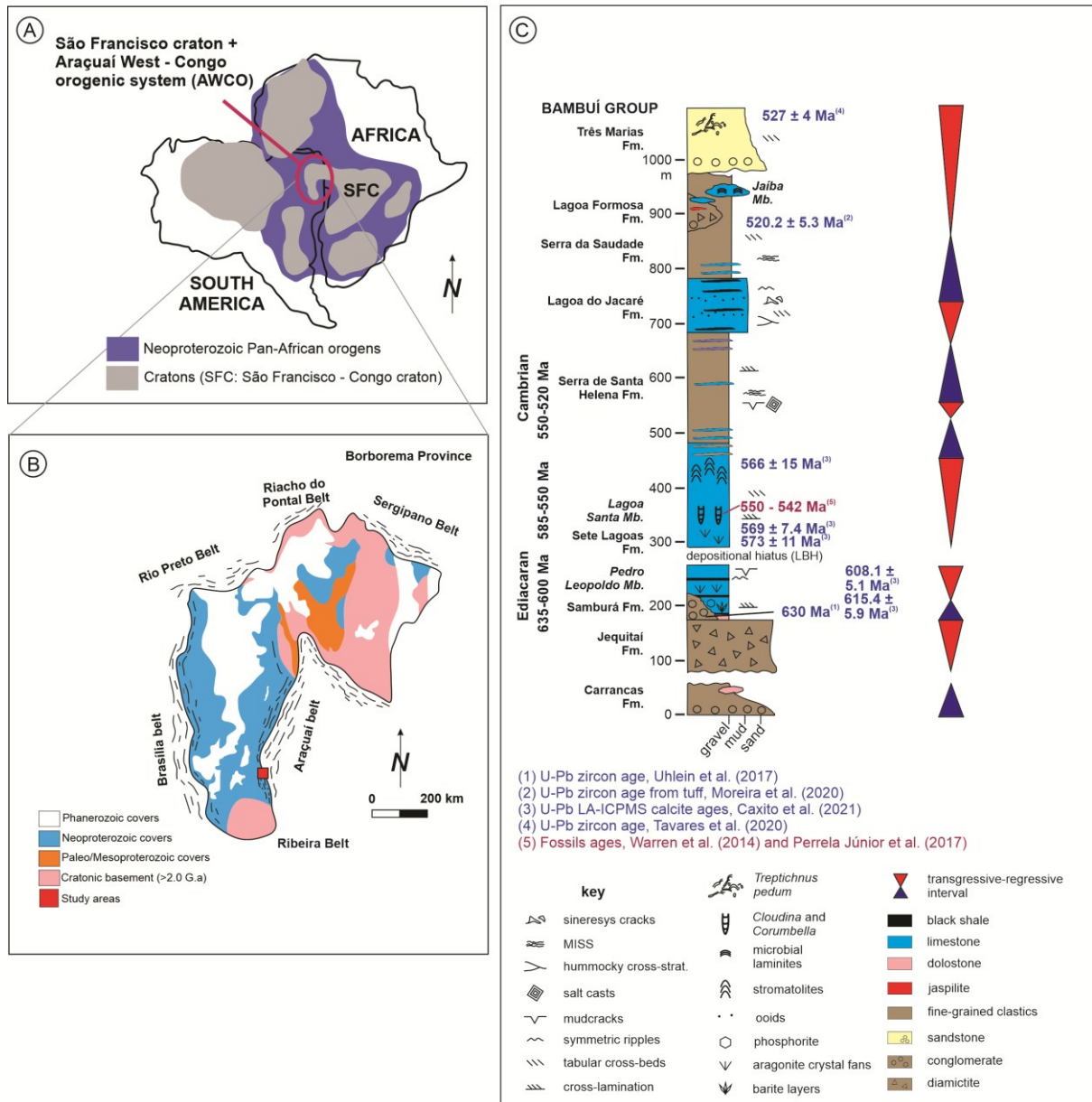


Figure 4.1– West Gondwana geotectonic setting (A) highlighted in pink for the Araçuaí West Congo orogenic system (AWCO) and São Francisco Craton; (B) geological map of São Francisco Craton with location of the study areas, Proterozoic and Phanerozoic covers, states limits and mobile belts around the cráton and (C) Schematic stratigraphic column of Bambuí Group. Figure A modified from Alkmim & Martins-Neto (2012), figure B compiled from Caxito et al. (2021) and Alkmim (2004) and figure C taken from Caxito et al. (2021).

In the study area, the Espinhaço Supergroup includes the sandstones (Galho do Miguel Formation sandstones) and shallow marine siliciclastics rocks (Conselheiro Mata Group) interpreted to be Mesoproterozoic (1.5–1.0 Ga, Guadagnin and Chemale, 2015). The Macaúbas Group is not formally divided in the area, but glacially related diamictites and sandstones are described. Elsewhere, the diamictite-bearing facies yielded detrital zircons as young as ca. 750 Ma (Pacheco et al., 2023), and distal deep marine facies are interleaved with amphibolites interpreted as oceanic crust remnants with 655–635 Ma plagiogranite intrusions (Amaral et al., 2020).

The Bambuí Group represents the dominant Ediacaran–Cambrian cover of the São Francisco craton (Fig.4.1C), likely developed in a foreland basin in response to orogenic loading of the Brasiliano thrust fronts to the west and east of the craton (Caxito et al., 2012, 2021; Reis and Suss, 2016; Uhlein et al., 2017; Uhlein et al., 2019). In the study area, the Bambuí Group is composed of two basal sequences (carbonate-dominated Sete Lagoas Formation and the mud/siltstone-dominated Serra de Santa Helena Formation). The age of Bambuí Group has been largely disputed, with detrital zircon as young as ca. 570 Ma, calcite U–Pb in the same age range and the occurrence of *Cloudina sp* and *Corumbella Wernerii* fragments indicating a late Ediacaran maximum age of deposition for the Sete Lagoas Formation (Warren et al., 2014; Paula-Santos et al., 2015; Perrella Júnior et al. 2017; Caxito et al., 2021). Despite not present in the study area, the uppermost units of the Bambuí Group have been dated at 520.2 ± 5.3 Ma (U–Pb zircon from tuff beds; Moreira et al., 2020), defining a maximum deformation age for this group.

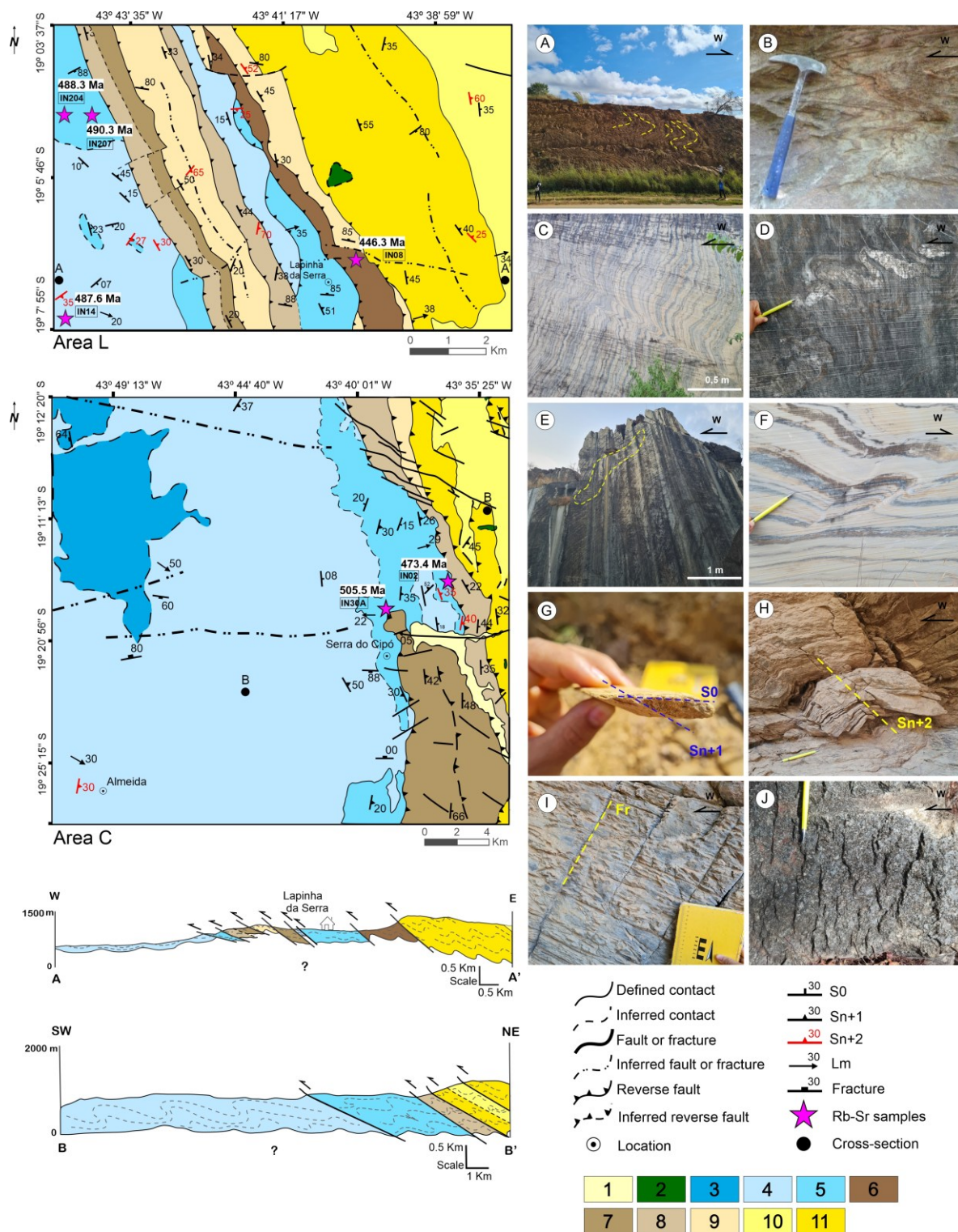


Figura 4.2– Geological maps of the study areas with geochronological samples location, cross-sections and field photos with kinematic indicators, obtained by this work and adapted from Oliveira *et al.* (1997), Silva *et al.* (2007) and Victoria & Moy (2014). The stratigraphy is subdivided into 1- alluvial deposits; 2- intrusive rocks; 3- Lagoa do Jacaré Fm.; 4- Serra de Santa Helena Fm.; 5- Sete Lagoas Formation; 6- Macaúbas Group micaceous quartzites; 7-

Serra do Catuni Formation; 8- Matão-Duas Barras Formation; 9- Córrego dos Borges Formation; 10- Santa Rita Fm.; 11- Galho do Miguel Fm. Units 3,4 and 5 belong to Bambuí Group; units 6,7,8 belong to Macaúbas Group and units 9, 10 and 11 belong to Espinhaço Supergroup. Field photos from Bambuí Group structures show: A- recumbent folds, highlighted in yellow, in outcrop of metasilstone from Serra de Santa Helena Formation; B- Intrafolial and chevron folds metasilstone from Serra de Santa Helena Formation; C- drag folds in marble (IN02 sample); D- ptygmatic folds, composed by calcite, in marble; E- sheath fold, highlighted in yellow, in marble from “Grande Pedreira” (Great Quarry); F- ruptured limbs in a stratified marble; G- geometric relations between S_0 and S_1 in metasilstone, highlighted in blue; H- folds with well-marked axial plane and fracture cleavage in the plane of S_2 (IN14 sample); I- fractures N-S in a metacarbonate and J- view from the top of stepped slickenfibres on fault plane in marble (IN30A sample). Photos B, H and I are from Area L; photos A, C, D, E, F, G and J are from Area C.

The Proterozoic sequences of the Espinhaço Supergroup and Macaúbas Group is thrust on top of the Neoproterozoic–Cambrian Bambuí Group, developing a stratigraphic inversion along the craton-fold belt boundary. Marbles of the Sete Lagoas Formation are sheared, displaying recumbent, intrafolial, sheath and non-cylindrical folds. Metapelitic rocks of the Serra de Santa Helena Formation are equally deformed. Quartzites that overthrust the marbles are deformed solely by dissolution-precipitation creep, while the marbles show varied deformation mechanisms related to grain size, composition and strain (Taufner et al., 2021).

4.3. Methods

In order to focus on the microstructural and chronological significance of micas (biotite and muscovite) in fault-related rocks from the Southern Espinhaço Range, we detailed characterized two representative samples of slickensides (IN08 and IN30A), three samples from deformation bands (IN02, IN204 and IN207) and one sample with crenulation cleavage (IN14) through petrographic observation and mineral mapping via Tescan Integrated Mineral Analyzer (TIMA). Microstructural and geochronological information are further associated with field-based structural analysis. Such field-based structural data were processed using the software Open Stereo 0.1.2 (Grohmann et al., 2011).

4.3.1. TIMA

Prior to isotopic analysis, the thin sections were scanned with TIMA (TESCAN Integrated Mineral Analyzer) at the Microscopy and Microanalysis Facility of the John de Laeter Centre, Curtin University, to characterize the mineral assemblage of all samples. TIMA mapping was carried out with an accelerating voltage of 25 kV, a beam intensity of 19, probe current of 6.74–7.01 nA, spot size of 67–90 nm, and nominal working distance of 15 mm. A pure Mn standard was used for EDS spectra standardization. Backscatter electrons (BSE) and energy dispersive x-ray spectroscopy (EDS) analyses were referenced to a mineral library for automatic mineral classification. Mineral classification maps are presented in supplementary material SM1.

4.3.2. Rb–Sr geochronology

In situ Rb–Sr geochronology was carried out at the John de Laeter Centre GeoHistory Facility, Curtin University. The analyses were performed on polished rock blocks mounted in 1-inch² epoxy mounts at the Laboratory of the Professor Manoel Teixeira da Costa Research Center (CPMTC-IGC-UFMG). The analyses were conducted across three sessions using a RESOLution 193 nm ArF excimer laser with a Lauren Technic S155 sample cell coupled to an Agilent 8900 triple quadrupole mass spectrometer in MS/Ms mode using N₂O_(g) as reaction gas in the collision cell to enable the simultaneous measurement of Rb and Sr isotopes (Hogmalm et al., 2017). The analytical setup follows those described in Ribeiro et al., (2023a, b). Data reduction was performed in Lolite 4 (Paton et al., 2011) using an in-house data reduction scheme adapted from Redaa et al. (2021). Rb–Sr isochrons and ages were calculated using the maximum likelihood model in IsoplotR (Vermeesch, 2018) with the ⁸⁷Rb decay constant from Villa et al. (2015). Ages and uncertainties are presented at 2 standard error from the mean (2 SE), with error propagation and error correlation following Rösel and Zack (2022). Inverse Rb–Sr isochrons are used to minimize the extreme error correlation following Li and Vermeesch (2021).

⁸⁷Sr/⁸⁶Sr and ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr ratios were drift-corrected and calibrated against NIST610 (Woodhead and Hergt, 2001). Matrix correction of drift-corrected ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr was applied

to mica analyses using a fractionation factor obtained from a pressed powder tablet of phlogopite Mica–Mg that was analyzed interspersed with the unknowns, assuming a crystallization age of 519.4 ± 6.5 Ma and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ of 0.72607 ± 0.00070 (following Hogmalm et al., 2017). Unknowns were additionally bracketed with biotite reference material LaPosta (91.6 ± 1.2 Ma) and Mount Dromedary (100.3 ± 1.9 Ma) (Rösel and Zack, 2022 and references therein). Considering all three sessions, the LaPosta biotite yielded an isochron age of 90.2 ± 0.8 Ma (MSWD = 0.9, N = 90) with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ of 0.7109 ± 0.0038 , and the Mount Dromedary biotite yielded an isochron age of 97.7 ± 2.2 Ma (MSWD = 0.8, N = 91) with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ of 0.7054 ± 0.0016 . The complete Rb–Sr dataset is presented in supplementary material SM2.

4.4. Results

4.4.1. Structural setting of the cratonic margin

The deformation recorded in the studied samples is better imprinted in the phyllites from the Serra de Santa Helena Formation and marbles from the Sete Lagoas Formation. A D_1 folding system (Fig.4.3A), associated with simple shear was identified and is responsible for the structuring of these lithologies, that rupture and generate an imbricate thrust system. The D_1 system display an asymmetric folding geometry and the brittle-ductile pattern through recumbent and intrafolial folds, drag and ptygmatic folds, sometimes with broken limbs, with vergence to west (Fig. 4.2. A to J).

Five main structural fabrics are predominant for the tectonic configuration and microstructural aspects of the samples dated in this study. The sedimentary bedding (S_0), with low-angle dip (Fig.4.3B), is marked by compositional variation between calcite-bearing and pelitic strata, the latter being composed of phyllosilicates. The S_1 foliation (Fig.4.3C) is associated with shear zones and reverse faults, leading to interstratal sliding with S_0 and mylonitic foliation. The axial plane foliation (S_2) is observed in folds and microfolds as crenulation cleavage (Fig.4.4, photo D), which may also appear as fracture or dissolution cleavage. Sometimes, it is expressed by a mylonitic foliation which is parallel to the axial plane of the folds (Fig.4.3D). In the same plane of S_1 , a mineral stretching lineation (L_m) is evidenced by the orientation of

phyllosilicates (Fig.4.4, photo E, I), mainly in fault steps and slickensides dipping to E and W (Fig.4.3E). Fractures in marbles and phyllites have a high density, preferentially trending 351° and in two main directions, N-S and E-W (Fig.4.3F). The metamorphic grade increases from west to east, reaching the low greenschist facies in all thrust faults.

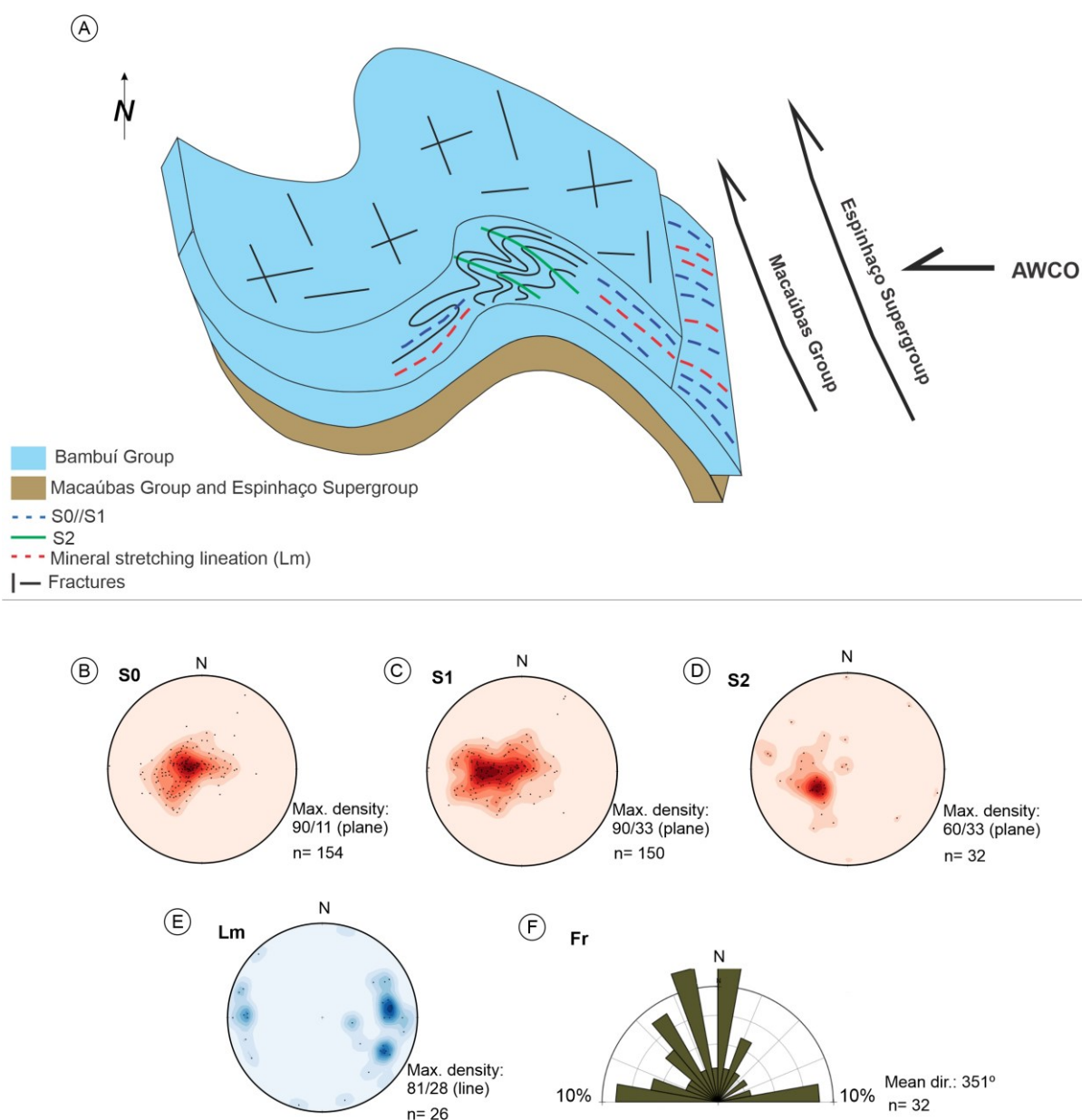


Figure 4.3– Structural scheme (A) and stereographic projections (B to F) of the main structures related to D1 in the lithologies of the Bambuí Group. B- Compositional bedding (S0); C- Foliation associated with interstratal sliding and mylonitic foliation (S1); D- Axial plane foliation (S2); E- Mineral stretching lineation (Lm) and F- Fractures dispersed in two directions. Equal

area and lower hemisphere stereographic projections. Measures compiled from this work, Silva et al. (2007) and Victoria & Moy (2014).

4.4.2. *Microstructures*

The marble samples from the main shear zone are fine- to medium-grain size, subhedral calcite crystals and inequigranular texture. These samples are composed of calcite (55 vol. %), quartz (21 vol. %), phyllosilicates (21 vol. %) and pyrite (3 vol. %), and minor apatite and plagioclase. In all samples and thin sections observed close to the thrust zone shape preferred orientation (SPO) is evident. We note two distinct textural domains in these samples based on grain size and mineral assemblage. The fine-grained domain (FGD) is composed of phyllosilicates, and the coarse-grained domain (CGD) is composed of calcite and quartz. Coarse-grained calcite assemblages occur in serrated boundaries, usually characterized by dominance of veins, which matrix has grains with well-defined rhombohedral cleavage and deformation twinning with curved lamellae, sometimes fractured (Fig.4.4, photo A).

In the FGD domains, deformation bands are observed in phyllosilicate-rich layers. Biotite, muscovite and chlorite exhibit lenticular and polycrystalline grains, with folded ribbons (Fig.4.4, photo G), but also appear as larger crystals, sometimes crenulated in axial plan foliation (S_2) direction, in contact with calcite and quartz (Fig.4.4, photos C, H). The slickensides (IN30A) show biotite with slickensides moving westward at the same plane of a mineral stretching lineation (Fig.4.4, photo I) in a context of transposed mylonitic foliation. The S_1 foliation is penetrative in places with higher concentration of phyllosilicates parallel to this foliation developing pressure solution cleavage.

Quartz grains are inequigranular displaying strong SPO oriented parallel to the foliation. Near to deformation bands, quartz grains are recrystallized displaying subgrains, undulose extinction and later fracturing (Fig.4.4, photo B). Veins, secondary porosity and growth of carbonate porphyroblasts (deformation-free) are common. Idiomorphic crystals of pyrite are widespread both in the matrix and veins.

The microstructures of metacarbonates tectonic slice of the L area are distinct and less deformed than the marbles found in the west. The grain size is fine and it is not

possible to see the contours and limits of the crystals due to its micritic texture. Smaller grain size and low concentration of phyllosilicates developed no SPO, even in the context of thrust faults. In contrast, they exhibit more brittle structures, such as veins full of calcite and quartz fluids (Fig.4.4, photo F).

Sample IN14, a phyllite from Serra de Santa Helena Formation, has in its essential mineralogy biotite (48%), quartz (35%), muscovite (12%) and opaque (5%). Phyllosilicates occur as polycrystalline grains and the alternation between biotite and quartz grains define the bedding S_0 and a development of an alignment of muscovite happens towards S_2 foliation (Fig.4.4, photo D). The quartz grains are equigranular and exhibit undulating extinction along the structural arrangement. Lepidoblastic texture is the result of FGD phyllosilicates orientation towards S_1 direction, generating a slip between the compositionally different strata.

Sample IN08 is characterized as a micaceous quartzite from Macaúbas Group collected in a context of sinistral thrust fault above Bambuí Group characterized by slickensides in fault steps. The high percentage of elongated and recrystallized muscovite define the L_m fabric and marks the steps dipping E (Fig.4.4, photo E). The steps have a layer of recrystallized quartz that demonstrates the crystal-plastic deformation along the fault zone (Fig.4.4, photo E).

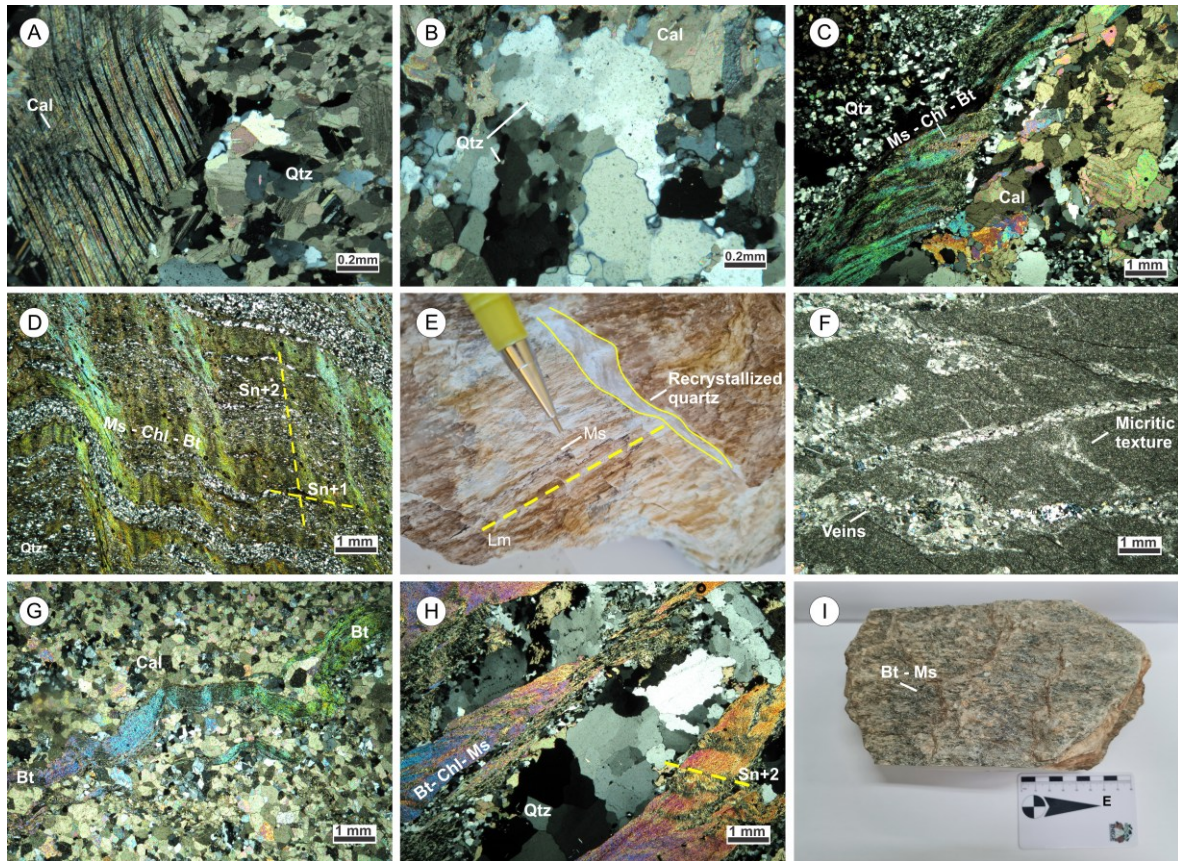


Figure 4.4– Photomicrographs and rock samples showing examples of textures, minerals and microstructures. A- Twinning and fractured calcite, sample IN02; B- Quartz recrystallized by SGR in contact with calcite, sample IN02; C- Phyllosilicate, quartz and calcite domains, sample IN204; D- Crenulation cleavage marked by phyllosilicates, sample IN14; E- Recrystallized quartz and muscovite in fault step, sample IN08; F- Metacarbonate with calcite and quartz veins, in different directions, and micritic texture; G- Folded ribbons of biotites in a calcitic matrix, sample IN207; H- Large phyllosilicates in contact with recrystallized quartz grains, sample IN204 ; I- Biotite and muscovite in slickensides, sample IN30A. Photos A, B, C, D, G and H are under parallel polarizers, and F under crossed polarizers. Minerals abbreviations according to the International Union of Geological Sciences (IUGS): Bt- biotite, Cal- calcite, Chl- chlorite, Qtz- quartz and Ms- muscovite.

4.4.3. *In situ* Rb–Sr geochronology

We obtained biotite and muscovite Rb–Sr isotopes from two slickensides. Biotite Rb–Sr isotopes from marble sample IN30A yielded an inverse isochron age of 505.5 ± 6.3 Ma (N = 39, MSWD = 0.4) with a crustal $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ of 0.7117 ± 0.0027 (Fig. 4.5A),

and muscovite from metapsamitic sample IN08 yielded an inverse Rb–Sr isochron age of 446.3 ± 29.5 Ma ($N = 40$, MSWD = 1.2) with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ of 0.7167 ± 0.0026 (Fig. 4.5B).

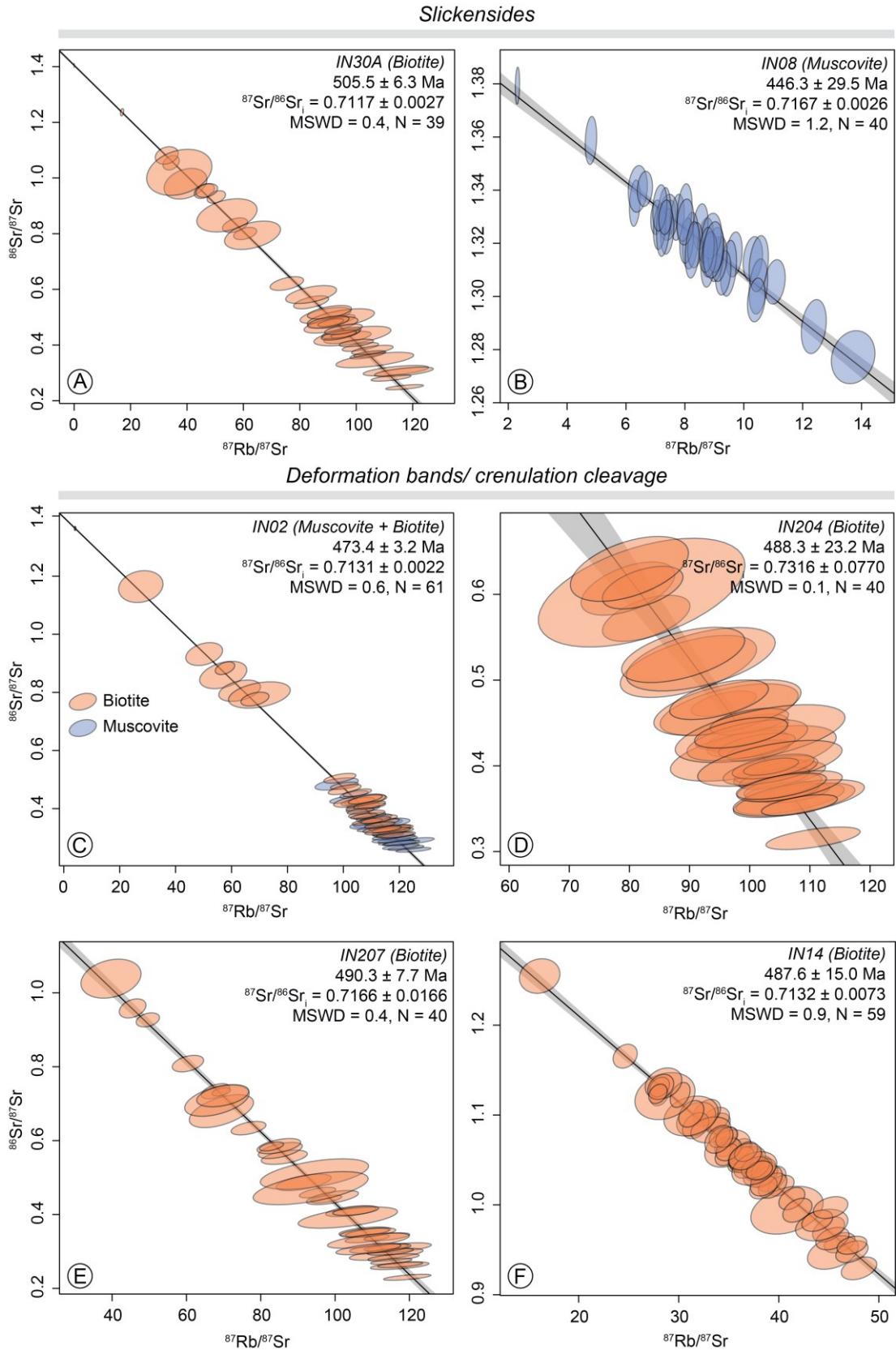


Figure 4.5– Inverse Rb–Sr isochrons of biotite and muscovite from slickensides (A, B), and deformation bands-crenulation cleavage (C-F). Ellipse uncertainties and errors are presented at 2 standard error from the mean.

Sample IN02 is from the classic “Grande Pedreira” (Great Quarry) of the Sete Lagoas Fm. heavily deformed marble in the footwall of the main thrust zone. We analyzed muscovite and biotite from a deformation band, which yielded an inverse Rb–Sr isochron age of 473.4 ± 3.2 Ma (N = 61, MSWD = 0.6) with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ of 0.7131 ± 0.0022 (Fig. 4.5C). Biotite from remaining samples related to deformation bands and crenulation cleavage yield similar Rb–Sr ages. Biotite from marble sample IN204 yielded an inverse isochron age of 488.3 ± 23.2 Ma (N = 40, MSWD = 0.1) with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ of 0.7316 ± 0.0770 (Fig. 4.5D). The biotite from marble sample IN207 and phyllite sample IN14 yielded inverse isochron ages of 490.3 ± 7.7 Ma (N = 40, MSWD = 0.4) and 487.6 ± 15.0 (N = 59, MSWD = 0.9), respectively, with crustal $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ (Figs. 4.5E, F).

4.5. Discussion

4.5.1. Microstructural significance

The deformation features observed in the study areas are associated with the same deformational setting involving the progressive evolution of simple shear structures (Fig. 3), but with heterogeneous strain accommodation given the since the Serra do Cipó shear zone overthrusts rheologically distinct materials. These aspects allow a singular microstructural behavior, since the rheology of polymineralic rocks is variable and is closely related to the mineral phases present (Shea and Kronenberg, 1993; Platt, 2015; Oriolo et al., 2018). Taufner et al. (2021) demonstrated that the marbles and quartzites from the studied area are associated with distinct mechanisms of deformation due to rheological contrast, implying distinct deformation features observed in the hanging and footwall of the main shear zone thrust fault.

The two well marked microstructural domains, CGD (calcite and quartz) and FGD (a mixing of calcite, phyllosilicates, apatite and plagioclase) identified throughout the

petrographic analysis age back to an episodic sedimentation of the foreland basin, mainly in Sete Lagoas Formation sometimes rich in limestone matrix or rich in carbonate mud (Vieira et al., 2007), which corroborates the division into different domains with different rheology throughout the marbles strata, being more prominent in strata interspersed with biotite and muscovite.

Minerals founded in the FGD domain, including micas, are affected by mechanisms of dissolution-precipitation creep, solution transfer creep and fluid-assisted grain boundary sliding, according to studies carried out by Taufner et al. (2021). Primary studies (Kerrich, 1978; Etheridge and Wilkie, 1979) have proven the strong relationship of how micas can improve fluid influx, which develops solution transfer creep processes. The action of pressure solution becomes greater when calcite and quartz are in contact with the phyllosilicates (Hippertt, 1994; Dewars and Ortoleva, 1991), a characteristic observed throughout the Bambuí Group near the shear zone (e.g. Taufner et al., 2021).

The range of structurally controlled deformation ages obtained in this study (ca. 500-450 Ma), along with the description of recrystallization mechanisms (e.g. Taufner et al., 2021) from FGD, confirm the suggestions of Ribeiro et al. (2023a) that muscovite and/or biotite present in shear bands, mainly recrystallized by dissolution-precipitation creep, better record the timing of mylonitization in shear zones. All selected samples for *in situ* Rb–Sr geochronology were taken from the main planes of the deformation bands, thus being tied to the main local structures (Fig.4.3), evidenced by the S_1 , S_2 and L_m foliations. The structural control obtained in sampling combined with constrained ages of deformation in the Bambuí Group and its interpretations reinforce the methodological importance of applying the *in situ* Rb–Sr analysis in domains with well-mapped structures, since spatial resolution of the analyzed areas of specific fabric allows better interpretation and correlation of recrystallization and progressive deformation, especially for polyphase grains (Schaltegger et al., 2015; Oriolo et al. 2018; Ribeiro et al. 2023a, b).

The FGD domain is also observed in alternations between calcite-rich and mica-rich strata. The relation between the high strain rate of calcite grains (e.g. Rutter, 1974; Rogowitz et al., 2014) and its texture developed with the other micaceous mineral phases involved may probably have been the driving force for the development of

dynamic and progressive recrystallization of the FGD domain, influencing these mechanisms, the diffusion of isotopes and the deformation record in the dated samples.

4.5.2. Significance of Rb–Sr ages for the São Francisco Craton margin

The mica Rb–Sr ages obtained in the samples analyzed in the cratonic margin demonstrate a record of syn-shearing low-temperature deformational history, which helps in the reconstruction of the kinematic propagation of the Brasiliano thrust fronts towards the São Francisco Craton margins. The ages provide new constraints in a long debate about both the age of deformation of the cratonic covers (e.g., Alkmim et al. 1993; Caxito et al., 2012; Uhlein et al., 2017; Reis and Suss, 2017; Reis et al., 2017) and the age of the terminal deformation of the Brasiliano orogeny related to western Gondwana assembly (e.g. Caxito and Alkmim, 2023).

Despite early estimates that the terminal deformation of the Bambuí Group would have occurred around ca. 560 Ma, based on older conventional K–Ar data on the external nappes of the Brasília Orogen to the west (Valeriano et al., 2004; Caxito et al., 2012), the geochronology of a tuff layer at ca. 520 Ma (Moreira et al., 2020); the presence of detrital zircons as young as ca. 520 Ma (Tavares *et al.*, 2020) and the *Treptichnus pedum* ichnofossil in the uppermost units of the Bambuí Group indicates that the final deformation increments have to be younger than that, probably straddling the Cambrian-Ordovician boundary. The novel *in situ* mica Rb–Sr ages support the latter interpretation and establish both a minimum depositional age of ca. 500 Ma for the uppermost units of the Bambuí Group and an age of the terminal low-grade deformation at ca. 500–450 Ma.

Geochronological data from suites G4 and G5, relate the initial at 560 Ma and the final collapse of the orogen at 490 Ma (Gradim et al., 2014; Melo et al., 2017; Peixoto et al. 2018; Queiroga et al., 2016; Richter et al., 2016; Silva et al., 2011). Importantly, the age of deformation of the external thrust fronts of the Araçuaí Orogen is much younger than the estimated peak of metamorphic evolution of the Araçuaí Orogen core, at ca. 560 Ma (Pedrosa-Soares et al., 2020). Peixoto et al. (2018) presented

thermobarometric data and U–Pb monazite ages in the northern Araçuaí Orogen core, and characterized a M-Domain I on the west marked by a syn-collisional (syn-D1) Barrovian-type metamorphism reaching ~8.5 kbar at ~650°C between 575 and 565 Ma, and a M-Domain II that, besides the greenschist facies syn-collisional metamorphism, records a Buchan-type metamorphic event at 3–5.5 kbar and up to 640 °C at c. 530 Ma. The new Rb–Sr results indicate that the external thrust fronts were affected by a third, younger deformational/metamorphic event.

One possibility is that this event is related to the extensional collapse of the orogen (Pedrosa-Soares et al., 2020). In fact, Gonçalves et al. (2019) discuss U–Pb ages for hydrothermal monazite, rutile and xenotime, along with Ti-in-quartz thermometry and Sm–Nd isotope compositions, indicating that a strong fluid circulation event occurred at 515–495 Ma in the Araçuaí Orogen, overlapping U–Pb ages of mineralized zones in adjacent areas of the São Francisco craton (e.g. U–Pb SHRIMP monazite ages presented by Gonçalves-Dias et al. (2022) at 550–508 Ma and xenotime ages presented by Cabral and Zeh (2015) and Martins et al. (2016), at 496.3 ± 2.0 Ma and 518.5 ± 9 Ma respectively, associated with gold deposits in the Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero; and of monazite recovered from the Jacutinga palladiferous-gold bearing veins within iron deposits in the Conceição Fe-ore deposit of the Itabira district, at 495.6 ± 2.2 Ma, Cabral et al., 2015). This hydrothermal system presents temperatures of ca. 360 °C, and the Sm–Nd isotope compositions of the monazites overlaps bulk rock data for the Espinhaço Supergroup, suggesting a metamorphic origin from the prograde dehydration of low-grade metasedimentary rocks. Gonçalves et al. (2019) thus characterize a high-T, low-P metamorphism that marks post-collisional decompression of the orogenic system, associated with lithospheric mantle delamination. Similarly, Paiva-Silva (2023) obtained an U–Pb age of 511 ± 24 Ma on syn-tectonic garnet grains derived from pelitic schists in the southeastern portion of the Quadrilátero Ferrífero, and reinterprets U–Pb monazite ages of ca. 500 Ma (Queiroz et al. 2019), until then considered as mineral resetting, as a record of the metamorphic peak in the region; and Queiroga et al. (2018) obtained U–Pb ages of 513 ± 29 Ma and 480 ± 20 Ma on zircons of a metasomatic chloritite.

The Rb–Sr muscovite and biotite ages presented in this work thus overlap within uncertainty the ages obtained by U–Pb in low- to mid-temperature minerals such as

garnet, monazite, xenotime, and metasomatic zircon for other areas of the Araçuaí Orogen by Gonçalves et al. (2019), and of the Brasiliano deformation front in the Quadrilátero Ferrífero to the south (Gonçalves-Dias et al., 2022; Martins et al., 2016; Cabral et al., 2015; Cabral and Zeh, 2015; Paiva-Silva, 2023; Queiroz et al., 2019; Queiroga et al., 2018). This characterizes a major metamorphic and deformational event in the late Cambrian/early Ordovician in the cratonic borders, which is ca. 80–30 Ma younger than the compressional peak of deformation as defined by the U–Pb age of G2 syn-collisional granites and related metamorphic minerals. Our model involves the development, or reactivation, of thrust shear zones in the external thrust-and-fold belt, while the orogenic core was undergoing extensional collapse (Fig.4.6), where the external thrust shear zones are caused by gravitational mass transport from the orogenic core area.

4.5.3. Possible implications for biogeochemical evolution adjacent basins

The Bambuí Group was deposited during a crucial time for the biogeochemical evolution of planet Earth, in the Ediacaran/Cambrian transition. It bears remnants of the first complex biomineralizing organisms, along with a complex and varying redox and nutrient landscape that was probably influenced by the surrounding uplifting orogens (Hippertt et al., 2019; Caxito et al., 2021; Lima et al., 2023). Caxito et al. (2021) presented a model for integrated evolution of the Bambuí basin and surrounding mountain belts, in which uplift of, initially, the Brasília Orogen to the west at ca. 630–600 Ma would provide nutrients, through the erosion and transport of material from the high-relief mountain areas, and oxygen, through the burial of high amounts of organic carbon that could-not back react to form CO₂ (Squire et al., 2006; Campbell and Squire, 2010). Then, uplift of the Araçuaí Orogen would cause an eutrophication effect, as the basin became fully restricted and flooded with sediments from both sides. This caused widespread anoxia and overburden of nutrients, development of toxic conditions and dismissal of complex organisms, hampering the development of typical Ediacaran-Cambrian ecosystems.

Comparing the available data with our own new data, the Araçuaí Orogen, from core to external thrust belt, would have developed from Barrovian-style metamorphism at ca. 575–565 Ma and 650 °C, to Buchan-style metamorphism at 530 Ma and 640° C (Peixoto et al., 2018), to a final collapse-related metamorphism at ca. 515–495 Ma and 350 °C (Gonçalves et al., 2019). This indicates a maximum ca. 19.3 °C/Ma thermal evolution in the key time interval of ca. 550–500 Ma, when the first biomineralizing organisms developed, such as the *Cloudina* and *Corumbella* remnants found in the Bambuí Group. Considering that the typical geothermal gradient might have increased due to lithospheric thinning in the extensional collapse phase, and using typical collisional Alpine gradients of ca. 20 °C/km (Zhang et al., 2022), if there was a quasi-continuous evolution from collisional to post-collisional phases (that could have been protracted/punctuated), these numbers would indicate a ca. 0.96 km/Ma, or 0.96 mm/yr erosion rate for the Araçuaí Orogen core. This estimated erosion rate is slower than for most modern-day mountainous regions, about 2-7 mm/yrs, but significantly higher than those of cratonic areas and passive margins, around 0.01-0.2 mm/yrs (Herman et al., 2013). While these numbers represent rough estimates based on assumptions of erosion rates, geothermal gradients, metamorphic evolution and direct comparison of modern-day and ancient rates (which might have been affected by distinct climatic and biological factors), the estimated erosion rate would have been significant in terms of sediment (and nutrient) supply to the adjacent Bambuí basin (Fig.4.6), probably fueling both the diversification and eutrophication effects discussed earlier.

Gravitational collapse stage (530 - 480 Ma)

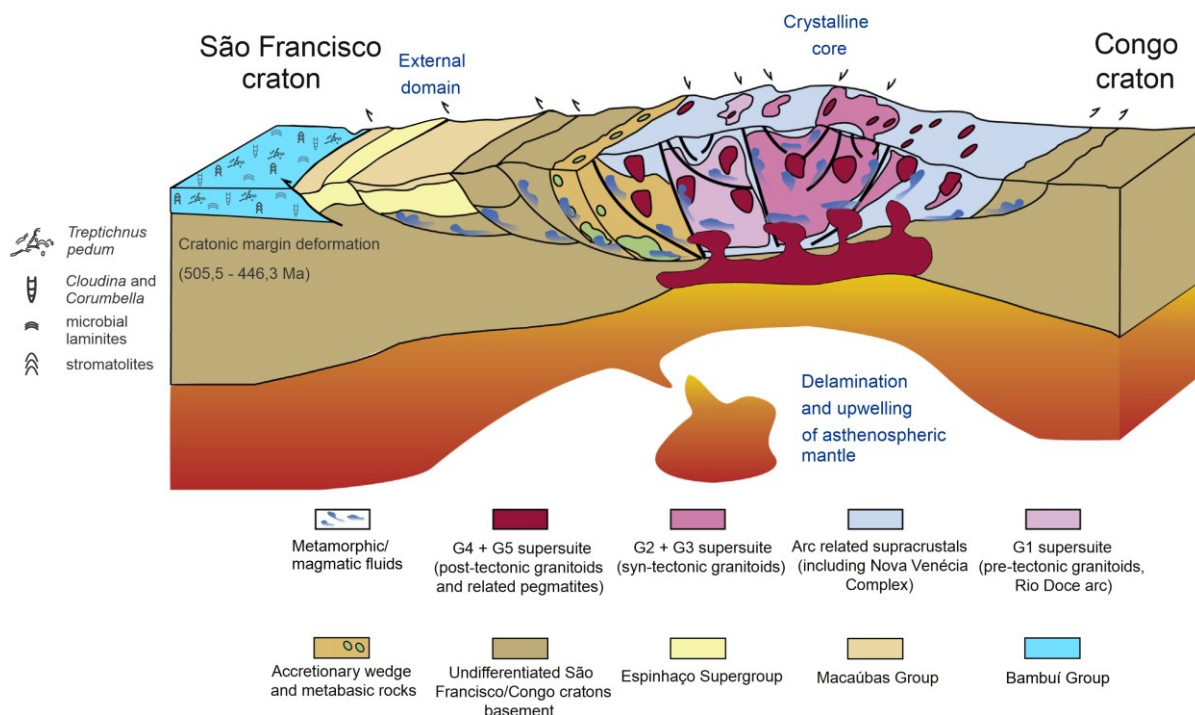


Figure 4.6– Geotectonic context of gravitational collapse of Araçuaí-West Congo orogenic system (AWCO) responsible for cratonic margin deformation and their relations with biogeochemical evolution. Modified from Gonçalves et al. (2019).

4.6. Conclusions

In situ Rb–Sr geochronology, at upper to mid crustal levels, proved to be an effective method to identify deformation and metamorphic events. The structural fabrics, kinematic indicators and the stereograms of the D1 deformational event, suggest tectonic transport to west (W), through the five main structures generated. The ages obtained in muscovites and biotites (ca. 505.5– 446.3 Ma) in slickensides and structures related to the D1, reflect the reactivation of fault planes associated to the final assembly of Gondwana and confirm that Bambuí Group, in the foreland basin, was deposited before ca. 500 Ma, interpreted here as a minimum depositional age for this highly discussed unit. The heterogeneous strain accommodation can affect the distribution and, consequently, recording of deformation along the shear zone. The interaction between the two domains (FGD and CGD), recrystallization mechanisms,

high deformation rate of calcite and structural control helped in the diffusion of isotopes and consequently, in the recording of progressive deformation by the Rb–Sr geochronological method, confirming that FGD mica can be a trustworthy geochronometer for mylonitization. Detailed field, structural and petrography are crucial to determining the best possible sites to provide essential geochronological information on the development of shear zones. In this regard, the Rb–Sr in situ method is a powerful tool for detecting deformational and metamorphic events. Thus, the deformation observed in the study areas is interpreted as related to thrust formation, or reactivation, in the external zones caused by the gravitational collapse of the Araçuaí Orogen in its core zone.

The age of deformation in the external thrusts obtained here is younger than the metamorphic peak of the Araçuaí Orogen, set at 560–530 Ma according to the age of the main syn-collisional granitic bodies. However, the Rb–Sr ages are concordant with recent U–Pb and Sm–Nd data in other low- to mid-temperature minerals near Araçuaí Orogen and Quadrilátero Ferrífero, which makes able to define a third metamorphic/deformational event in the external thrust zones of the orogen. Furthermore, the geochronological data suggests that the Brasiliano mountain ranges retained its high relief during a crucial time of biogeochemical development in Earth's history. This is a key, given that in this stage the erosion might be related with high production of nutrients and conditions in the adjacent foreland basins for the development of complex biomineralizing life forms as recorded through fossils in lithotypes of the Bambuí Group.

Acknowledgements

This work is supported by CNPq-Brazil through grants nb. 408815/2021-3 and 304509/2021-3, by Instituto Serrapilheira through Project “MOBILE: Mountain Belts and the Inception of Complex Life on Earth (geolifemobile.com)” (Serra-1912-31510), and by the Timescales of Mineral Systems Group. The authors are part of Instituto GeoAtlântico, a National Institute of Science and Technology, CNPq-Brazil process nb. 405653/2022-0.

References

- Alkmim, F.F., Brito Neves B.B., Castro-Alves J.A. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco. In: Dominguez J.M.L. & Misi A. (eds.) O Cráton do São Francisco. Salvador, SBG/SGM/CNPq, 45–62.
- Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: V. Mantesso-Net; A. Bartorelli; C.D.R. Carneiro; B.B. Brito- Neves (orgs.) Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, Becca, São Paulo, pp. 17–35.
- Alkmim, F.F., Martins-Neto M.A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of São Francisco Craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology* 33, 127–139.
- Alkmim, F.F., Kuchenbecker, M., Reis, H.L.S., Pedrosa-Soares, A.C., 2017. The Araçuaí belt. In: Heilbron, M., Cordani, U.G., Alkmim, F.F. (Eds.), *Sao Francisco Craton, Eastern Brazil, Tectonic Genealogy of a Miniature Continent*. Springer International Publishing Co., 255–276.
- Almeida, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências* 7, 349–364.
- Amaral, L., Caxito, F.A., Pedrosa-Soares, A.C., Queiroga, G., Babinski, M., Trindade, R., Lana, C., Chemale, F., 2020. The Ribeirão da Folha ophiolite-bearing accretionary wedge (Araçuaí Orogen, SE Brazil): new data for Cryogenian plagiogranite and metasedimentary rocks. *Precambrian Res.* 336, 105522.
- Cabral, A. R., & Zeh, A. 2015. Detrital zircon without detritus: a result of 496-Ma-old fluid–rock interaction during the gold-lode formation of Passagem, Minas Gerais, Brazil. *Lithos*, 212, 415–427.
- Cabral, A. R., Zeh, A., Galbiatti, H. F., & Lehmann, B. 2015. Late Cambrian Au-Pd mineralization and Fe enrichment in the Itabira District, Minas Gerais, Brazil, at 496 Ma: constraints from U–Pb monazite dating of a Jacutinga lode. *Econ. Geol.*, 110(1), 263–272.
- Campbell, I.H., Squire, R.J., 2010. The mountains that triggered the Late Neoproterozoic increase in oxygen: the Second Great Oxidation Event. *Geochim. Cosmochim. Acta* 74 (15), 4187–4206.
- Caxito, F.A., Halverson, G.P., Uhlein, A., Stevenson, R., Dias, T.G., Uhlein, G.J., 2012. Marinoan glaciation in east central Brazil. *Precambrian Res.* 200-203, 38–58.
- Caxito, F.A., Lana, C., Freij, R., Uhlein, G.J., Sial, A.N., Dantas, E.L., Pinto, A.G., Campos, F.C., Galvão, P., Warren, L.V., Okubo, J., Ganade, C.E., 2021. Goldilocks at the dawn of complex life: mountains might have damaged Ediacaran–Cambrian ecosystems and prompted an early Cambrian greenhouse world. *Sci. Rep.* 11, 20010.
- Caxito, F.A., Alkmim, F.F., 2023. The role of V-shaped oceans and ribbon continents in the Brasiliano/PanAfrican assembly of western Gondwana. *Sci. Rep.* 13 (1), 1568.
- Dewars. T., Ortoleva, P. 1991. Influences of clay minerals on sandstone cementation and pressure solution. *Geology* 19, 1045–1048.

Etheridge, M.A., Wilkie, J.C., 1979. Grain size reduction, grain boundary sliding and the flow strength of mylonites. *Tectonophysics* 58, 159–178.

Ganade de Araujo, C.E., Rubatto, D., Hermann, J., Cordani, U.G., Caby, R., Basei, M.A.S. 2014. Ediacaran 2,500-km-long synchronous deep continental subduction in the West Gondwana Orogen. *Nature Commun.* 5, 5198.

Gonçalves G.O., Lana, C.C., Buick I.S., Alkmim F.F. Scholz, R., Queiroga G. 2019. Twenty million years of post-orogenic fluid production and hydrothermal mineralization across the external Araçuaí Orogen and adjacent São Francisco craton, SE Brazil. *Lithos*, 342–343, 557–572.

Gonçalves-Dias, T., Silva, R.C.F., Lobato, L.M., Caxito, F.A., Hagemann, S., Santos, J.O.S., Barrote, V. 2022. Ediacaran - Cambrian fluid flow in Archean orogenic gold deposits: Evidence from U–Pb SHRIMP hydrothermal monazite ages of the metaturbidite-hosted Córrego do Sítio and Pilar deposits, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 116, 103844.

Gradim, C., Roncato, J., Pedrosa-Soares, A. C., Cordani, U., Dussin, I., Alkmim, F. F., Babinski, M. 2014. The hot back-arc zone of the Araçuaí Orogen, Eastern Brazil: from sedimentation to granite generation. *Brazilian J. Geol.* 44, 155–180.

Grohmann, C.H., Campanha, G.A.C. and Soares Junior, A.V., 2011. OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais. In: XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos.

Groves, D.I., Santosh, M. 2021. Craton and thick lithosphere margins: the sites of giant mineral deposits and mineral provinces. *Gondwana Res.*, 100, 195–222.

Guadagnin, F., Chemale Jr., F., 2015. Detrital zircon record of the Paleoproterozoic to Mesoproterozoic cratonic basins in the São Francisco Craton. *J. S. Am. Earth Sci.* 60, 104–116.

Herman, F., Seward, D., Valla, P.G., Carter, A., Kohn, B., Willett, S.D., and Ehlers, T.A., 2013, Worldwide acceleration of mountain erosion under a cooling climate. *Nature* 504, 423–426.

Hippertt J.F.M. 1994. Grain boundary microstructures in micaceous quartzite: Significance for fluid movement and deformation processes in low metamorphic grade shear zones. *Geology* 102, 331–348.

Hippertt, J.P., Caxito, F.A., Uhlein, G.J., Nalini, H.A., Sial, A.N., Abreu, A.T., Nogueira, L. B., 2019. The fate of a Neoproterozoic intracratonic marine basin: trace elements, TOC and iron speciation geochemistry of the Bambuí Basin, Brazil. *Precambrian Res.* 330, 101–120.

Hogmalm, K.J., Zack, T., Karlsson, A.K., Sjöqvist, A.S.L., Grabe-Schonberg, D., 2017. In situ Rb–Sr and K–Ca dating by LA-ICP-MS/MS: an evaluation of N₂O and SF₆ as reaction gases. *J Anal At Spectrom* 32, 305–313.

Hueck, M., Wemmer, K., Ksienzyk, A.K., Kuehn, R., Vogel, N., 2022. Potential, premises, and pitfalls of interpreting illite argon dates - a case study from the German Variscides. *Earth Sci. Rev.* 232, 104133.

- Kerrick, R., 1978. An historical review and synthesis of research on pressure solution. *Zentralblatt für Geol. und Paläontologie* 1, 512–550.
- Kramar, N., Cosca, M.A., Hunziker, J.C., 2001. Heterogeneous $^{40}\text{Ar}^*$ distributions in naturally deformed muscovite: in situ UV-laser ablation evidence for microstructurally controlled intragrain diffusion. *Earth Planet Sci. Lett.* 192, 377–388.
- Li, Y., Vermeesch, P., 2021. Inverse isochron regression for Re-Os, K-Ca and other chronometers. *GChron*, 3, 415–420.
- Lima, M.F., Caxito, F.A., Large, R., Mukherjee, I., Uhlein, G.J., Hippertt, J.P., Moura, S.A., Okubo, J., Warren, L. 2023. Trace elements in sedimentary pyrite track redox and nutrient fluctuations in the Ediacaran/Cambrian Bambuí Group, Brazil. *Chem. Geol.* 635, 121625.
- Martins, B.S., Lobato, L.M., Rosière, C.A., Hagemann, S.G., Santos, J.O.S., Villanova, F.L. S.P., Silva, R.C.F., Lemos, L.H.A., 2016. The Archean BIF-hosted Lamego gold deposit, Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero: evidence for Cambrian structural modification of an Archean orogenic gold deposit. *Ore Geol. Rev.* 72, 963–988.
- Melo, M. G., Stevens, G., Lana, C., Pedrosa-Soares, A. C., Frei, D., Alkmin, F. F., & Alkmin, L. A. 2017. Two cryptic anatectic events within a syn-collisional granitoid from the Araçuaí Orogen (southeastern Brazil): Evidence from the polymetamorphic Carlos Chagas batholith. *Lithos* 277, 51–71.
- Moreira, D.S., Uhlein, A., Dussin, I.A., Uhlein, G.J., Misuzaki, A.M.P., 2020. A Cambrian age for the upper Bambuí Group, Brazil, supported by the first U–Pb dating of volcanoclastic bed. *J. S. Am. Earth Sci.* 99, 102503.
- Oliveira, M. J. R., Fogaça, A.C.C., Fonseca, E. 1997. Geologia da Folha Baldim (SE-23-Z-C-III). In: Grossisad, J. H., Lobato, L. M., Pedrosa-Soares, A. C. et al. (Coords.) Projeto Espinhaço: textos, mapas e anexos. Belo Horizonte: COMIG. 1 CD-ROM.
- Oriolo, S., Wemmer, K., Oyhantçabal, P., Fossen, H., Schulz, B., Siegesmund, S., 2018. Geochronology of shear zones – a review. *Earth Sci. Rev.* 185, 665–683.
- Pacheco, F.E.R.C., Caxito, F.A., Souza, M.E., Bento, C.C., Pedrosa-Soares, A., Lana, C.C. 2023. Detrital zircon U–Pb analysis constrain the depositional age and provenance of Cryogenian glacial successions of the Macaúbas group in the northeastern Araçuaí Orogen, eastern Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 121, 104122.
- Paiva-Silva, P.A. 2023. Petrocronologia e evolução metamórfica da porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG: estudos P-T-t-d a partir de xistos pelíticos. MS dissertation. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. Departamento de Geologia da Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto.
- Paton, C., Hellstrom, J., Paul, B., Woodhead, J., Hergt, J., 2011. Lolite: freeware for the visualization and processing of mass spectrometric data. *J Anal At Spectrom* 26, 2508.
- Paula-Santos, G.M., Babinski, M., Kuchenbecker, M., Caetano-Filho, S., Trindade, R.I., Pedrosa-Soares, A.C., 2015. New evidence of an Ediacaran age for the Bambuí Group in southern São Francisco craton (eastern Brazil) from zircon U–Pb data and isotope chemostratigraphy. *Gondwana Res.* 28, 702–720.

Pedrosa-Soares, A.C., Babinski, M., Noce, C. M., Martins, M., Queiroga, G., Vilela, F. 2011. The Neoproterozoic Macaúbas Group (Araçuaí Orogen, SE Brazil) with emphasis on the diamictite formations. In: Arnaud, E., Halverson, G.P., Shields-Zhou, G. (Org.). *The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations*. Memoir of the Geological Society of London 36, 523–534.

Pedrosa Soares, A.C., Deluca, C., Araujo, C.S., Gradim, C., Lana, C.de.C., Dussin, I., Silva, L.C.da., Babinski, M. 2020. *Geocronologia e evolução tectônica do continente sul-americano: a contribuição de Umberto Giuseppe Cordani*. São Paulo. Solaris 1, pp. 27.

Peixoto, E., Alkmim F.F., Pedrosa-Soares, A., Lana, C., Chaves, A.,O. 2018. Metamorphic record of collision and collapse in the Ediacaran-Cambrian Araçuaí Orogen, SE-Brazil: Insights from P–T pseudosections and monazite dating. *J. Metamorph. Geol.* 36, 147–172.

Perrella-Júnior, P., Uhlein, A., Uhlein, G. J., Sial, A. N., Pedrosa-Soares, A. C., Lima, O. N. B. d. 2017. Facies Analysis, Sequence Stratigraphy and Chemostratigraphy of the Sete Lagoas Formation (Bambuí Group), Northern Minas Gerais State, Brazil: Evidence of a Cap Carbonate Deposited on the Januária Basement High. *Braz. J. Geol.* 47, 59–77.

Platt, J.P. 2015. Rheology of two-phase systems: a microphysical and observational approach. *J. Struct. Geol.* 77, 213–227.

Queiroga, G. N.,Schulz, B., Martins, M., Castro, M. P.,Pedrosa- Soares, A. C., Jordt-Evangelista, H., & Silva, A. L. 2016. Thermobarometry and electron-microprobe Th-U-Pb monazite dating in garnet metapelites from the Capelinha Formation, Araçuaí Orogen, Brazil. *Revista da Escola de Minas* 69, 33–44.

Queiroga G. N., Batista J. P. F., Hartmann L. A., Lana C., Jordt-Evangelista H., Santos O, Castro M.P, Alkmim A. R. 2018. Metasomatic evolution of Barroca chloritites, Quadrilátero Ferrífero. In: 49º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro. Resumos. Rio de Janeiro: SBG.

Queiroz Y. da S., Queiroga G., Moraes R., Fernandes V.M.T., Medeiros-Júnior E., Jordt-Evangelista H., Schulz B., Schmiedel J., Martins M., Castro M.P de, Lana C. 2019. Pseudosection modeling and U–Pb geochronology on Piranga schists: role of Brasiliano Orogeny in the Southeastern Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian J. Geol.* 49 (3), 1–11.

Redaa, A., Farkas, J., Gilbert, S., Collins, A.S., Wade, B., Löhr, S., Zack, T., Garbe-Schönberg, D., 2021. Assessment of elemental fractionation and matrix effects during in situ Rb–Sr dating of phlogopite by LA-ICP-MS/MS: implications for the accuracy and precision of mineral ages. *J Anal At Spectrom* 36, 322–344.

Reddy, S.M., Kelley, S.P., Wheeler, J., 1996. A $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ laser probe study of micas from the Sesia Zone, Italian Alps: implications for metamorphic and deformation histories. *J. Metamorph. Geol.* 14, 493–508.

Reddy, S.M., Kelley, S.P., Magennis, L., 1997. A microstructural and argon laserprobe study of shear zone development at the western margin of the Nanga Parbat-Haramosh Massif, western Himalaya. *Contrib. Mineral. Petrol.* 128, 16–29. <https://doi.org/10.1007/s004100050290>

- Reddy, S.M., Potts, G.J., Kelley, S.P., Arnaud, N.O., 1999. The effects of deformation induced microstructures on intragrain $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages in potassium feldspar. *Geology* 27, 363.
- Reis, H.L.S., Suss, J.F., 2016. Mixed carbonate–siliciclastic sedimentation in forebulge grabens: an example from the Ediacaran Bambuí Group, São Francisco Basin, Brazil. *Sediment. Geol.* 339, 83–103.
- Reis, H.L.S., Suss, J., Fonseca, R.C.S., Alkmim, F.F., 2017. Ediacaran forebulge grabens of the southern São Francisco Basin, SE Brazil: Craton interior dynamics during West Gondwana assembly. *Precambrian Res.* 302, 150–170.
- Ribeiro, B.V., Kirkland, C.L., Kelsey, D.E., Reddy, S.M., Hartnady, M.I.H., Faleiros, F.M., Rankenburg, K., Liebmann, J., Korhonen, F.J., Clark, C. 2023a. Time-strain evolution of shear zones from petrographically constrained Rb–Sr muscovite analysis. *Earth Planet Sci. Lett.* 602, 117969.
- Ribeiro, B.V., Kirkland, C.L., Finch, M.A., Faleiros, F.M., Reddy, S.M., Rickard, W.D.A., Hartnady, M.I.H. 2023b. Microstructures, geochemistry, and geochronology of mica fish: Review and advances. *J. Struct. Geol.* 175, 104947.
- Richter, F., Lana, C., Stevens, G., Buick, I., Pedrosa-Soares, A. C., Alkmim, F. F., & Cutts, K. 2016. Sedimentation, metamorphism and granite generation in a back-arc region: Records from the Ediacaran Nova Venécia Complex (Araçuaí Orogen, Southeastern Brazil). *Precambrian Res.* 272, 78–100.
- Rogowitz, A., Grassmann, B., Huet, B., Habler, G. 2014. Strain rate dependent calcite microfabric evolution- An experiment carried out by nature. *J. Struct. Geol.* 69, 1–17.
- Rösel, D., Zack, T., 2022. LA-ICP-MS/MS Single-Spot Rb–Sr Dating. *Geostandards and Geoanalytical Res.* 46 (2), 143–168.
- Rutter, E.H. 1974. The influence of temperature, strain rate and interstitial water in the experimental deformation of calcite rocks. *Tectonophysics* 22 (3-4), 311–334.
- Şengör, A.M.C., Lom, N., Sağdıç, N.G. 2019. Tectonic inheritance, structure reactivation and lithospheric strength: the relevance of geological history. Geological Society, London, Special Publications. 470, 105– 136.
- Schaltegger, U., Schmitt, A.K., Horstwood, M.S.A., 2015. U-Th-Pb zircon geochronology by ID-TIMS, SIMS, and laser ablation ICP-MS: Recipes, interpretations, and opportunities. *Chem. Geol.* 402, 89–110.
- Shea, W.T., Kronenberg, A.K., 1993. Strength and anisotropy of foliated rocks with varied mica contents. *J. Struct. Geol.* 15, 1097–1121.
- Silva, G.L., Freitas, M.A., Silveira, V.D. 2007. Geologia da região centro-oeste do Parque Nacional Da Serra do Cipó, MG. Trabalho de Graduação. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Silva, L. C., Pedrosa-Soares, A. C., Armstrong, R., & Noce, C. M. 2011. Determining the timing of the collisional period of the Araçuaí Orogen by using high resolution U–

Pb geochronology on zircon: A contribution to the history of western Gondwana amalgamation. *Geonomos*, 19, 180–197.

Squire, R.J., Campbell, I.H., Allen, C.M., and Wilson, C.J.L. 2006. Did the Transgondwanan Supermountain trigger the explosive radiation of animals on Earth? *Earth Planet Sci. Lett.* 250, 116–133.

Taufner, R., Lagoeiro, L., Cavalcante, C., Barbosa, P., Silveira, C. 2021. Deformation mechanisms accommodating progressive simple shear thrusting of quartzite and metacarbonate in the southwestern Espinhaço Range, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 107, 102944.

Tavares, T.D., Martins, M.S., Alkmim, F.F., Lana, C.L. 2020. Detrital zircons from the Upper Três Marias Formation, São Francisco basin, SE Brazil: Record of foreland deposition during the Cambrian? *J. S. Am. Earth Sci.* 97, 102395.

Tillberg, M., Drake, H., Zack, T., Kooijman, E., Whitehouse, M.J., Åström, M.E., 2020. In situ Rb–Sr dating of slickenfibres in deep crystalline basement faults. *Sci. Rep.* 10, 562.

Uhlein, G.J., Uhlein, A., Stevenson, R., Halverson, G.P., Caxito, F.A., Cox, G.M., 2017. Early to late Ediacaran conglomeratic wedges from a complete foreland basin cycle in the southwest São Francisco Craton, Bambuí Group, Brazil. *Precambrian Res.* 299, 101–116.

Uhlein, G.J., Uhlein, A., Pereira, E., Caxito, F.A., Okubo, J., Warren, L., Sial, A.N., 2019. Ediacaran paleoenvironmental changes recorded in the mixed carbonate-siliciclastic Bambuí Basin, Brazil. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 517, 39–51.

Valeriano, C.M., Machado, N., Simonetti, A., Valladares, C.S., Seer, H.J., Sergio, L., Simoes, A., 2004. U–Pb geochronology of the Southern Brasília belt (SE-Brazil) sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana. *Precambrian Res.* 130, 27–55.

Vermeesch, P., 2018. IsoplotR: a free and open toolbox for geochronology. *Geosci. Front.* 9, 1479–1493.

Victoria, A.M., Moy, S.L. 2014. Mapeamento Geológico, em escala 1:25.000, da região de Lapinha da Serra, município de Santana do Riacho, MG. Trabalho de Graduação. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Vieira, L.C., Trindade, R.I.F., Nogueira, A.C.R., Ader, M., 2007. Identification of a Sturtian cap carbonate in the Neoproterozoic Sete Lagoas carbonate platform, Bambuí Group, Brazil. *Compt. Rendus Geosci.* 339, 240–258.

Villa, I.M., De Bièvre, P., Holden, N.E., Renne, P.R., 2015. IUPAC-IUGS recommendation on the half-life of ^{87}Rb . *Geochem. Cosmochim. Acta* 164, 382–385.

Warren, L. V., Quaglio, F., Riccomini, C., Simões, M. G., Poiré, D. G., Strikis, N. M., et al. 2014. The Puzzle Assembled: Ediacaran Guide Fossil *Cloudina* Reveals an Old Proto-Gondwana Seaway. *Geology* 42, 391–394.

Woodhead, J.D., Hergt, J.M., 2001. Strontium, neodymium and lead isotope analyses of NIST glass certified reference materials: srm 610, 612, 614. *Geostand. Geoanal. Res.* 25, 261–266.

Zhang, P., Miller, M.S., Eakin, C.M. 2022. Unraveling an enigmatic boundary along the Sunda-Banda volcanic arc. *Earth Planet Sci. Lett.* 599, 117860.

CAPÍTULO 5– ARTIGO CIENTÍFICO II



ScienceDirect



Journal of South American Earth Sciences

U–Pb geochronology of detrital rutile and zircon unravels sedimentary provenance and tectonic evolution in the São Francisco Craton/ Araçuaí Orogen thrust zone, Serra do Cipó, Brazil

Ingridy da S. Nicomedes ^a, Fabrício A. Caxito ^a, Cristiano de C. Lana ^b

^a Centro de Pesquisas Manoel Teixeira da Costa, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Pampulha, Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, MG, Brazil

^b Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Morro do Cruzeiro, 35400-000 MG, Brazil

Abstract

Understanding craton/orogenic belt transition zones is crucial for the development of tectonic and paleogeographic models. We present new detrital zircon and rutile U–Pb data and discussions about the São Francisco Craton/Araçuaí Orogen limit in the Serra do Cipó area, where deformed and metamorphosed quartzites of the Mesoproterozoic Espinhaço Supergroup and the Neoproterozoic Macaúbas Group overthrust marbles and metapelites of the Ediacaran/Cambrian Bambuí Group during the collisional stage of the Brasiliano Orogeny. The Matão-Duas Barras Formation (Macaúbas Group) and the Espinhaço Supergroup quartzites show a predominance of Archean and Palaeoproterozoic zircons, indicating major contribution from the underlying São Francisco-Congo cratonic basement and Paleoproterozoic complexes, along with Mesoproterozoic peaks related to the main magmatic phases of the Espinhaço rift-sag system. Detrital rutile data mirror the U–Pb zircon distribution, recording the sourcing of metamorphic terranes formed during the Rhyacian orogeny and during Archean greenstone-TTG formation, minus the Mesoproterozoic peaks, reflecting a lull in orogenic metamorphism during development of the Espinhaço rift–sag basin. Low-grade metamorphism and mild hydrothermalism in the shear zone were not able to reset the detrital rutile grains or to metasomatize or create new rims in the zircon grains; thus, both zircon and rutile record the ages of the source areas. One quartzite sample previously mapped as Macaúbas Group (undivided) yielded unexpected but very important U–Pb zircon age peaks at 620 and 725 Ma, along with the usual Proterozoic and Archean peaks. The presence of Ediacaran grains in this sample constrains its maximum depositional age to the syn-orogenic stage of the Araçuaí Orogen, i.e., it can't be mapped as part of the rift I and/or II from Macaúbas Group, but instead, must have sourced the involving Ediacaran Rio Doce arc to the east, in the hinterland. The presence of syn-orogenic units interleaved in the pre-orogenic metasedimentary rocks opens new possibilities and demands further stratigraphic and tectonic studies in the Serra do Cipó area and elsewhere in the craton/orogen thrust fronts.

Keywords: Neoproterozoic; Bambuí Group; Araçuaí Orogen; shear zones; U–Pb geochronology

5.1. Introduction

The geology of the Brazilian territory is deeply influenced by ancient mountain belt formation events. The last and most important occurred in the Late Ediacaran to Early Cambrian, known as Brasiliano event, which was responsible for the configuration of Gondwana, a supercontinent widely discussed in the scientific literature (Heilbron et al., 1995; Brito Neves, 1999; Johansson, 2013; Brito Neves et al., 2014, François et al., 2021). Within this extensive network of mountain belts, the Araçuaí, Ribeira and Brasília orogens stand out. These geological units played a crucial role in the evolution of the territory, contributing to the geological and structural configuration that characterizes Brazil, in processes that involved Wilson Cycle plate tectonics, accretionary wedges in subduction zones and collisions (Peixoto et al., 2015; Amaral et al., 2020).

Mapping, chemical, isotopic and geochronological data have been explored in recent decades regarding the evolution of Neoproterozoic mountain belts. However, a gap in discussions remains regarding chronological and spatial evolution (Tohver et al., 2010; Cordani et al., 2013; Tohver & Trindade, 2014; Caxito et al., 2021). In this work, we explore U–Pb geochronology in the context of thrust deformation between an ancient foreland basin and an orogen. The studied area is the eastern border of the São Francisco craton and its relations to the thrust fronts of the Brasiliano (Ediacaran/Cambrian) Araçuaí Orogen to the east, involved in amalgamation of western Gondwana ca. 600–500 Ma (e.g. Caxito and Alkmim, 2023 and references therein). This research aims to (1) describe the geology of the fault zone, mainly the upper units, trying to individualize the units involved in it and (2) investigate the geochronological history of the metasedimentary rocks, their relation with cratonic margins and its implications.

5.2. Geological context

This research involves the geotectonic context between the Araçuaí Orogen and the São Francisco Craton margins (Figs. 5.1 A, B). The Araçuaí Orogen is an Ediacaran/Cambrian collisional orogen and has the West Congo Orogen as its African

counterpart, forming the Araçuaí-West Congo Orogenic System (AWCO) (Pedrosa-Soares et al., 2000,2008). The Brazilian counterpart preserved many structures and stages (Fig.5.1C) related to a complete Wilson Cycle (Alkmim et al., 2006, 2017), characterized by the i) Archean-Paleoproterozoic São Francisco Craton basement; ii) Mesoproterozoic units of the Espinhaço Supergroup; iii) Tonian and Cryogenian Macaúbas Group successions, recognized as the precursor basin, including the Jequitinhonha Complex; iv) Ediacaran Rio Doce magmatic arc and related basins, including Salinas Formation; v) pre-collisional to post collisional G1, G2, G3, G4 and G5 supersuites.

The Archean-Paleoproterozoic basement comprises TTG complexes, greenstone belts and Rhyacian to Orosirian magmatic arcs, all related to São Francisco-Congo paleocontinent amalgamation (Noce et al., 2007; Teixeira et al., 2000, 2017a; Aguilár et al., 2017; Degler et al., 2018). Sedimentary rocks are associated with the Statherian-Mesoproterozoic Espinhaço continental rift-sag basin and its anorogenic plutonism (Chemale et al., 2012; Guadagnin et al., 2015; Magalhães et al., 2019). The Espinhaço Range is expressed as elongated ridges that follow N-S trending, usually delimited by thrust faults, as a result of stratigraphic inversion of this rift-sag basins during the Brasiliano event (Marshak & Alkmim, 1989; Dussin & Dussin, 1995).

Two rifting stages comprises the Neoproterozoic Macaúbas Group. The lower sequences encompass an aborted rift event, with Early Tonian (ca. 950–880 Ma) metavolcano-sedimentary rocks of the Capelinha, Matão-Duas Barras, Planalto de Minas, Rio Peixe Bravo and Domingas formations (Martins *et al.*, 2008; Pedrosa-Soares et al., 2011b; Babinski et al., 2012; Kuchenbecker et al., 2015; Castro et al., 2019). Cryogenian continental rifting was responsible for the deposition of diamictites of Serra do Catuni, Nova Aurora and Lower Chapada Acauã formations during glacial events (Pedrosa-Soares et al., 2011b; Babinski et al., 2012; Caxito et al., 2012, 2021). The second rift event is characterized by development of a continental passive margin and ocean floor emplacement (ca. 645 Ma), represented by Upper Chapada Acauã and Ribeirão da Folha formations (Pedrosa-Soares et al., 1992, 1998, 2001, 2011b; Pedrosa-Soares & Alkmim, 2011; Babinski et al., 2012; Kuchenbecker et al., 2015; Amaral et al., 2020).

In the northeastern Araçuaí Orogen, the Cryogenian to Early Ediacaran Jequitinhonha Complex, represents a metasedimentary unit primarily comprising Al- and graphite-rich paragneisses, quartzites, and occasional lenses of calc-silicate rocks. This complex is interpreted as a distal correlate of the Macaúbas basin system (Gonçalves-Dias et al., 2016; Pacheco et al., 2021).

The closure of an oceanic basin led to the formation of the Rio Doce magmatic arc and associated basins during the Ediacaran (Tedeschi et al., 2016). These formations comprise metasedimentary and metavolcanic rocks within the Rio Doce Group, as well as paragneisses of the Andrelândia Complex situated in the fore-arc and intra-arc regions (Degler et al., 2017; Novo et al., 2018). Additionally, the back-arc region is characterized by migmatitic paragneisses of the Nova Venécia Complex and other associated paragneissic units forming the high-grade core of the Araçuaí Orogen (Gradim et al., 2014; Richter et al., 2016; Araujo et al., 2019; Santiago et al., 2022).

The Salinas Formation, located above the Macaúbas basin, represents syn-orogenic sedimentation unit (ca. 580 Ma) characterized by a significant detrital input from the Rio Doce arc. This formation comprises a thick sequence of sandy-pelitic turbidites, interspersed with ortho-conglomerate lenses containing volcanic rock clasts originating from the magmatic arc (Lima et al., 2002; Peixoto et al., 2015; Deluca et al., 2019).

During the collisional phase of the Araçuaí Orogen, extensive anatexis occurred within paragneiss complexes, resulting in the formation of a significant volume of S-type granitic rocks (585–540 Ma) (Pedrosa Soares et al., 2011a; Gradim et al., 2014; Melo et al., 2017). This stage was followed by the intrusion of numerous post-collisional I- and A-type magmas, comprising both granitic and mafic compositions (Pedrosa-Soares et al., 2011a; Gradim et al., 2014; Campos et al., 2016; Serrano et al., 2018; Araujo et al., 2019). Monazite data from granitic plutons linked to the orogenic collapse suggest that this process may have extended until approximately 490 Ma (Gonçalves et al., 2019).

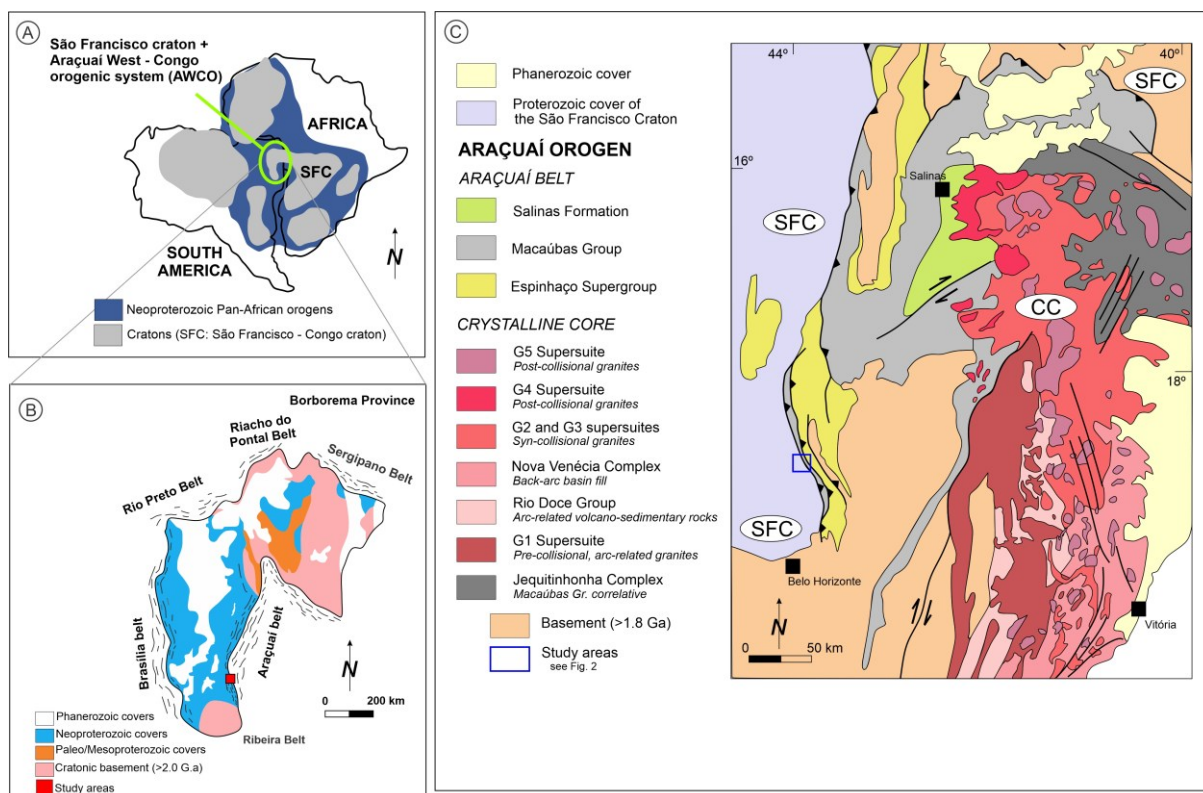


Figure 5.1– West Gondwana geotectonic setting (A) highlighted in green for the Araçuaí West Congo orogenic system (AWCO) and São Francisco Craton; (B) geological map of São Francisco Craton with location of the study areas, Proterozoic and Phanerozoic covers, states limits and mobile belts around the craton and (C) Simplified geological map of Araçuaí Orogen, with its lithotectonic assemblages, and its contacts with the San Francisco Craton. Figure A modified from Alkmim & Martins-Neto (2012), figure B compiled from Caxito et al. (2021) and Alkmim (2004) and figure C modified from Peixoto et al. (2018). SFC- San Francisco Craton and CC- Crystalline Core.

Neoproterozoic deformation, which spared the Archean–Paleoproterozoic basement, was responsible for a low–grade fold–thrust belt bordering the eastern São Francisco Craton margin (Noce et al., 2007; Alkmim et al., 2017; Pedrosa Soares et al., 2020). Thin-skin deformation fronts impact the cratonic covers, represented by the Ediacaran-Cambrian Bambuí Group, near the boundary between the craton and the fold belt. The specific Serra do Cipó region under study, is marked by the first shear zone involving basement rocks (the thick-skin front) according to the original definition by Almeida (1977). The primary structure, termed here as the Serra do Cipó shear zone, exhibits an overthrust of Proterozoic metapsammitic rocks belonging to the rift-

sag related Espinhaço Supergroup (1.8–1.0 Ga; Guadagnin & Chemale, 2015, and references therein), divided into Diamantina and Conselheiro Mata groups, and the rift to passive-margin Tonian to Cryogenian Macaúbas Group (Pedrosa-Soares et al., 2011b, and references therein) towards the east. The units overthrust the carbonatic-siliciclastic platform covers of the Bambuí Group towards the west, approximately 635–520 Ma (Paula-Santos et al., 2015, Moreira et al., 2020, Caxito et al., 2021).

In the study areas of this research (Fig.5.2), the Espinhaço Supergroup is represented by Galho do Miguel Formation sandstones, and shallow marine siliciclastic rocks attributed to the Conselheiro Mata Group, both with Mesoproterozoic ages (1.5–1.0 Ga, Guadagnin & Chemale, 2015). The Santa Rita Formation comprise fine-grained quartzites, phyllites and metapelites, approximately 250 m thick (Almeida-Abreu, 1995; Knauer, 2007). Although the Macaúbas Group is not formally subdivided in the area, descriptions include diamictites and sandstones related to glacial activity. In other locations, the diamictite-bearing facies have yielded detrital zircons with ages as young as approximately 750 Ma (Pacheco et al., 2023). Additionally, distal deep marine facies are interlayered with amphibolites interpreted as remnants of oceanic crust, along with plagiogranite intrusions dated to 655–635 million years ago (Amaral et al., 2020). All these rocks contain low greenschist facies mineral assemblage with white mica, quartz, chlorite and opaque minerals (Magalhães, 1989).

The Proterozoic sequences (Espinhaço Supergroup and Macaúbas Group) are thrust atop the Ediacaran–Cambrian Bambuí Group (Fig.5.2), resulting in a stratigraphic inversion along the boundary between the craton and the fold belt. Marbles from the Sete Lagoas Formation exhibit shearing and display recumbent, intrafolial, sheath, and non-cylindrical folds. Similarly, metapelitic rocks of the Serra de Santa Helena Formation also exhibit significant deformation. Quartzites that overlie the marbles are only deformed by one deformation mechanism (dissolution-precipitation creep), while the marbles exhibit a variety of mechanisms (Taufner et al., 2021).

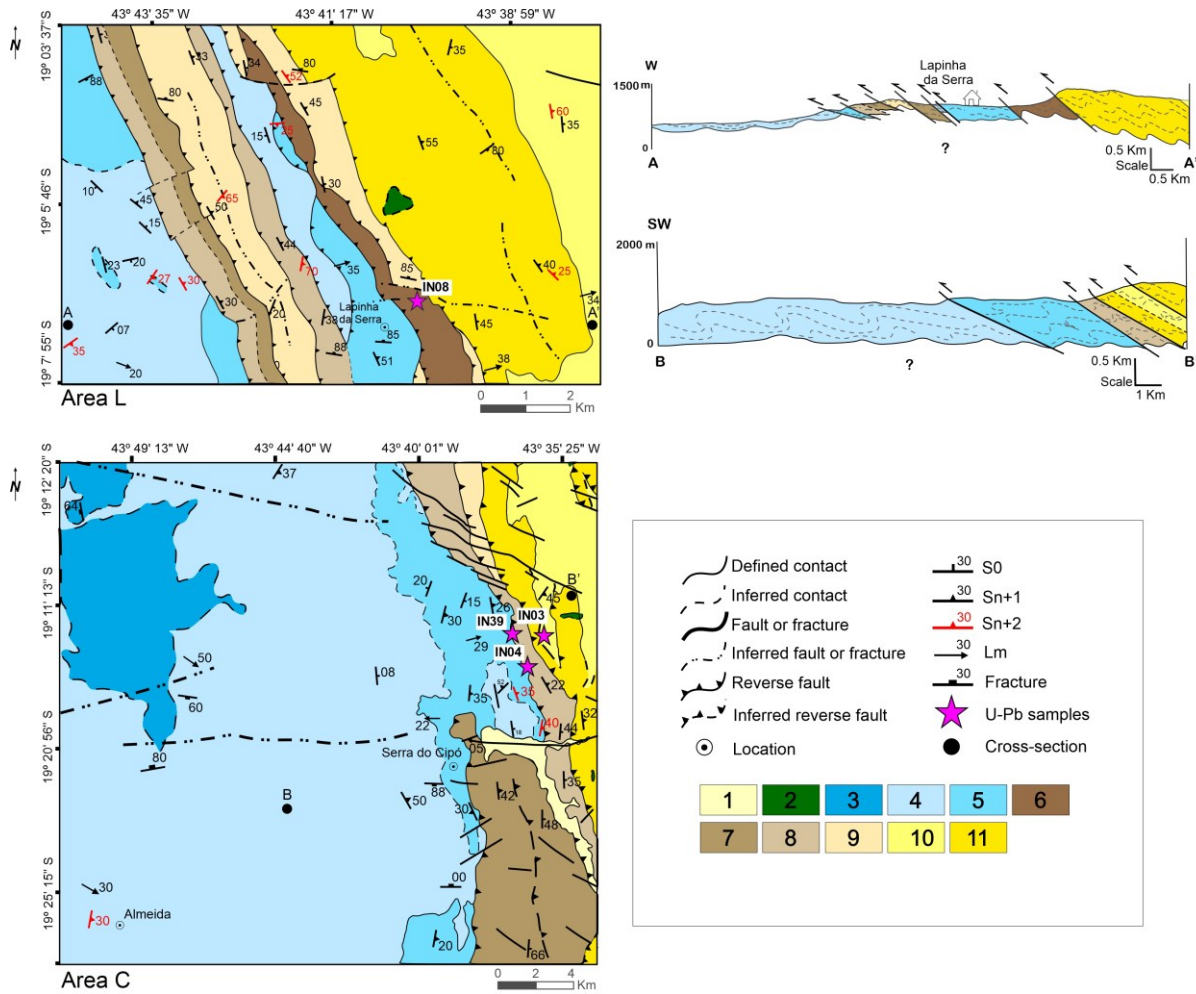


Figure 5.2– Geological maps of the study areas with geochronological samples location and cross-sections, obtained by this work and adapted from Oliveira et al. (1997), Silva et al. (2007) and Victoria & Moy (2014). The stratigraphy is subdivided into 1- alluvial deposits; 2- intrusive rocks; 3- Lagoa do Jacaré Fm.; 4- Serra de Santa Helena Fm.; 5- Sete Lagoas Formation; 6- Macaúbas Group micaceous quartzites (undivided); 7- Serra do Catuni Fm.; 8- Matão-Duas Barras Fm. 9- Córrego dos Borges Formation; 10- Santa Rita Fm.; 11- Galho do Miguel Fm. Units 3,4 and 5 belong to Bambuí Group, units 6,7,8 belong to Macaúbas Group and units 9, 10 and 11 belong to Espinhaço Supergroup.

5.3. Material and methods

5.3.1. Field and petrography

The field campaigns were conducted in the eastern São Francisco Craton margin, where representative samples were collected for petrographic and geochronological

analysis. Petrographic description and thin sections photographs of the lithologies involved in the thrust fault above the Bambuí Group were made in an optical microscope with transmitted and reflected light Carl Zeiss Axioscop 40, using 2.5x, 5x and 10x objectives at the Thin Section Laboratory of the Professor Manoel Teixeira da Costa Research Center (CPMTC–IGC–UFMG).

5.3.2. U–Pb Geochronology

The sampling collected during the fieldwork, about five to eight kilos each sample, was sent to the High Purity Mineral Separation Laboratory (SEPURA) of the Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa (CPMTC) at the Federal University of Minas Gerais (UFMG). The extraction of heavy minerals involved procedures such as crushing, milling, sieving, gravimetric and magnetic separations, in addition to separation by heavy liquids. The final separation was done by hand picking, using a binocular loupe, where approximately 200 zircon grains and 60 rutile grains were collected from each of the selected samples. The grains were organized and mounted on epoxy resin discs, as well as polished. The discs were carbon-coated at the Microscopy Center (CM) at UFMG and analyzed under the Scanning Electron Microscope FEI Quanta 200 FEG, to obtain compositional maps and identify the mineral chemistry through EDS analysis. Cathodoluminescence (CL) and Secondary Electron Image (SEI) were generated in the Scanning Electron Microscopy lab at the CPMTC in a JEOL JSM-6510 SEM, to recognize the internal structures, zoning, shapes and fractures of the grains to be analyzed. U–Pb analyzes were obtained in the Isotopic Geochemistry Laboratory in the Federal University of Ouro Preto (UFOP), through the Laser Ablation Multi-Collector Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-MC-ICP-MS) - Element 2 Thermo Finnigan coupled with a Photon-Machines 193nm - with 30 µm spot size. The correction of U–Pb data for LA-ICP-MS was made in Saturn Software (Silva et al., 2022).

The analytical routines used an external zircon reference material GJ-1 (608 Ma; Jackson et al., 2004) as primary reference, BB-9 (560 Ma; Santos et al., 2017) as second reference and Plesovice (337Ma; Sláma et al., 2008) as third reference, in order to guarantee the accuracy and quality control of the data. For rutile, the external reference material NIST SRM 614 (Jochum et al., 2011) was used as primary

reference, Antônio Pereira (499.4 Ma; Santos et al., 2020), as second reference and RS 600 (in house) as third reference. Some grains yielded negative values for the Th/U ratio, as a result of low Th concentrations. Thus, the background correction, subtraction of the average sign from the average background, results in a calculation of negative concentration.

Each performed analysis presents information such as the spot number, Th/U ratios, common Pb, discordant ages and the errors of the isotope ratios. The density plots were performed using Isoplot 4.15 software (Ludwig, 2012), where 10% of discordance were considered to plot zircon and rutile data. In the processing and interpretation of both zircon and rutile data, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$ ages were used for grains younger than 1.0 Ga and $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages for grains older than 1.0 Ga. The complete analysis data are displayed in Supplementary Material 1.

5.4. Results

5.4.1. Geology of the shear zone

The thrust shear zone between São Francisco Craton and the Araçuaí Orogen is composed of Bambuí Group marbles and metasiltstones in tectonic contact with the Macaúbas Group and Espinhaço Supergroup quartzites. The focused region was previously mapped in the 1:100.000 and 1:25.000 scales, where good descriptions were made, increasingly delimiting the boundaries between the thrust faults and the craton (Oliveira et al., 1997; Silva et al., 2007; Ribeiro, 2008; Victoria & Moy, 2014). Along the entire thrust fault, the rocks involved are deformed and metamorphosed in a low grade, into greenschist facies, resulting from the gravitational collapse of the Araçuaí Orogen (Pedrosa-Soares et al., 1992; Nicomedes et al., in preparation).

The rocks of the Espinhaço Supergroup are the oldest in the area. Predominantly siliciclastic in nature, they correspond to monotonous sequences of pure and/or micaceous quartzites, outcropping at the highest elevations in the region, between 1100 and 1700 m, along elongated bands of NNW-SSE direction, generally delimited by thrust faults. The Santa Rita Fm., basal unit of the Conselheiro Mata Group,

outcrops in the eastern part of the areas (Fig. 5.2) and corresponds to samples IN03 Rt and IN03 Zr. The lithotypes that comprise this formation are millimetric to metric intercalations of micaceous, whitish/greenish, fine, sericitic quartzite (Fig. 5.3, photo B). In its most micaceous levels, it appears crenulated and with disseminated iron/manganese oxides, mainly in areas rich in quartz veins (Fig.5.3, photo C). The quartzites show S_2 crenulation cleavage planes that intersect the main S_1 foliation (Fig.5.3, photo A). In microscopic terms, they are biminerale rocks, rich in quartz and sericite, in addition to deformation microstructures that occur in the ductile domain, such as, for example, undulating extinction, sigmoidal grains surrounded by foliation marked by muscovite and biotite, in addition to the formation of subgrains (Fig.5.3, photo D).

Macaúbas Group lithologies are locally characterized by microconglomeratic quartzites, of silt-sandy matrix and subrounded and slightly spherical polymictic granule, and metadiamicrites with silt-sandy matrix, both classified as belonging to the Serra do Catuni Formation (Fig.5.3, photos G,H). Pure quartzites (Fig.5.3, photos F,K- sample IN04 and IN39), sometimes interleaved with green phyllite lenses (Fig.5.3, photo E) are considered as part of the Matão-Duas Barras Formation, and micaceous quartzites (Fig.5.3, photo J- sample IN08) locally microconglomeratic is part of Macaúbas Group, but were not divided into formation. Primary structures, such as asymmetric ripples (Fig.5.3, photo L) and plane-parallel stratifications are common, but often, are obliterated by tectonic foliation. The metadiamicrite clasts and the quartzite grains from this entire unit probably come from the Espinhaço Supergroup. In microscopic terms, quartzites are rich in quartz and sericite (Fig.5.3, photo I), the latter occurring in a lower % vol. at microconglomeratic levels, it presents a variable incidence of undulating extinction and subgrains. Some quartz crystals occur stretched across S_1 main foliation. All these rocks described are cut by quartz veins, which are sometimes sigmoidal due to the effects of Brasiliano tectonics (Fig.5.3, photo F).

Macaúbas Goup + Espinhaço Supergroup



Bambuú Group

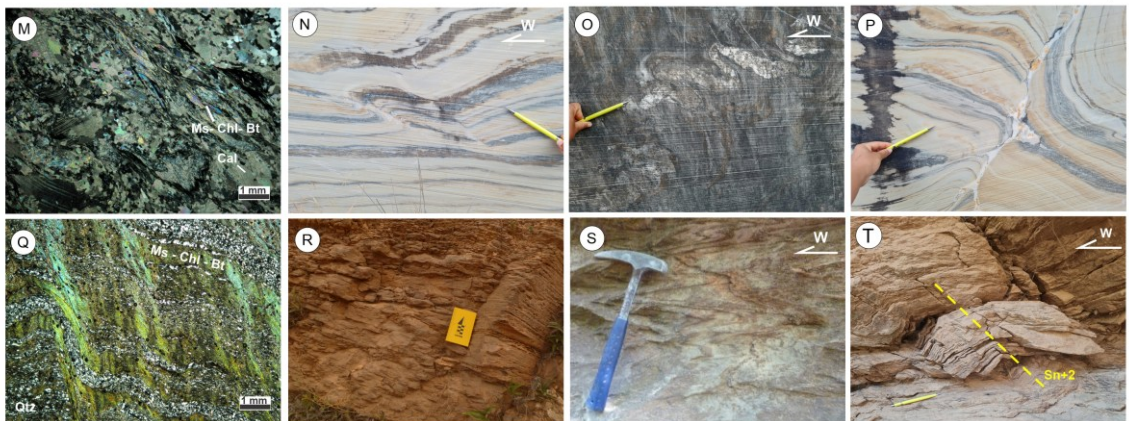


Figure 5.3– Photographs and microphotographs of lithostratigraphy found in the fault zones of the study areas. A- Phyllite with crenulation cleavage of Santa Rita Fm.; B- Greenish micaceous quartzites of Santa Rita Fm; C- Fine micaceous quartzite with metric quartz vein, sample IN03; D- Quartz grain with undulose extinction in a fine micaceous quartzite of Santa Rita Fm.; E- Lenses of green phyllite mixed with quartz veins and quartzite from Matão-Duas Barras Fm; F- Fine pure quartzite with quartz veins of Matão-Duas Barras Fm., sample IN04; G- Diamicrites of Serra do Catuni Fm; H- metadiamicrites with clasts stretched along S_1 foliation; I- Quartz grains with different granulometries in microconglomeratic quartzite from Serra do Catuni Fm.; J- Micaceous quartzite with slickensides, sample IN08; K- Medium quartzite of Matão-Duas Barras Fm., sample IN39; L- Asymmetric ripple marks in fine quartzite of Matão-Duas Barras Fm; M- Marble with intercalations between deformed calcite and phyllosilicates; N- Ruptured limbs in a stratified marble; O- Ptygmatic folds of calcite in a

marble; P- Calcite veins in ruptured limbs; Q- crenulation cleavage marked by phyllosilicates; R- orange and foliated metasiltsstones; S- intrafolial and chevron folds metasiltsstone; T- folds with axial plane (S_2) in Serra de Santa Helena Fm. Photographs A, G, H, I, J, L, Q, R, S and T from Lapinha da Serra (area L). Photographs B, C, D, E, F, K, M, N, O and P from Serra do Cipó (area C). Minerals abbreviations according to the International Union of Geological Sciences (IUGS): Bt- biotite, Cal- calcite, Chl- chlorite, Qtz- quartz and Ms- muscovite.

The units with the most evident deformational structures are the rocks of the Bambuí Group. In tectonic contact with the quartzites of the Matão-Duas Barras Formation, the Sete Lagoas Formation succession consists of dark-light gray and beige marbles. They are impure, with parallel, pelitic and marly stratifications, with levels with intercalations between calcite and muscovite, chlorite and biotite (Fig.5.3, photo M). They exhibit westward verging folds, fractures, quartz and calcite veins (Fig.5.3, photo N, O, P). The contact with quartzites of Macaúbas Group sometimes conditions the flow direction of some drainages. Serra de Santa Helena Formation, in tectonic contact with Sete Lagoas Formation, is locally composed of laminated phyllites and metassiltstones, green, gray and orange when weathered (Fig.5.3, photo R). Well-foliated rock, with recrystallized quartz grains along the folding and penetrating foliation marked by phyllosilicates (Fig.5.3, photo Q), these metasiltsstones have well-marked structures related to Brasiliano deformation (Fig.5.3, photo S, T).

These lithotypes found in the study areas are involved in a brittle-ductile context, where they were deformed and metamorphosed into greenschist facies during the collisional stage of the Araçuaí Orogen, predominating structures and kinematic indicators typical of shear zones such as SC foliation, sheath folds, pressure shadows and asymmetrical folds. Differences between the deformation rates of the marbles and metasiltsstones of the Bambuí Group and the quartzites of the Macaúbas Group and Espinhaço Supergroup triggered the action of deformational mechanisms in greater quantities in the lithologies of the Bambuí Group (Taufner et al., 2021).

5.4.2. U–Pb Geochronology

5.4.2.1. Samples IN03 Rt (Rutiles) – micaceous quartzite

This sample is a fine micaceous quartzite collected from the top of the fault zone (UTM 646855E / 7866263N; Zone 23 K), classified as Santa Rita Fm. The rutile crystals found are transparent, with brown-red color, adamantine brightness and elongated subhedral prisms. The grains range in size from 115 to 295 μm , with length/width ratios 2:1. Images obtained by Secondary Electron Image (SEI) show crystals fractured and with stretch marks typical from rutile habit (Fig.5.4). 25 grains were analyzed and 13 are concordant. Th/U ratios range from - 0.02 to 1.4. The probability density plots (Fig.5.5) shows ages from 3196 to 1798 Ma, distributed in 8 main peaks, most of them with Paleoproterozoic contributions ranging from 2443 to 1798 Ma. A Rhyacian statistical peak, around 2110 Ma, is the highest concentration of the grains. Archean ages contributions occur, around 3196 to 2518 Ma, with the most expressive peak around 2681 Ma. The youngest dated grain is Statherian, near 1799 Ma.

5.4.2.2. Samples IN03 Zr – micaceous quartzite

This is the same as the former sample. The detrital zircons analyzed (Fig.5.4) are transparent to translucent, with adamantine brightness, predominantly gray color, ranging in size from 93 to 257 μm . Two crystal shapes are predominant: one with well-rounded grains and medium sphericity, with 1:1 length/width ratios, and the other with elongated grains and rounded closure, with 2:1 length/width ratios. Cathodoluminescence (CL) images show grains with different behaviors, such as internal zoning, absence of zoning and dark crystals. 49 grains were analyzed, but just 28 are concordant. Th/U ratios range from 0.08 to 1.5. The ages presented in probability density plots (Fig.5.5) vary from 3200 to 2172 Ma, distributed in 6 main peaks, and are restricted between the Paleoproterozoic and the Archean. Rhyacian ages, around 2173 Ma, and Mesoarchean ages, around 3198 Ma, are the most abundant. The youngest grains are at ca. 2076 Ma.

5.4.2.3. Samples IN04 – quartzite

This sample is from a fine to medium quartzite collected at the top of the thrust fault (646125E / 7864724N; Zone 23K), mapped as Matão-Duas Barras Fm. The detrital zircons found range in size from 80 to 230 μm , with 2:1 length/width ratios. They are transparent to translucent, have adamantine brightness and color ranging from gray, brown and beige. The crystals are subhedral to rounded and some preserved grains have the typical habit of zircons, with prismatic crystals and bipiramidal tips (Fig.5.4). CL shows internal zoning, but some grains present without zoning and darkened, showing evidence of a possible metamictization. Out of the 75 analyzed zircons, 74 are concordant. Th/U ratios range from 0.09 to 2.7. The probability density plots (Fig.5.5) shows ages from 3561 to 1580 Ma, distributed in 7 main peaks from Mesoproterozoic to Archean. The highest peak is ca. 2096 Ma. Throughout the graphic, the Archean has the highest concentration of grains, although the lowest peak of all shows a Paleoarchean age, around 3560 Ma. The youngest grains are Calymmian, with approximately 1577 Ma.

5.4.2.4. Samples IN08 – micaceous quartzite

This sample is a fine micaceous quartzite collected near an inferred fault ((639918E / 7885851N; Zone 23K), considered as Macaúbas Group (undivided). The detrital zircons analyzed are transparent to translucent, with adamantine brightness, predominantly gray and beige colors, ranging in size from 87 to 130 μm . Zircon grains are well-rounded grains and high sphericity, with 1:1 length/width ratios (Fig.5.4). CL images show few grains with internal zoning, while most crystals are dark. 71 grains were analyzed, but just 40 are concordant. Th/U ratios range from 0.2 to 2. The ages presented in probability density plots (Fig.5.5) vary from 3267 to 620 Ma, distributed in 10 main peaks, covering from Neoproterozoic to Archean. Rhyacian ages, around 2094 Ma, and Neoarchean ages, around 2643 Ma, are the highest geochronological peaks. The youngest grains are Ediacaran, ca. 618 Ma, which is interpreted as the maximum depositional age of the Macaúbas Group quartzite in the region, followed by a second, late Tonian to early Cryogenian peak at approximately 726 Ma.

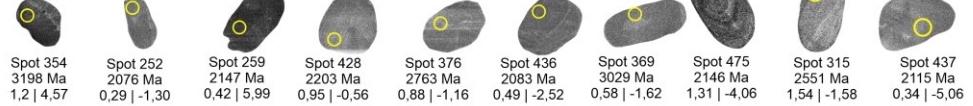
5.4.2.5. Samples IN39 – quartzite

This sample characterizes a fine to medium-grained quartzite, found in tectonic contact with marbles of Sete Lagoas Formation in the thrust fault (645277E / 7866424N; Zone 23K), classified as Matão-Duas Barras Fm. The zircon grains are well-rounded with high sphericity, transparent, with gray color and adamantine brightness. They range in size from 76 to 272 μm , with 3:1 length/width ratios. well-rounded grains and high sphericity. Images obtained by CL show crystals with internal zoning, but dark grains are common (Fig.5.4). 70 grains were analyzed and 33 are concordant. Th/U ratios range from 0.2 to 2.6. The probability density plots (Fig.5.5) shows ages from 3748 to 1232 Ma, distributed in 7 main peaks, most of them with Archean contributions ranging from 3748 to 2710 Ma. A Neoproterozoic statistical peak, around 2710 Ma, is the highest concentration of the grains. The youngest ages, around 1223 and 1577 Ma, are from the Mesoproterozoic, Ectasian and Calymmian, respectively.

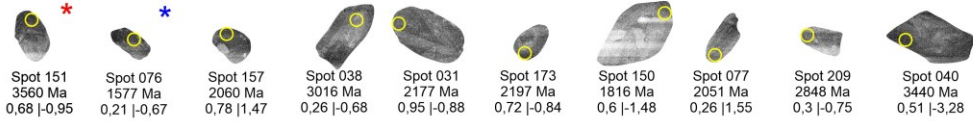
Sample IN03 Rt



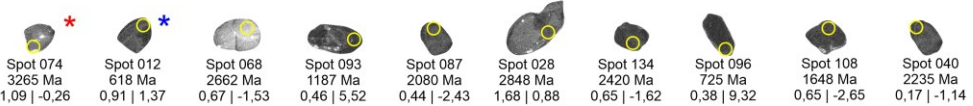
Sample IN03



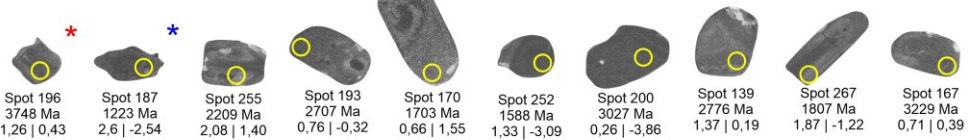
Sample IN04



Sample IN08



Sample IN39



LEGEND

- ★ youngest
- ★ oldest

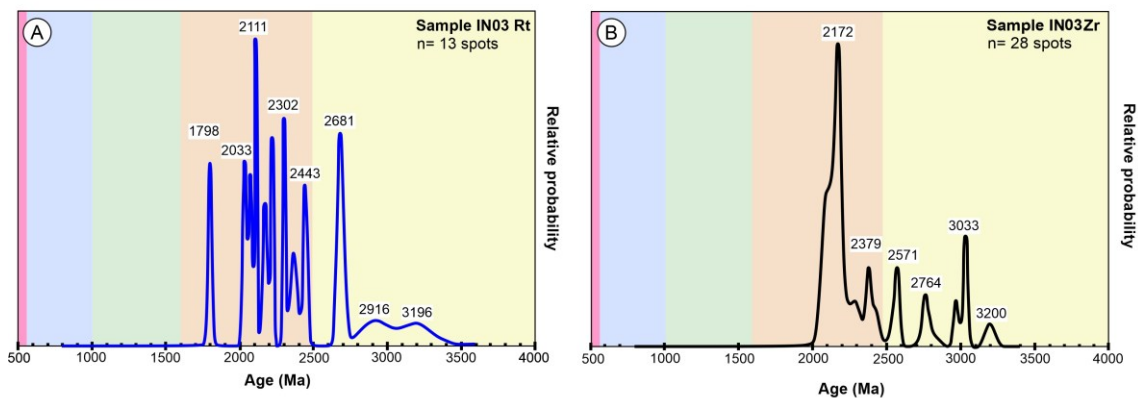
Spot number
U-Pb age
Th/ U | Disc.

Rutile **500 μm**

Zircon **200 μm**

Figure 5.4– Cathodoluminescence (CL) images of detrital zircons and Secondary Electron Image (SEI) of detrital rutiles from analyzed samples.

Santa Rita Fm. (Espinhaço Supergroup)



Macaúbas Group

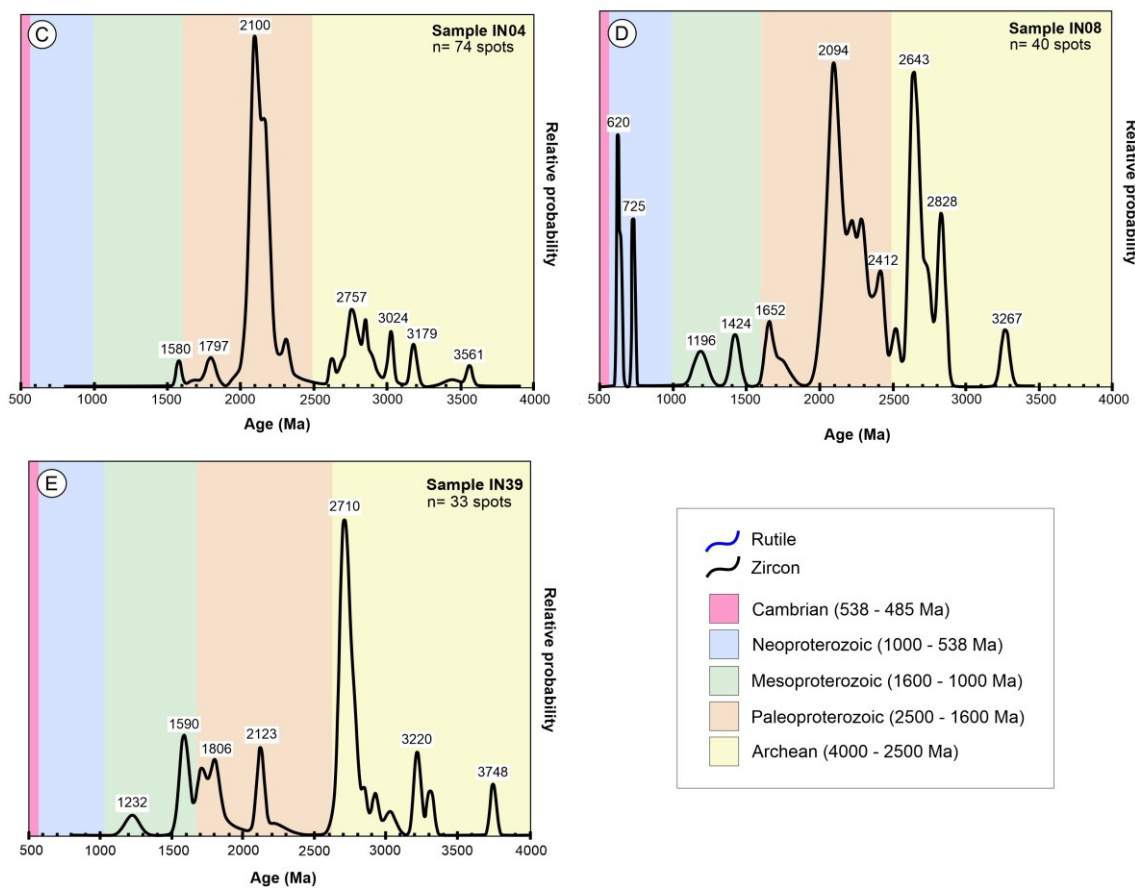


Figure 5.5– Probability density plots for the and rutile (blue line) and detrital zircon grains (black line) analyzed of samples (A) IN03 Rt, (B) IN03, (C) IN04, (D) IN08 and (E) IN39.

5.5. Discussion

5.5.1. Sedimentary provenance

The U–Pb geochronological data analyzed in the siliciclastic samples of Macaúbas Group and Espinhaço Supergroup, involved in the thrust fault between Bambuí Group, demonstrate a wide variety of sources for these rocks, which would have covered several tectonic units during the amalgamation process of the supercontinent Gondwana. In this way, an extensive configuration for the Espinhaço basin system, Macaúbas basin system and São Francisco-Congo paleocontinent is analyzed.

Archean zircons dated in all samples may have been incorporated from TTG complexes occurring in the San Francisco Craton and Araçuaí Orogen basements, as a result of the Paleoproterozoic Minas-Bahia Orogeny (Teixeira et al., 2017; Degler et al., 2018; Grochowski et al., 2021). The oldest Archean zircons found in this research were dated at 3560 and 3748 Ma, respectively in samples IN04 and IN39. Records of such old rocks are found in northeastern Brazil, such as gneisses in the Serra da Caiada and Mairi complexes and in the Gavião Block (Silva Filho, 2012; Paquette et al., 2015; Oliveira et al., 2020; Moreira et al., 2022). In the Araçuaí Orogen basement, the nearby Porteirinha complex has yielded ages as old as ca. 3.4 Ga (Silva et al., 2016; Sperandio et al., 2024).

The zircon ages spectra present expressive Paleoproterozoic peaks in all samples. A similar characteristics was observed in several studies on rocks of the Espinhaço Supergroup and Macaúbas Group (e.g. Noce et al., 2007; Bersan et al., 2018; Martins et al., 2008; Chemale et al., 2012; Amaral et al., 2020; Pacheco et al., 2023), which allows to understand that the greatest contribution in Tonian rift phase was from sources related to the Rhyacian-Orosirian Minas-Bahia orogenic belt, reworked by Brasiliano Orogeny, comprising migmatitic-gneissic, TTG complexes from São Francisco-Congo paleocontinent basement, Guanhões and Porteirinha complexes (Silva et al., 2002; Noce et al., 2007; Silva et al., 2016).

A predominant set of Paleoproterozoic peaks in the detrital rutiles of the sample IN03 Rt demonstrate a sedimentary contribution of medium to high grade rocks metamorphosed during a Paleoproterozoic event, given the characteristic closure temperature of this mineral (Force, 1991). The U–Pb ages obtained in this mineral are coherent with the U–Pb zircon data of most of the samples, since all have expressive Paleoproterozoic peaks in common. However, the isolated rutile ages are not used to constrain the maximum deposition age of Santa Rita Formation (sample IN03), since they reflect a Paleoproterozoic event that occurred before the deposition of the sands that were precursors for the quartzites from the Espinhaço Supergroup (Chemale et al., 2012; Franz et al., 2014).

The contributions of Mesoproterozoic (1600–1000 Ma) grains are quite expressive in samples IN08 and IN39, and little prominent in sample IN04, with a low peak in 1580 Ma (Fig.5.5 C, D, E). Possible sources for these Mesoproterozoic peaks would be the volcanic and intrusive rocks related to the ca. 1.6–1.5 Ga and 1.2 Ga volcanic episodes in the Espinhaço rift-sag system (Danderfer et al., 2009; Chemale et al., 2012; Guadagnin et al., 2015; Costa et al., 2018; Magalhães et al., 2019). In the transition between the Paleoproterozoic to Mesoproterozoic, the Calymmian sources also comprise mafic dykes originated during the intracratonic rift phase of the Espinhaço basin (Silveira et al., 2013).

In terms of the Neoproterozoic record, detrital zircon grains are represented in two distinct peaks, between Tonian and Ediacaran, at 620 and 725 Ma, exclusively in sample IN08. Provenance of these grains can be associated with the Bahia Alkaline Province (Teixeira et al., 1997; Rosa et al., 2004; 2015), or with late Tonian, Cryogenian and early Ediacaran magmatic activity within the Macaúbas basin (Queiroga et al., 2007; Peixoto et al., 2015; Amaral et al., 2020), e.g., orthoamphibolites of ca. 600 Ma and rocks of the Dom Silvério Group of ca. 627 Ma in the southern Araçuaí Orogen (Queiroga, 2010; Gradim et al., 2011) and plagiogranites at ca. 645 Ma in the Ribeirão da Folha region (Amaral et al., 2020). Alternatively, some of the Ediacaran grains can be derived from the Rio Doce arc itself (Tedeschi et al., 2016) and in this case, the sample unit would not correspond to the rift phase of the Macaúbas basin, but in reality, to a slice of a syn-orogenic basin, similar to the Rio

Doce Group (Novo et al., 2018). In fact, the presence of Ediacaran grains in the sampled unit demands a reinterpretation of the tectonic significance and stratigraphic positioning of the mapped rocks.

5.5.2. Tectonic and stratigraphic implications

Although the concentration of Mesoproterozoic to Archean peaks is predominant in the dated samples, we report the occurrence of younger zircons in one of the outcrops, a fine micaceous quartzite, mapped as belonging to the Macaúbas Group (undivided), sample IN08. This occurrence allows us to restrict the maximum depositional age of this samples at 619 Ma. However, when interpreting the current tectonic model, it is understood that in this age spectrum the Araçuaí Orogen was in the pre-collisional stage, ca. 630–580 Ma (Pedrosa-Soares et al., 2007), characterized as the building of its magmatic arc, represented by G1 Suite and the volcanic rocks of the Rio Doce Group (Fig.5.1C).

The youngest rocks of Macaúbas Group comprise records of the late Cryogenian to early Ediacaran passive margin, characterized by the meta-volcano-sedimentary rocks of Ribeirão da Folha Formation. U–Pb geochronological studies conducted by Amaral et al. (2020) defined the maximum depositional age of pelites and psammitic lenses in the accretionary prism of the subduction complex around 599 Ma, after the magmatic crystallization age for plagiogranites in ophiolitic slivers involved in tectonic mélanges along with the metasedimentary rocks of the same formation at ca. 645 Ma. Although very similar in relation to the ages of the micaceous quartzites found in this study (sample IN08), these records are tectonically divergent, considering the geochronological and depositional setting of the Macaúbas Group and the context of the passive margin with the appearance of oceanic crust. Furthermore, as they are close to the suture zone of the orogen, located hundreds of kilometers to the east of our study areas, it is quite imprecise for such young rocks inserted in the late tectonic context of passive margin to be located in the external zone of the orogen, close to the fault zone between Bambuí Group. Thus, further stratigraphic, tectonic and new geochronological investigations are needed to elucidate these results.

The mapping campaigns carried out by previous works near the fault zone (Hettich, 1977; Oliveira et al., 1997; Ribeiro, 2008; Victoria & Moy, 2014) established no official division into formations for Macaúbas Group, considering it as undivided along much of the thrust faults with the São Francisco Craton margin. The sedimentary and petrographic similarities of siliciclastic rocks in the region hinders the subdivision into different formations, which can limit the stratigraphic positioning and geochronological discussions. Despite this, some works managed to tentatively divide the Macaúbas Group (Rift I) into formations. U-Pb ages of ca. 900 Ma were defined as the maximum depositional age from zircon grains of the Matão-Duas Barras Formation (Martins et al., 2008; Babinski et al., 2012; Chemale et al., 2012; Leite, 2013). Medeiros (2022), through semi-detail stratigraphic surveys in the southern region of our area, in the dependencies of the Serra do Cipó National Park, defined two siliciclastic metasedimentary units: the Galho do Miguel Formation, belonging to the Espinhaço Supergroup, and the Serra do Catuni Formation, belonging to the Macaúbas Group, but still no geochronological data available so far. In this context, paleogeographic observations are important to discuss the basin dynamics and interpret the results of U–Pb geochronology. It is worth remembering that as they represent the same depositional system, the ancient Matão and Duas Barras formations (Karfunkel & Karfunkel 1976; Martins et al., 2008) were redefined by Souza et al. (2019) as Matão-Duas Barras Formation, and would represent the pre-glacial, pre-rift units of the Macaúbas Group. In this context, it is clear that the presence of Ediacaran grains indicates that at least part of what is mapped now as Macaúbas Group, especially in the area L (sample IN08), where in this work the rocks were not divided, actually corresponds to a younger syn-orogenic formation of the Araçuaí Orogen.

5.5.3. Metamorphism in the fault zone

As a refractory mineral of metamorphic orogen found in siliciclastic rocks in contact with marbles from the Bambuí Group in the fault zone, rutile functions as a great accessory mineral, offering important information about the rocks in which it was formed. Rutile works as a common mineral in rocks of medium-to-high pressure and/or temperature, such as in metamorphosed metapelites, metamorphosed mafic rocks,

magmatic rocks and in sedimentary rocks as a detrital mineral (e.g. Frost, 1991; Zack et al., 2004; Triebold et al., 2012).

Records of rutile grains in the southeast region of the Araçuaí Orogen and inside Quadrilátero Ferrífero dependences, located close to the study areas of this research, obtained Neoproterozoic ages by Santos et al. (2020) and records of fluid-rock interactions in Rhyacian rutiles associated with the Rhyacian Orogeny by Zeh et al. (2018). In both occurrences, the correlation of these grains with quartz veins and hydrothermal fluids originating from their respective orogenies is emphasized. The new U–Pb data, both in detrital zircons and rutiles, demonstrate, isotopically, that the metamorphism in this region of the external thrust faults of the Araçuaí Orogen has a low grade and hydrothermalism was not important in resetting the U–Pb ages in the detrital minerals, which consequently developed low metamorphism in the São Francisco cratonic margins and Neoproterozoic covers of Bambuí Group, since the rutile and zircon grains yield sedimentary provenance records only. Rare are the cases in which the closure temperature of U–Pb rutile reaches 600 °C (Cherniak, 2000; Vry et al., 2003), being more common values < 500 °C (Mezger et al., 1991). Thus, all of the analyzed rutile grains are detrital and reflect the ages of ancient metamorphic terranes sourced by the former sedimentary basins in the area. In general, the rutile ages mirror the zircon U–Pb ages in the same rock units, reflecting the main Rhyacian metamorphic event at ca. 2.1–1.9 Ga, and minor Archean peaks related to greenstone belt-TTG complexes formation in the São Francisco-Congo basement.

Recent Rb–Sr geochronology in micas, performed in the marble of Sete Lagoas Fm. and metassiltites from the Serra de Santa Helena Fm., both units of the Bambuí Group, were able to record the deformation of the fault zone at 500–450 Ma (Nicomedes et al., in preparation). Studies report the low temperature system of muscovites and biotites, in addition to the complex isotopic behavior and diffusion of the Rb–Sr system, mainly in lithologies with controlled structures (Oriolo et al., 2018; Liebmann et al., 2022). Therefore, the metamorphism in the region was able to recrystallize and reset the micas while keeping the U–Pb system closed in detrital zircon and rutile which allows to infer that the rocks of the tectonic context reached low temperature, about between ~400 and ~300 °C (Willigers et al., 2004). This estimative interval can only be obtained with certainty from new suitable metamorphic investigations, especially in the craton-orogen limit.

5.6. Conclusions

The present paper presents new geochronological data and discussions about the São Francisco Craton/Araçuaí Orogen limit in the Serra do Cipó area, and the relations between the Espinhaço Supergroup, Macaúbas and Bambuí groups, involved in a thrust fault context, which deformed and metamorphosed quartzites and marbles during the collisional stage of Araçuaí Orogen.

Archean and Palaeoproterozoic zircons predominate in the Matão-Duas Barras Formation (Macaúbas Group) and the Espinhaço Supergroup quartzites, indicating, as in most provenance studies in the Araçuaí Orogen, a major contribution from the underlying São Francisco-Congo cratonic basement and Paleoproterozoic complexes. Mesoproterozoic peaks at ca. 1.2 and 1.6–1.5 Ga are related to the main magmatic phases of the Espinhaço rift-sag system. Detrital rutile data shows approximately the same age distributions, except for the Mesoproterozoic peaks. This records the sourcing of metamorphic terranes formed during the Rhyacian orogeny and during Archean greenstone-TTG formation, and the lack of important metamorphic events during the Mesoproterozoic, when the Espinhaço rift-sag basins evolved. The predominance of older ages in the rutile and zircon datasets indicates that low-grade metamorphism and mild hydrothermalism in the shear zone were not able to reset the detrital rutile grains or to metasomatize or create new rims in the zircon grains; thus, both record the ages of the source areas.

The presence of Ediacaran grains at ca. 620 Ma in a quartzite sample previously mapped as Macaúbas Group (undivided) constrains its maximum depositional age as coeval to the syn-orogenic stage of the Araçuaí Orogen. Thus, this sample can't be interpreted as part of the rift I and/or rift II from Macaúbas Group, as it must have sourced the involving Ediacaran Rio Doce arc to the east, in the hinterland.

The variability in source areas and the presence of syn-orogenic units interleaved in the pre-orogenic metasedimentary rocks demands further stratigraphic and tectonic studies in the Serra do Cipó area and elsewhere in the craton/orogen thrust fronts, to further clarify and support the background for tectonic and paleogeographic interpretations in the Araçuaí Orogen and São Francisco Craton limit zone.

Acknowledgments

This work is supported by CNPq-Brazil through grants nb. 408815/2021-3 and 304509/2021-3, and by Instituto Serrapilheira through Project “MOBILE: Mountain Belts and the Inception of Complex Life on Earth (geolifemobile.com)”, grant no. Serra-1912-31510. The authors are part of Instituto GeoAtlântico, a National Institute of Science and Technology, CNPq-Brazil process nb. 405653/2022-0. Our gratitude to the staff of High Purity Mineral Separation Laboratory – CPMTC, of the Federal University of Minas Gerais (UFMG), Brazil and Radiogenic Isotope Laboratory of the Federal University of Ouro Preto (UFOP). We thank all the anonymous reviewer, staffs and researchers who contributed to the development of this study.

References

- Aguilar, C., Alkmim, F.F., Lana, C., Farina, F., 2017. Palaeoproterozoic assembly of the São Francisco craton, SE Brazil: new insights from U-Pb titanite and monazite dating. *Precambr. Res.* 289, 95–115.
- Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: V. Mantesso-Net, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito-Neves (orgs.) *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, Beca, São Paulo, 17–35.
- Alkmim, F.F., Marshak, S., Pedrosa-Soares, A.C., Peres, G.G., Cruz, S.C.P., Whittington, A., 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambr. Res.* 149, 43–64.
- Alkmim, F.F., Martins-Neto M.A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of São Francisco Craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology* 33, 127-139.
- Alkmim, F.F., Kuchenbecker, M., Reis, H.L.S., Pedrosa-Soares, A.C., 2017. The Araçuaí belt. In: Heilbron, M., Cordani, U.G., Alkmim, F.F. (Eds.), *Sao Francisco Craton, Eastern Brazil, Tectonic Genealogy of a Miniature Continent*. Springer International Publishing Co., 255–276.
- Almeida, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências* 7, 349–364.
- Almeida-Abreu, P. A. 1995. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): o rifte, a bacia e o orógeno. *Geonomos*, 3(1), 1–18.

Amaral, L., de Andrade Caxito, F., Pedrosa-Soares, A. C., Queiroga, G., Babinski, M., Trindade, R., Chemale, F. 2020. The Ribeirão da Folha ophiolite-bearing accretionary wedge (Araçuaí Orogen, SE Brazil): new data for Cryogenian plagiogranite and metasedimentary rocks. *Precambrian Research*, 336, 105522.

Araujo, C., Pedrosa-Soares, A., Lana, C., Dussin, I., Queiroga, G., Serrano, P., Medeiros- Júnior, E., 2019. Zircon in emplacement borders of post-collisional plutons compared to country rocks: a study on morphology, internal texture. U–Th–Pb geochronology and Hf isotopes (Araçuaí Orogen, SE Brazil). *Lithos*, 105252.

Babinski, M., Pedrosa-Soares, A.C., Trindade, R.I.F., Martins, M., Noce, C.M., Liu, D., 2012. Neoproterozoic glacial deposits from the Araçuaí Orogen, Brazil: Age, provenance and correlations with the São Francisco craton and West Congo belt. *Gondwana Res.* 21, 451–465.

Bersan, S.M., Danderfer Filho, A., Abreu, F., Lana, C., 2018. Geoquímica e geocronologia da Suíte Paciência: implicações para o fim da evolução riaciana do Bloco Itacambira- Monte Azu. *Geologia USP. Série Científica* 18 (1), 185–206.

Brito Neves, B. B. 1999. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. *Revista Brasileira de Geociências*, 29, 379–392.

Brito Neves, B. B., Fuck, R. A., & Pimentel, M. M. 2014. The Brasiliano collage in South America: a review. *Brazilian Journal of Geology*, 44 (3), 493–518.

Campos, C.P., Medeiros, S.R., Mendes, J.C., Pedrosa-Soares, A.C., Dussin, I., Ludka, I.P., Dantas, E.L., 2016. Cambro-Ordovician magmatism in the Araçuaí Belt (SE Brazil): snapshots from a post-collisional event. *J. S. Am. Earth Sci.* 68, 248–268.

Castro, M.P., Queiroga, G., Martins, M., Alkmim, F., Pedrosa-Soares, A., Dussin, I., Souza, M.E., 2019. An Early Tonian rifting event affecting the São Francisco-Congo paleocontinent recorded by the Lower Macaúbas Group, Araçuaí Orogen, SE Brazil. *Precamb. Res.* 331, 105351.

Caxito, F.A., Halverson, G.P., Uhlein, A., Stevenson, R., Dias, T.G., Uhlein, G.J., 2012. Marinoan glaciation in east Central Brazil. *Precambrian Res.* 200–203, 38–58.

Caxito, F.A., Lana, C., Frei, R., Uhlein, G.J., Sial, A.N., Dantas, E.L., Pinto, A.G., Campos, F.C., Galvão, P., Warren, L.V., Okubo, J., Ganade, C. E. 2021. Goldilocks at the dawn of complex life: mountains might have damaged Ediacaran–Cambrian ecosystems and prompted an early Cambrian greenhouse world. *Scientific Reports*, 11, 20010.

Chemale Jr., F., Dussin, I.A., Alkmim, F.F., Martins, M.S., Queiroga, G., Armstrong, R., Santos, M.N., 2012. Unravelling a Proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: the case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. *Gondwana Res.* 22, 200–206.

Cherniak, D. J. 2000. Pb diffusion in rutile. *Contrib. Mineral. Petrol.* 139, 198–207.

Cordani, U. G., Pimentel, M. M., De Araújo, C. E. G., Basei, M. A. S., Fuck, R. A., & Girardi, V. A. V. 2013. Was there an Ediacaran Clymene ocean in central South America? *American Journal of Science*, 313(6), 517-539.

Costa, A. F. O., Danderfer, A., & Lana, C. 2018. Stratigraphic and geochronological characterization of the Mato Verde group, Central Espinhaço (Brazil): An Eocalymnian rifting record in the western domain of the Congo-São Francisco paleocontinent. *Journal of South American Earth Sciences*, 84, 16-33.

Danderfer, A., De Waele, B., Pedreira, A. J., & Nalini, H. A. 2009. New geochronological constraints on the geological evolution of Espinhaço basin within the São Francisco Craton—Brazil. *Precambrian Research*, 170 (1-2), 116–128.

Degler, R., Pedrosa-Soares, A., Dussin, I., Queiroga, G., Schulz, B., 2017. Contrasting provenance and timing of metamorphism from paragneisses of the Araçuaí-Ribeira orogenic system, Brazil: Hints for Western Gondwana assembly. *Gondwana Res.* 51, 30–50.

Degler, R., Pedrosa-Soares, A., Novo, T., Tedeschi, M., Silva, L.C., Dussin, I., Lana, C., 2018. Rhyacian-Orosirian isotopic records from the basement of the Araçuaí-Ribeira orogenic system (SE Brazil): links in the Congo-São Francisco palaeocontinent. *Precambrian Res.* 317, 179–195.

Deluca, C., Pedrosa-Soares, A., Lima, S., Cordani, U., Sato, K., 2019. Provenance of the Ediacaran Salinas Formation (Araçuaí Orogen, Brazil): Clues from lithochemical data and zircon U-Pb (SHRIMP) ages of volcanic clasts. *Braz. J. Genet.* 49 (2).

Dussin, I.A., Dussin, T.M., 1995. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos* 3, 19–26.

Force, E.R., 1991. Geology of titanium-mineral deposits. *Geological Society of America* 259, 1–112. Special Paper.

François, C., Pubellier, M., Robert, C., Bulois, C., Jamaludin, S. N. F., Oberhänsli, R., Faure, M., St-Onge, M.R., IGCP 667 Team. 2021. Temporal and spatial evolution of orogens: a guide for geological mapping. IUGS, pp 19.

Franz, G., Morteani, G., Gerdes, A., Rhede, D. 2014. Ages of protolith and Neoproterozoic metamorphism of Al–P-bearing quartzites of the Veredas formation (Northern Espinhaço, Brazil): LA–ICP–MS age determinations on relict and recrystallized zircon and geodynamic consequences. *Precambrian Res.* 250, 6–26.

Frost B.R. 1991. Stability of oxide minerals in metamorphic rocks. *Rev Mineral* 25, 469–488.

Gonçalves G.O., Lana, C.C., Buick I.S., Alkmim F.F. Scholz, R., Queiroga G. 2019. Twenty million years of post-orogenic fluid production and hydrothermal mineralization across the external Araçuaí Orogen and adjacent São Francisco craton, SE Brazil. *Lithos*, 342–343, 557–572.

Gonçalves-Dias, T., Caxito, F.A., Pedrosa-Soares, A.C., Stevenson, R., Dussin, I., Silva, L. C., Alkmim, F.F., Pimentel, M., 2016. Age, provenance and tectonic setting of the high-grade Jequitinhonha Complex, Araçuaí Orogen, eastern Brazil. *Braz. J. Genet.* 46 (2), 199–219.

Gradim, D.T., Queiroga, G. N., Novo, T.A., Noce, C.A., Pedrosa-Soares, A.C., Romano, A.W., Martins, M., Alkmim, F.F., Basto, C.F., Suleimam, M.A. 2011. Geologia da região de Jequeri-Viçosa (MG), Orógeno Araçuaí Meridional. *Geonomos* 19(2), 107-120.

Gradim, C., Roncato, J., Pedrosa-Soares, A.C., Cordani, U., Dussin, I., Alkmim, F.F., Queiroga, G., Jacobsohn, T., Silva, L.C., Babinski, M., 2014. The hot back-arc zone of the Araçuaí Orogen, Eastern Brazil: from sedimentation to granite generation. *Braz. J. Genet.* 44 (1), 155–180.

Grochowski, J., Kuchenbecker, M., Barbuena, D., Novo, T. 2021. Disclosing Rhyacian/Orosirian orogenic magmatism within the Guanhões basement inlier, Araçuaí Orogen, Brazil: a new piece on the assembly of the São Francisco-Congo paleocontinent. *Precambrian Research* 363, 106329.

Guadagnin, F., Chemale Jr., F., 2015. Detrital zircon record of the Paleoproterozoic to Mesoproterozoic cratonic basins in the São Francisco Craton. *Journal of South American Earth Sciences* 60, 104–116.

Guadagnin, F., Chemale Jr., F., Magalhães, A.J., Santana, A., Dussin, I., Takehara, L., 2015. Age constraints on crystal-tuff from the Espinhaço supergroup—Insight into the Paleoproterozoic to Mesoproterozoic intracratonic basin cycles of the Congo–São Francisco craton. *Gondwana Res.* 27 (1), 363–376.

Heilbron, M., Valeriano, C. D. M., Valladares, C. S., & Machado, N. 1995. A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, 25(4), 249–266.

Hettich M. 1977. A glaciação Proterozoica no centro-norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, 7(1), 87–101.

Jackson, S.E., Pearson, N.J., Griffin, W.L., Belousova, E.A., 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology. *Chem. Geol.* 211, 47–69.

Jochum, K.P., Weis, U., Stoll, B., Kuzmin, D., Yang, Q., Raczek, I., Jacob, D.E., Stracke, A., Birbaum, K., Frick, D.A., Günther, D., Enzweiler, J. 2011. Determination of Reference Values for NIST SRM 610 - 617 Glasses Following ISO Guidelines. *Geostandards and Geoanalytical Research* 35 (4), 397–429.

Johansson, A. From Rodinia to Gondwana with the SAMBA' model—A distant view from Baltica towards Amazonia and beyond. 2014. *Precambrian Research* 244, 226–235.

Karfunkel, B., Karfunkel, J. 1976. Geologia da Serra do Espinhaço no norte de Minas Gerais (Itacambira-Botumirim), 29º Cong. Bras. Geologia, Anais Vol. 2, Ouro Preto, pp. 169–177.

Knauer L.G. 2007. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos*, 15 (1), 81–90.

Kuchenbecker, M., Pedrosa-Soares, A.C., Babinski, M., Fanning, M., 2015. Detrital zircon age patterns and provenance assessment for pre-glacial to post-glacial successions of the Neoproterozoic Macaúbas Group, Aracuai Orogen, Brazil. *Precambr. Res.* 266, 12–26.

Leite, M.M. 2013. Sistemas Depositionais e estudos de proveniência sedimentar do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas na porção ocidental do Anticlinal de Itacambira, norte de Minas Gerais. MS dissertation. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Liebmann, J., Kirkland, C.L., Kelsey, D.E., Korhonen, F.J., Rankenburg, K., 2022. Lithological fabric as a proxy for Rb–Sr isotopic complexity. *Chem. Geol.* 608, 121041.

Lima, S.A.A., Martins-Neto, M.A., Pedrosa-Soares, A.C., Cordani, U.G., Nutman, A., 2002. A Formação Salinas na área-tipo, NE de Minas Gerais: uma proposta de revisão da estratigrafia da Faixa Araçuaí com base em evidências sedimentares, metamórficas e de idades U-Pb SHRIMP. *Rev. Bras. Geociências* 32 (4), 491–500.

Ludwig, K.R., 2012. User's Manual for Isoplot 3.75, vol. 5. Berkeley Geochronology Center. Special Publication, pp. 1–75.

Magalhães L., 1989. Análise estrutural qualitativa dos sedimentos do Grupo Bambuí, região sudeste da Bacia do São Francisco (Faixa Sete Lagoas-Serra do Cipó). MS dissertation, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto.

Magalhães, J.R., Pedrosa-Soares, A., Dussin, I., Müntener, O., Pinheiro, M.A.P., Silva, L. C., Knauer, L.G., Bouvier, A.S., Baumgartner, L., 2019. First Lu-Hf, $\delta^{18}\text{O}$ and trace elements in zircon signatures from the Statherian Espinhaço anorogenic province (Eastern Brazil): geotectonic implications of a silicic large igneous province. *Braz. J. Genet.* 48 (4), 735–759.

Marshak, S., Alkmim, F.F., 1989. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, minas gerais, Brazil. *Tectonics* 8, 555–571.

Martins, M., Karfunkel, J., Noce, C.M., Babinski, M., Pedrosa-Soares, A.C., Sial, A.N., Liu, D., 2008. A sequência pré-glacial do Grupo Macaúbas na área-tipo e o registro da abertura do rifte Araçuaí. *Braz. J. Genet.* 38 (4), 761–772.

Medeiros, G. B. 2022. Arcabouço estratigráfico e estrutural em escala de semi-detalle das unidades metassedimentares siliciclásticas da região do Parque Nacional da Serra do Cipó (MG). Monografia (Graduação em Engenharia Geológica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

Melo, M.G., Lana, C., Stevens, G., Pedrosa-Soares, A.C., Gerdes, A., Alkmim, L.A., Nalini Jr., H.A., Alkmim, F.F., 2017. Assessing the isotopic evolution of S-type granites of the Carlos Chagas Batholith, SE Brazil: Clues from U–Pb, Hf isotopes, Ti geothermometry and trace element composition of zircon. *Lithos* 284, 730–750.

Mezger, K., Rawnsley, C.M., Bohlen, S.R., Hanson, G.N., 1991. U–Pb garnet, sphene, monazite, and rutile ages: implications for the duration of high-grade metamorphism and cooling histories, Adirondack Mts., New York. *J. Geol.* 99, 415–428.

Moreira, D.S., Uhlein, A., Dussin, I.A., Uhlein, G.J., Pimentel Misuzaki, A.M., 2020. A Cambrian age for the upper Bambuí Group, Brazil, supported by the first U–Pb dating of volcanoclastic bed. *J. South Am. Earth Sci.* 99, 102503.

Moreira, I.C., Oliveira, E.P., Sousa, D.F.M. 2022. Evolution of the 3.65–2.58 Ga Mairi Gneiss Complex, Brazil: Implications for growth of the continental crust in the São Francisco Craton. *Geoscience Frontiers* 13, 101366.

Noce, C.M., Pedrosa-Soares, A.C., Silva, L.C.S., Alkmim, F.F., 2007. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos* 15, 17–23.

Novo, T.A., Pedrosa-Soares, A., Vieira, V.S., Dussin, I.A., Silva, L.C., 2018. The Rio Doce Group revisited: an Ediacaran arc-related volcano-sedimentary basin, Araçuaí Orogen (SE Brazil). *J. S. Am. Earth Sci.* 85, 345–361.

Oliveira, M. J. R., Fogaça, A.C.C., Fonseca, E. 1997. Geologia da Folha Baldim (SE-23-Z-C-III). In: Grossisad, J. H., Lobato, L. M., Pedrosa-Soares, A. C. et al. (Coords.) Projeto Espinhaço: textos, mapas e anexos. Belo Horizonte: COMIG. 1 CD-ROM.

Oliveira, E.P., McNaughton, N.J., Zincone, S.A., Talavera, C. 2020. Birthplace of the São Francisco Craton, Brazil: evidence from 3.6 to 3.64 Ga gneisses of the Mairi gneiss complex. *Terra Nova*, 32(4), 281-289.

Oriolo, S., Wemmer, K., Oyhantc̄abal, P., Fossen, H., Schulz, B., Siegesmund, S., 2018. Geochronology of shear zones – a review. *Earth-Sci. Rev.* 185, 665–683.

Pacheco, F.E.R.C., Caxito, F.A., Pedrosa-Soares, A.C., Dussin, I.A., Gonçalves-Dias, T., 2021. Detrital zircon U–Pb and Lu–Hf data for a kinzigitic gneiss (Jequitinhonha Complex, Araçuaí Orogen, SE Brazil) constrain the age of a huge storage of Ediacaran carbon. *J. S. Am. Earth Sci.* 105, 102709.

Pacheco, F.E.R.C., Caxito, F.A., Souza, M.E., Bento, C.C., Pedrosa-Soares, A., Lana, C.C. 2023. Detrital zircon U–Pb analysis constrain the depositional age and provenance of Cryogenian glacial successions of the Macaúbas group in the northeastern Araçuaí Orogen, eastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 121, 104122.

Paquette, J.L., Barbosa, J.S.F., Rohais, S., Cruz, S.C.P., Goncalves, P., Peucat, J.J., Leal, A.B.M., Santos-Pinto, M., Martin, H. The geological roots of South America: 4.1 Ga and 3.7 Ga zircon crystals discovered in N.E. Brazil and N.W. Argentina. *Precambrian Research* 271, 49–55.

Paula-Santos, G.M., Babinski, M., Kuchenbecker, M., Caetano-Filho, S., Trindade, R.I., Pedrosa-Soares, A.C., 2015. New evidence of an Ediacaran age for the Bambuí Group in southern São Francisco craton (eastern Brazil) from zircon U–Pb data and isotope chemostratigraphy. *Gondwana Res.* 28, 702–720.

Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Vidal, P., Monteiro, R.L.B.P., Leonardos, O.H., 1992. Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil)-West Congolian (SW Africa) Belt. *J. South Am. Earth Sci.* 6, 33–47.

Pedrosa-Soares, A.C., Vidal, P., Leonardos, O.H., Brito-Neves, B.B., 1998. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí–West Congo Orogen. *Geology* 26 (6), 519–522.

Pedrosa-Soares, A.C., Cordani, U.G., Nutman, A., 2000. Constraining the age of Neoproterozoic glaciation in eastern Brazil: First U-Pb SHRIMP data of detrital zircons. *Rev. Bras. Geociências* 30, 58–61.

Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Wiedemann, C.M., Pinto, C.P., 2001. The Aracuai-West- Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambr. Res.* 110, 307–323.

Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Alkmim, F.F., Silva, L.C., Babinski, M., Cordani, U., Castañeda, C., 2007. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos* 15, 1–16.

Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., Tack, L., Noce, C.M., Babinski, M., Silva, L.C., Martins-Neto, M.A., 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí–West Congo Orogen. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito Neves, B.B., de Wit, M.J. (Eds.), *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. Geological Society of London Special Publications*, 294, 153–172.

Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., 2011. How many rifting events preceded the development of the Araçuaí-West Congo Orogen? *Geonomos* 19 (2), 244–251.

Pedrosa-Soares, A.C., Campos, C.P.C., Noce, C., Silva, L.C., Novo, T., Roncato, J., Medeiros, S., Castaneda, C., Queiroga, G., Dantas, E., Dussin, I., Alkmim, F., 2011a. Late Neoproterozoic-Cambrian granitic magmatism in the Aracuai orogen (Brazil), the Eastern Brazilian Pegmatite Province and related mineral resources. In: Sial, A.N., Bettencourt, J.S., De Campos, C.P., Ferreira, V.P. (Eds.), *Granite-Related Ore Deposits. Geological Society, Special Publications*, London, pp. 25–51.

Pedrosa-Soares, A.C., Babinski, M., Noce, C. M., Martins, M., Queiroga, G., Vilela, F., 2011b. The Neoproterozoic Macaúbas Group (Araçuaí Orogen, SE Brazil) with emphasis on the diamictite formations. In: Arnaud, E., Halverson, G.P., Shields-Zhou, G. (Org.). *The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations. Memoir of the Geological Society of London* 36, 523–534.

Pedrosa Soares, A.C., Deluca, C., Araujo, C.S., Gradim, C., Lana, C.de.C., Dussin, I., Silva, L.C.da., Babinski, M. 2020. Geocronologia e evolução tectônica do continente sul-americano: a contribuição de Umberto Giuseppe Cordani. São Paulo. Solaris 1, pp. 27.

Peixoto, E., Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F.D., Dussin, I.A., 2015. A suture-related accretionary wedge formed in the Neoproterozoic Araçuaí Orogen (SE Brazil) during Western Gondwanaland assembly. *Gondwana Res.* 27 (2), 878–896.

Peixoto, E., Alkmim F.F., Pedrosa-Soares, A., Lana, C., Chaves, A.,O. 2018. Metamorphic record of collision and collapse in the Ediacaran-Cambrian Araçuaí Orogen, SE-Brazil: Insights from P–T pseudosections and monazite dating. *J Metamorph Geol.* 36, 147–172.

Queiroga, G.N., Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Alkmim, F.F., Pimentel, M.M., Dantas, E., Martins, M., Castañeda, C., Suita, M.T.F., Prichard, H., 2007. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí Orogen: the U-Pb zircon dating of a plagiogranite. *Geonomos* 15, 61–65.

Queiroga, G.N., 2010. Caracterização de restos de litosfera oceânica do Orógeno Araçuaí entre os paralelos 17° e 21° S. PhD thesis. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Ribeiro, J. H. 2008. Carta geológica da Folha Baldim (Faixa W), escala 1:100.000 - SE.23-Z-C-III. Projeto Sete Lagoas-Abaeté, CPRM.

Richter, F., Lana, C., Stevens, G., Buick, I., Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., Cutts, K., 2016. Sedimentation, metamorphism and granite generation in a back-arc region: records from the Ediacaran Nova Venécia complex (Araçuaí Orogen, southeastern Brazil). *Precambrian Res.* 272, 78–100.

Rosa, M.L.S., Conceição, H., Macambira, M.J.B., Marinho, M.M., Cunha, M.P., Menezes, R.C.L., 2004. Idade Pb-Pb e aspectos petrológicos da mineralização em sodalita Azul do Maciço nefelina-sienítico Itarantim, sul do estado da Bahia. *Rev. Bras. Geociências* 34 (3), 347–354.

Rosa, M.L.S., Oliveira, J.A., Conceição, H., Conceição, J.A., Macambira, M.J.B., Galarza, M.A., 2015. Idade Pb-Pb do Stock Nefelina Sienítico Serra da Gruta, Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia. *Scientia Plena* 11 (3), 1–5.

Santiago, R., Caxito, F.A., Pedrosa-Soares, A., Neves, M.A., Calegari, S.S., Lana, C., 2022. Detrital zircon U–Pb and Lu–Hf constraints on the age, provenance and tectonic setting of arc-related high-grade units of the transition zone of the Araçuaí and Ribeira orogens (SE Brazil). *Journal of South American Earth Sciences* 116, 103861.

Santos, M.M., Lana, C., Scholz, R., Kamo, S.L., Gerdes, A., Corfu, F., Tapster, S., 2017. A new appraisal of Sri Lankan BB Zircon as reference material for LA- ICP-MS U-Pb geochronology and Lu-Hf isotope tracing. *Geostand. Geoanal. Res.* 41, 335–358.

Santos, M.M., Lana, C., Scholz, R., Kamo, S.L., Gerdes, A., Corfu, F., Tapster, S., 2017. A new appraisal of Sri Lankan BB Zircon as reference material for LA- ICP-MS U-Pb geochronology and Lu-Hf isotope tracing. *Geostand. Geoanal. Res.* 41 (3), 335–358.

Santos, M.M., Lana, C., Scholz, R., Buik, I.S., Kamo, S.L., Corfu, F., Queiroga, G. 2020. LA-ICP-MS U–Pb dating of rutiles associated with hydrothermal mineralization along the Southern Araçuaí Belt, SE Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 99, 102502.

Serrano, P., Pedrosa-Soares, A.C., Medeiros-Júnior, E., Fonte-Boa, T., Araujo, C., Dussin, I., Queiroga, G., Lana, C., 2018. A-type Medina batholith and post-collisional anatexis in the Araçuaí Orogen (SE Brazil). *Lithos* 320, 515–536.

Silva, L.C., Armstrong, R., Noce, C.M., Pimentel, M., Pedrosa-Soares, A.C., Leite, C., Vieira, V.S., Silva, M.A., Paes, V.C., 2002. Reavaliação U-Pb SHRIMP em terrenos pré-cambrianos brasileiros. Parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. *Rev. Bras. Geociências* 32 (4), 513–528.

Silva, G.L., Freitas, M.A., Silveira, V.D. 2007. Geologia da região centro-oeste do Parque Nacional Da Serra do Cipó, MG. Trabalho de Graduação. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Silva Filho, C. V. R. D. 2012. Isótopos de Nd aplicados a datação direta de formações ferríferas paleoarqueanas do Maciço São José do Campestre, Rio Grande do Norte-RN. MS dissertation, Universidade de Brasília.

Silva, L. C., Pedrosa-Soares, A. C., Armstrong, R., Pinto, C. P., Magalhães, J. T. R., Pinheiro, M. A. P., & Santos, G. G. 2016. Disclosing the Paleoproterozoic to Ediacaran history of the São Francisco craton basement: The Porteirinha domain (northern Araçuaí Orogen, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 68, 50–67.

Silva, J.P.A., Lana, C., Mazoz, A., Buick, I., Scholz, R. 2022. U-Pb Saturn: New U-Pb/Pb-Pb data reduction software for LA-ICP-MS. Emerging methods, instrumentation, software and reference materials for LA-ICP-MS. *Geostandards and Geoanalytical Research*. 47, 49–66.

Silveira, E.M., Söderlund, U., Oliveira, E.P., Ernst, R.E., Leal, A.M., 2013. First precise U–Pb baddeleyite ages of 1500 Ma mafic dykes from the São Francisco Craton, Brazil, and tectonic implications. *Lithos* 174, 144–156.

Sláma, J., Košler, J., Condon, D.J., Crowley, J.L., Gerdes, A., Hanchar, J.M., Horstwood, M.S.A., Morris, G.A., Nasdala, L., Norberg, N., Schaltegger, U., Schoene, B., Tubrett, M.N., Whitehouse, M.J., 2008. Plešovice zircon — a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chem. Geol.* 249, 1–35.

Souza, M.E.S., Martins, M.S., Queiroga, G.N., Leite, M., Oliveira, R.G., Dussin, I., Pedrosa-Soares, A.C., 2019. Paleoenvironment, sediment provenance and tectonic setting of Tonian basal deposits of the Macaúbas basin system, Araçuaí Orogen, southeast Brazil. *Journal of South America Earth Science*. 96.

Sperandio, D. G., Kuchenbecker, M., Barbuena, D., & Martini, A. 2024. From 3.4 Ga TTG generation to 2.9 Ga crustal anatexis: The archean crustal evolution of Porteirinha complex (SE, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 104822.

Taufner, R., Lagoeiro, L., Cavalcante, C., Barbosa, P., Silveira, C. 2021. Deformation mechanisms accommodating progressive simple shear thrusting of quartzite and metacarbonate in the southwestern Espinhaço Range, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 107, 102944.

Tedeschi, M., Novo, T., Pedrosa-Soares, A.C., Dussin, I., Tassinari, C., Silva, L.C., Gonçalves, L., Alkmim, F.F., Lana, C., Figueiredo, C., Dantas, E., Medeiros, S., Campos, C., Corrales, F., Heilbron, M., 2016. The Ediacaran Rio Doce magmatic arc revisited (Araçuaí-Ribeira orogenic system, SE Brazil). *J. S. Am. Earth Sci.* 68, 167–186.

Teixeira, W., Kamo, S.L., Arcanjo, J.B.A., 1997. U-Pb zircon and baddeleyite age and tectonic interpretation of the Itabuna alkaline suite, São Francisco Cráton, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 10 (1), 91–98.

Teixeira, W., Sabaté, P., Barbosa, J., Noce, C.M., Carneiro, M.A., 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz-Filho, D.A., Campos, D.A. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. SBG, 101–137.

Teixeira, W., Oliveira, E.P., Marques, L.S., 2017. Nature and evolution of the Archean Crust of the São Francisco craton. In: Heilbron, M., Cordani, U.G., Alkmim, F.F. (Eds.), *São Francisco Craton, Eastern Brazil, Tectonic Genealogy of a Miniature Continent*. Springer International Publishing Co., 29–56.

Tohver, E., Trindade, R. I. F., Solum, J. G., Hall, C. M., Riccomini, C., Nogueira, A. C. 2010. Closing the Clymene ocean and bending a Brasiliano belt: Evidence for the Cambrian formation of Gondwana, southeast Amazon craton. *Geology*, 38(3), 267–270.

Tohver, E., & Trindade, R. I. 2014. Comment on —Was there an Ediacaran Clymene Ocean in central South America? II by UG Cordani and others. *American Journal of Science*, 314(3), 805–813.

Triebold, S., von Eynatten, H., Zack, T. 2012. A recipe for the use of rutile in sedimentary provenance analysis. *Sediment Geol* 282, 268–275.

Victoria, A.M., Moy, S.L. 2014. Mapeamento Geológico, em escala 1:25.000, da região de Lapinha Da Serra, município de Santana Do Riacho, MG. Trabalho de Graduação. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Vry, J.K., Baker, J.A. 2006. LA-MC-ICPMS Pb–Pb dating of rutile from slowly cooled granulites: confirmation of the high closure temperature for Pb diffusion in rutile. *Geochem. Cosmochim. Acta* 1807–1820.

Willigers, B.J.A., Mezger, K., Baker, J.A. 2004. Development of high precision Rb–Sr phlogopite and biotite geochronology, an alternative to $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ tri-octahedral mica dating. *Chem. Geol.* 213, 339–358.

Zack, T., von Eynatten, H., Kronz, A. 2004. Rutile geochemistry and its potential use in quantitative provenance studies. *Sed Geol* 171, 37–58.

Zeh, A., Cabral, A.R., Koglin, N., Decker, M. 2018. Rutile alteration and authigenic growth in metasandstones of the Moeda Formation, Minas Gerais, Brazil – A result of Transamazonian fluid–rock interaction. *Chemical Geology* 483, 397–409.

CAPÍTULO 6– CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos petrográficos, as relações estruturais e a geocronologia Rb–Sr e U–Pb permitiram a compreensão da proveniência sedimentar, das fases deformacionais, do metamorfismo nas frentes de empurrão externas do Orógeno Araçuaí, na margem leste do Cráton São Francisco, e do significado estrutural e geocronológico das unidades da bacia de *foreland*, representadas pelo Grupo Bambuí. Os resultados representam avanços importantes não apenas para a compreensão dos processos terminais da amalgamação do Gondwana Ocidental, mas especialmente para a geocronologia de zonas de cisalhamento e estruturas relacionadas em áreas orogênicas antigas, bem como suas influências no surgimento da vida complexa e nos ciclos biogeoquímicos da Terra. A seguir serão apresentadas as principais conclusões dessa investigação:

- As rochas envolvidas nas zonas de cisalhamento de baixa temperatura apresentam uma acomodação heterogênea da deformação, o que pode afetar a distribuição e, conseqüentemente, o registro do *strain* ao longo da zona de falha. Foram identificadas cinco estruturas principais, sendo quatro delas associadas ao sistema de dobramento D₁: (1) acamamento sedimentar S₀; (2) foliação S₁, fruto do deslizamento interestratal e subparalelo a S₀; (3) foliação plano axial S₂; (4) lineação de estiramento mineral L_m e (5) fraturas N-S e E-W. As estruturas delimitadas estão melhor registradas nos mármorees da Formação Sete Lagoas e nos filitos/metassiltitos da Formação Serra de Santa Helena.
- As interações microestruturais entre os minerais constituintes (calcita, quartzo, biotita, muscovita, clorita e piritita) foram essenciais para o desenvolvimento da geometria e reologia das dobras. Os domínios *fine-grained domain (FGD)* e *coarse-grained domain (CGD)* foram classificados na micropetrografia e definem os estratos ricos em filossilicatos e ricos em calcita. A alternância de sedimentação, a distribuição e interação dos dois domínios, os mecanismos de recristalização, a alta taxa de deformação da calcita, o controle estrutural e o *fabric* são aspectos presentes nos

mármore e metassiltitos, importantes na difusão dos isótopos pelo método geocronológico Rb–Sr.

- Os levantamentos estruturais e petrográficos são cruciais para determinar o fornecimento de informações geocronológicas essenciais sobre o desenvolvimento de zonas de cisalhamento. Neste aspecto, o método Rb–Sr *in situ* é uma ferramenta poderosa para detectar eventos deformacionais e metamórficos que são amplamente negligenciados por outros métodos, como o U–Pb em zircão, especialmente em níveis superiores a médio-crustais, confirmando que a mica *FGD* pode ser um geocronômetro confiável para milonitização. As amostras analisadas pelo método Rb–Sr apresentaram uma faixa de idade de 505,5–446,3 Ma para as estruturas nas margens do cráton e para a deformação terminal da orogenia Brasileira. Consequentemente, as rochas do Grupo Bambuí, na bacia de *foreland*, foram depositadas antes de ca. 500 Ma, estabelecendo uma idade mínima de deposição para esta unidade altamente discutida.

- A idade de deformação das frentes de empurrão externas aqui obtidos é mais jovem que o pico metamórfico do Orógeno Araçuaí, fixado em 560 Ma de acordo com a idade dos principais corpos graníticos sin-colisionais, com um segundo evento metamórfico regional em ca. 530 Ma. As idades de muscovita e biotita Rb–Sr de 446,3–505,5 Ma são consistentes com dados recentes de U–Pb e Sm–Nd em outros minerais de baixa a média temperatura, como granada, zircão metassomático, monazita e xenotímia de outras localidades do Orógeno Araçuaí e no Quadrilátero Ferrífero ao sul, permitindo definir um terceiro evento metamórfico/deformacional preponderante nas zonas de empurrão externas do Orógeno Araçuaí. A deformação observada nas áreas de estudo é interpretada neste trabalho como relacionada à formação do cavalgamento, ou reativação, nas zonas externas causada pelo colapso gravitacional do orógeno em sua zona central.

- Os grãos de zircão analisados nas rochas quartzíticas da Formação Matão-Duas Barras (Grupo Macaúbas), dos quartzitos micáceos considerado como Grupo Macaúbas (indiviso) e da Formação Santa Rita (Supergrupo Espinhaço) registram uma proveniência sedimentar que abrange de 625 a 3748 Ma. Entretanto, grãos

arqueanos e paleoproterozoicos são predominantes nas amostras analisadas, o que indica, como na maioria dos estudos de proveniência no Orógeno Araçuaí, ampla contribuição do embasamento cratônico do São Francisco-Congo e dos complexos Paleoproterozoicos. A ocorrência de grãos mesoproterozoicos (1,2 e 1,6–1,5 Ga) se correlacionam às principais fases magmáticas do sistema *rifte-sag* da bacia do Espinhaço. Os dados obtidos na geocronologia U-Pb dos rutilos detríticos mostram contribuições paleoproterozoicas, exceto para os picos mesoproterozoicos, o que significa tanto a formação dos terrenos metamórficos durante a orogenia Riacciana e formação arqueana de *greenstone*-TTG, quanto a ausência de eventos metamórficos mesoproterozoicos importantes, remontando a evolução das bacias *rifte-sag* do Espinhaço. Grãos Ediacaranos (ca. 620 Ma) em uma amostra de quartzito micáceo mapeada como Macaúbas Group (indiviso) restringe sua idade de deposição máxima como contemporânea ao estágio sin-orogênico do Orógeno Araçuaí, caracterizado pela evolução do Arco Rio Doce. Assim, esta amostra não pode ser interpretada como parte desta sequência rifte I e/ou rifte II. A variabilidade nas áreas fonte e a ocorrência de unidades sin-orogênicas intercaladas nas rochas metassedimentares pré-orogênicas destacam a necessidade de realizar estudos para um melhor entendimento e apoio ao contexto para interpretações tectônicas e paleogeográficas na zona limite entre o Orógeno Araçuaí e o Cráton do São Francisco.

- Os registros de proveniência sedimentar encontrados nos dados de rutilo e zircão detríticos indicam um metamorfismo e hidrotermalismo de baixo grau na zona de cisalhamento, que juntos não foram capazes de reiniciar o sistema U–Pb dos grãos de rutilo e de metassomatizar ou criar novos zonamentos nos grãos de zircão, fazendo com que esses grãos registrem as idades das áreas-fonte. Por outro lado, a obtenção das idades de deformação pelo método Rb–Sr permite observar um metamorfismo capaz de resetar as micas mas não o sistema U–Pb nos zircões e rutilos, o que permite inferir uma temperatura de deformação entre, aproximadamente, 400 a 300° C, sendo necessário estudos metamórficos posteriores para confirmação da temperatura específica aos quais essas rochas foram submetidas durante o evento deformacional nas falhas de empurrão.

- Os dados geocronológicos sugerem que as montanhas brasileiras mantiveram seu alto relevo durante um momento crucial do desenvolvimento biogeoquímico na história da Terra. Conseqüentemente, a erosão dos principais cinturões montanhosos formados pode ter promovido mudanças importantes no clima e na sedimentação, fatores significativos para estimular as condições nutricionais e redox nas bacias adjacentes, como o Grupo Bambuí, que contém remanescentes das primeiras formas de vida complexas biomineralizadoras.

REFERÊNCIAS

Affolter, T., Gratier, J. 2004. Map view retrodeformation of an arcuate fold-and-thrust belt: The Jura case. *Journal of Geophysical Research* 109, 31-50.

Alkmim F.F., Brito Neves B.B., Castro-Alves J.A. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco. In: Dominguez J.M.L. & Misi A. (eds.) O Cráton do São Francisco. Salvador, SBG/SGM/CNPq, 45-62.

Alkmim, F.F., Martins-Neto, M.A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: C.P. Pinto & Martins-Neto, M.A. (eds). Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais. SBG, Belo Horizonte, 349p.

Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B. (orgs.) Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. *Becca*, 17-35.

Alkmim F.F., Marshak S., Pedrosa-Soares A.C., Peres G.G., Cruz S.C.P., Whittington A. 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research* 149, 43-64.

Alkmim, F. F., & Martins-Neto, M. A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology* 33(1), 127-139.

Almeida-Abreu, P. A. 1995. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): o rifte, a bacia e o orógeno. *Genomos* 3(1), 1-18.

Almeida-Abreu, P. A., Renger, F.E. 2002. Serra do Espinhaço Meridional: um orógeno de colisão do Mesoproterozoico. *Revista Brasileira de Geociências* 32(1), 1-14.

Almeida F.F.M. 1967. Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Boletim DNPM/DGM, 241, 36 p.

Almeida, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências* 7, 349-364.

Amaral, L., Caxito, F.d.A., Pedrosa-Soares, A.C., Queiroga, G., Babinski, M., Trindade, R., Lana, C., Chemale, F., 2020. The Ribeirão da Folha ophiolite-bearing accretionary wedge (Araçuaí orogen, SE Brazil): new data for Cryogenian plagiogranite and metasedimentary rocks. *Precambrian Research* 336,105522.

Araújo, A. L. B., Barbosa, D.M.D., Rosa, P.A.S., Roncato, J. 2020. Caracterização geológica-estrutural da conexão Araçuaí - São Francisco na área-tipo da Formação Rio Pardo Grande (Supergrupo Espinhaço, Minas Gerais). *Genomos* 28 (1), 25-46.

Arthaud, M. H. 2007. Evolução neoproterozoica do Grupo Ceará (domínio Ceará Central, NE do Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 170 p.

Baptista M.C. 2004. Análise estratigráfica e paleoambiental do Grupo Bambuí em Lagoa Formosa – MG. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 175p.

Barbosa, O., Braun, O.P.G., Dyer, R.C., Cunha, C.A.B.R. 1970. Geologia da Região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, (Bol.136). 140p.

Brito Neves B.B., Sá J.M., Nilson A.A., Botelho N.F. 1996. A tafrogênese estateriana nos blocos Paleoproterozoicos da América do Sul e processos subsequentes. *Geonomos* 3, 1-21.

Brito Neves, B. B. 1999. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. *Revista Brasileira de Geociências* 29, 379-392.

Brito Neves, B. B., Fuck, R. A., & Pimentel, M. M. 2014. The Brasiliano collage in South America: a review. *Brazilian Journal of Geology* 44 (3), 493-518.

Brown, M., Johnson, T.E. 2018. Secular change in metamorphism and the onset of global plate tectonics. *American Mineralogist* 103, 181–196.

Campbell, I & Squire, R. 2010. 'The mountains that triggered the Late Neoproterozoic increase in oxygen: The second great oxidation event'. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74 (15), 4187-4206.

Campos Neto, M.C. 2000. Orogenic systems from Southwestern Gondwana: na approach to Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage in southeastern, Brazil. In: Cordani, U.G., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America* 31, 335-368.

Castro, P.T.A., Dardenne, M.A., 1995. O conglomerado Samburá (Grupo Bambuí, Neoproterozoico) e rochas sedimentares associadas no flanco leste da Serra da Pimenta, SW de Minas Gerais: um sistema de fan-delta. *Geonomos* 3 (2), 35–41.

Castro, P.T.A., Dardenne, M.A. 2000. The sedimentology, stratigraphy and tectonic context of the São Francisco Supergroup at the southwestern domain of the São Francisco Craton, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 30 (3), 439-441.

Castro, M. P. de. Caracterização geológica da Formação Capelinha como uma unidade basal do Grupo Macaúbas em sua área tipo, Minas Gerais. 2014. Dissertação de mestrado. Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 114 p.

Caxito, F.A., Halverson, G.P., Uhlein, A., Stevenson, R., Dias, T.G., Uhlein, G.J., 2012. Marinoan glaciation in east central Brazil. *Precambrian Research* 200 - 203, 38 - 58.

Caxito, F.A., Freij, R., Uhlein, G., Gonçalves-Dias, T., Arting, T.B., Uhlein, A., 2018. Multiproxy geochemical and isotope stratigraphy records of a Neoproterozoic

Oxygenation Event in the Ediacaran Sete Lagoas cap carbonate, Bambuí Group, Brazil. *Chemical Geology* 481, 119–132.

Caxito, F.A., Lana, C., Frei, R., Uhlein, G.J., Sial, A.N., Dantas, E.L., Pinto, A.G., Campos, F.C., Galvão, P., Warren, L.V., Okubo, J., Ganade, C. E. 2021. Goldilocks at the dawn of complex life: mountains might have damaged Ediacaran–Cambrian ecosystems and prompted an early Cambrian greenhouse world. *Scientific Reports* 11, 20010.

Caxito, F.A., Alkmim, F.F., 2023. The role of V-shaped oceans and ribbon continents in the Brasiliano/PanAfrican assembly of western Gondwana. *Scientific Reports* 13 (1), 1568.

Chang H.K., Miranda F.P., Magalhães L., Alkmim F.F. 1988. Considerações sobre a evolução tectônica da bacia do São Francisco. In: SBG, *Congresso Brasileiro de Geologia*, 35, Belém, Anais, 5, 2076-2090.

Chaves M.L.S.C. 1997. Geologia, mineralogia e gemologia do diamante da Serra do Espinhaço em Minas Gerais. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 289p.

Chemale F., Dussin I.A., Martins M., Santos M.N. 2011. Nova abordagem tectono-estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em sua porção meridional (MG). *Geonomos* 19(2),173-180.

Chemale Jr., F., Dussin, I.A., Alkmim, F.F., Martins, M.S., Queiroga, G., Armstrong, R., Santos, M.N., 2012. Unravelling a proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: The case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. *Gondwana Research* 22, 200–206.

Chiavegatto, J. R. S. 1992. Análise estratigráfica das sequencias tempestíficas da Formação Três Marias (Proterozoico Superior), na porção meridional da Bacia do São Francisco. Dissertação de mestrado. Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 216p.

Cordani, U. G., Brito Neves, B. B., & D'Agrella-Filho, M. S. 2001. From Rodinia to Gondwana: a review of the available evidence from South America. *Gondwana Research* 4(4), 600-602.

Cordani, U. G., Pimentel, M. M., De Araújo, C. E. G., Basei, M. A. S., Fuck, R. A., & Girardi, V. A. V. 2013. Was there an Ediacaran Clymene ocean in central South America? *American Journal of Science* 313(6), 517-539.

Cordani, U.G. 2017. O Cráton do São Francisco e as faixas brasileiras: meio século de avanços. Anais. Diamantina, MG: Sociedade Brasileira de Geologia. Disponível em: <http://www.sbgeo.org.br/home/pages/44>.

Costa, M.T. Branco, J. J.R. 1961. Roteiro para a excursão Belo Horizonte-Brasília. 14º Congresso Brasileiro de Geologia. Belo Horizonte. UFMG, Inst. Pesq. Radioat., Publ. 15, 25p.

CPRM. 1991. Projeto Vida. Belo Horizonte: (versão CD-ROM, 2003).

Cruz S.C.P., Alkmim F.F. 2006. The tectonic interaction between the Paramirim Aulacogen and the Araçuaí belt, São Francisco craton region, Eastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 78(1), 151-173.

Dardenne M.A. 1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil central. In: *30° Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, 2*, 597-610.

Dardenne M.A., Walde D.H.G. 1979. A estratigrafia dos Grupos Bambuí e Macaúbas no Brasil Central. In: *1º Simpósio de Geologia de Minas, Diamantina, Sociedade Brasileira de Geologia*, p. 43-54.

Dardenne M.A. 2000. The Brasília fold belt. In: Cordani U.G. Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds). *Tectonic Evolution of South America. Edição Especial do 31st International Geological Congress*, 231-263.

DeCelles P.G., Giles K.A. 1996. Foreland basin systems. *Basin Research* 8, 105-123.

D'el-Rey Silva, L.J.H. 1999. Basin infilling in the Southern-Central part of the Sergipano Belt (NE Brazil) and implications for the evolution of Pan-African/Brasiliano Cratons and Neoproterozoic sedimentary cover. *Journal of South American Earth Sciences* 12, 453-470.

Derby O.A. 1881. Contribuições para o estudo da geologia do vale do São Francisco. Arch. Mus. Nac. 4: 89-119. In: Dardenne M.A. 1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil central. In: *30° Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, 2*, 597-610.

Derby, O. A. 1906. The Serra do Espinhaço, Brazil. *Journal of Geology* 14, 374-401.

Dominguez, J.M.L. 1993. As coberturas do Cráton do São Francisco: uma abordagem do ponto de vista da análise de bacias. In: Dominguez J.M.L., Misi A. (eds.) O Cráton do São Francisco. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia.

Dossin, I.A., Uhlein, A., Dossin, T.M. 1984. Geologia da Faixa Móvel Espinhaço em sua porção meridional, MG. *Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro: Anais, Sociedade Brasileira de Geologia* 2, 3118-3132.

Dossin, I.A., Dossin T.M., Chaves M.L.S.C. 1990. Compartimentação estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais - Os grupos Diamantina e Conselheiro Mata. *Revista Brasileira de Geociências* 20(1-4), 178-186.

Dupont, H. 1995. O Grupo Conselheiro Mata no seu quadro paleogeográfico e estratigráfico. *Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Diamantina: Anais, Sociedade Brasileira de Geologia* 13, 9-10.

Dussin, I.A., Dussin, T.M. 1995. Supergrupo Espinhaço: Modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos* 3, 19-26.

Dussin, I., Dussin, T. 2013. Supergrupo Espinhaço: Modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos* 3(1), 19-26.

Egydio-Silva M. 1987. O sistema de dobramentos Rio Preto e suas relações com o Cráton São Francisco. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 95 p.

Eschwege, W.L.von. 1822. Geognostisches Gemälde von Brasilien und warscheinliches Muttergestein der Diamanten, Landes-Industrie-Comtoir, Weimar, 44p.

Eschwege, W.L. von. 1833. Pluto brasiliensis. Berlim: Reimer, traduÁ„o em portuguís de D. de F. Murta: Pluto brasiliensis. Itatiaia/Edusp, Belo Horizonte/São Paulo, 2. 622 p.

Féres, W. M. L. 2020. Integração de mapeamento geológico e análise geofísica na Serra do Espinhaço Meridional. Dissertação de mestrado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina. 99 p.

Fike, D. A., Grotzinger, J. P., Pratt, L. M., & Summons, R. E. 2006. Oxidation of the Ediacaran ocean. *Nature* 444 (7120), 744-747.

François, C., Pubellier, M., Robert, C., Bulois, C., Jamaludin, S. N. F., Oberhänsli, R., Faure, M., St-Onge, M.R., IGCP 667 Team. 2021. Temporal and spatial evolution of orogens: a guide for geological mapping. IUGS. 19 p.

Freiberg, B. von 1932. Ergebnisse geologischer Forschungen in Minas Geraes (Brasilien). N. Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Sonderband II, Stuttgart, 453 p.

Fuck R.A., Jardim de Sá E.F., Pimentel M.M., Dardenne M.A. & Pedrosa-Soares A.C. 1993. As faixas de dobramentos marginais do Cráton do São Francisco: síntese do conhecimento. In: Dominguez J.M.L. & Misi A. (eds). O Cráton do São Francisco. SBG/SGM/CNPq, Salvador, 121-146.

Fuck, R. A., Dantas, E. L., Vidotti, R. M., Roing, H. L., Almeida, T. Deformação intracontinental em sistemas transcorrentes: O caso do Lineamento Transbrasiliano: geometria, idade e significado. 2013. *XIV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos (SNET)*.

Gonzaga, G.M., Tompkins, L.A. (1991) Geologia do Diamante. In: Schobbenhaus, C. (ed.) Principais Depósitos Minerais do Brasil. Brasília DNPM-CPRM 4-A, 53 116.

Grotzinger, J. P., Bowring, S. A., Saylor, B. Z., & Kaufman, A. J. 1995. Biostratigraphic and geochronologic constraints on early animal evolution. *Science* 270(5236), 598-604.

Guadagnin, F., Chemale Jr., F., 2015. Detrital zircon record of the Paleoproterozoic to Mesoproterozoic cratonic basins in the São Francisco Craton. *Journal of South American Earth Sciences* 60, 104–116.

Guimarães, E.M., Dardenne, M.A., 1998. Características de coberturas cratônicas relacionadas com faixas de deformação: as bacias Paranoá e Bambuí e a evolução da faixa dobrada Brasília. *XL Congresso Brasileiro de Geologia*, Belo Horizonte, Anais.

Hasui, Y. 2010. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. São Paulo, UNESP, *Geociências* 29 (2), P. 141-169.

Heilbron, M., Valeriano, C. D. M., Valladares, C. S., & Machado, N. 1995. A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. *Brazilian Journal of Geology* 25(4), 249-266.

Heilbron, M., Cordani U.G, Alkmim F.F. (eds.) 2017. São Francisco craton, eastern Brazil. Tectonic genealogy of a miniature continent. *Springer International Publishing Co, Regional Geology Reviews*, Switzerland, 331 p.

Hoffman, P. F., Kaufman, A. J., Halverson, G. P., & Schrag, D. P. 1998. A Neoproterozoic snowball earth. *Science* 281(5381), 1342-1346.

Isotta, C.A.L., Rocha-Campos, A.C., Yoshida, R. 1969. Striated pavement of the upper Precambrian glaciation in Brazil. *Nature* 222, 466-468.

Johansson, A. From Rodinia to Gondwana with the SAMBA' model—A distant view from Baltica towards Amazonia and beyond. 2014. *Precambrian Research* 244, 226–235.

Karfunkel, J.; Hoppe, A. 1988. Late Proterozoic Glaciation in Central-Eastern Brazil: Synthesis and Model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 65, 121.

Knauer L.G. 2007. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos* 15(1), 81-90.

Kuchenbecker M., 2014. Relações entre as coberturas do Cráton do São Francisco e bacias situadas em orógenos marginais: o registro de datações U-Pb de grãos detríticos de zircão e suas implicações geotectônicas. Tese de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 173 p.

Kuchenbecker M., Pedrosa-Soares A. C., Babinski M., Fanning M. 2015. Detrital zircon age patterns and provenance assessment for pre-glacial to post-glacial successions of the Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, Brazil. *Precambrian Research* 266, 12-26.

Kuchenbecker, M., Babinski, M., Pedrosa-Soares, A. C., Lopes-Silva, L., Pimenta, F., 2016. Chemostratigraphy of the lower Bambuí Group, southwestern São Francisco Craton, Brazil: insights on Gondwana paleoenvironments. *Brazilian Journal of Geology* 46, 145-162.

Liebmann, J., Kirkland, C.L., Kelsey, D.E., Korhonen, F.J., Rankenburg, K., 2022. Lithological fabric as a proxy for Rb–Sr isotopic complexity. *Chemical Geology* 608, 121041.

Lima, O.N.B., Uhlein, A., Britto, W. 2007. Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia do depósito fosfático de Cedro do Abaeté, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências* 37(4)- suplemento, 204-215.

Martínez, M.I. 2007. Estratigrafia e tectônica do Grupo Bambuí no norte do estado de Minas Gerais. Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 147 p.

Martins-Neto, M.A. 1993. The sedimentary evolution of a Proterozoic rift basin: the basal Espinhaço Supergroup, southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. *Freiburger Geowiss. Beitr.*, Band 4. Tese de doutorado. Universidade de Freiburg, Alemanha, 155 p.

Martins-Neto M.A. 1998. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: registro de uma bacia rifte-sag do Paleó/Mesoproterozoico. *Revista Brasileira de Geociências* 28(2), 151-168.

Martins-Neto, M.A., Alkmim, F.F. 2001. Estratigrafia e evolução tectônica das bacias neoproterozóicas do paleocontinente São Francisco e suas margens: Registros da quebra de Rodínia e colagem do Gondwana. In: Pinto, C. P., Martins-Neto, M.A. (Eds) *Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais*. Belo Horizonte, SBG, p. 31-54.

Martins-Neto, M.A., Pedrosa-Soares, A.C., Lima, S.A.A., 2001. Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from late Paleoproterozoic to late Neoproterozoic in the São Francisco craton and Araçuaí Fold Belt, eastern Brazil. *Sedimentary Geology* 141 - 142, 343 - 370.

Martins-Neto, M.A. 2009. Sequence Stratigraphic framework of Proterozoic successions in eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology* 26, 163–176.

Matos, D.R. 2016. Regime termal e tectônica tipo thin-skin na zona externa da Faixa Brasília. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 109 p.

Moreira, D. S., Uhlein, A., Dussin, I. A., Uhlein, G. J. & Pimentel Misuzaki, A. M. 2020. A Cambrian age for the upper Bambuí Group, Brazil, supported by the first U–Pb dating of volcanoclastic bed. *Journal of South America Earth Sciences* 99, 102503.

Noce, C.M. Pedrosa-Soares, A.C., Grossi-Sad, J.H., Baars, F.J., Guimarães, M.V., Mourão, M.A.A., Oliveira, M.J.R. & Roque, N. C. 1997. Nova Subdivisão Estratigráfica Regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O Registro de uma Bacia Neoproterozóica. *Boletim do Núcleo Minas Gerais, Sociedade Brasileira de Geologia* 14, 29–31.

Noce, C.M., Pedrosa-Soares, AC., Da Silva, L.C., Alkmim, F.F.de. 2007. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozoico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos* 15(1), 17 – 23.

Oliveira, M. J. R., Fogaça, A.C.C., Fonseca, E. 1997. Geologia da Folha Baldim (SE-23-Z-C-III). In: Grossisad, J. H., Lobato, L. M., Pedrosa-Soares, A. C. et al. (Coords.) Projeto Espinhaço: textos, mapas e anexos. Belo Horizonte: COMIG. 1 CD-ROM.

Pacheco, F.E.R.C., Caxito, F.A., Souza, M.E., Bento, C.C., Pedrosa-Soares, A., Lana, C.C. 2023. Detrital zircon U–Pb analysis constrain the depositional age and provenance of Cryogenian glacial successions of the Macaúbas Group in the northeastern Araçuaí orogen, eastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 121, 104122.

Paula-Santos G.M., Babinski M., Caetano-Filho S., Kuchenbecker M. 2012. Abordagem quimioestratigráfica (C, O) e geocronológica da Formação Sete Lagoas na região de Vespasiano, MG: uma unidade cambriana? In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 46, v.CD.

Paula-Santos, G.M., Babinski, M., Kuchenbecker, M., Caetano-Filho, S., Trindade, R.I.F., Pedrosa-Soares, A.C. 2015. New evidence of an Ediacaran age for the Bambuí Group in southern São Francisco craton (eastern Brazil) from zircon U-Pb data and isotope chemostratigraphy. *Gondwana Research* 18, 1–19.

Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Wiedemann C.M., Pinto C.P. 2001. The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly. *Precambrian Research* 110, 307-323.

Pedrosa-Soares, A. C., Noce, C. M., Alkmim, F. F., Da Silva, L. C., Babinski, M., Cordani, U., Castañeda, C. 2007. Orogênio Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos* 15(1), 1-16.

Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., Tack, L., Noce, C.M., Babinski, M., Silva, L.C., Martins-Neto, M.A., 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí–West Congo orogen. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito Neves, B.B., de Wit, M.J. (Eds.), *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. Geological Society of London Special Publications* 294, 153–172.

Pedrosa-Soares, A.C., Babinski, M., Noce, C. M., Martins, M., Queiroga, G., Vilela, F. 2011. The Neoproterozoic Macaúbas Group (Araçuaí orogen, SE Brazil) with emphasis on the diamictite formations. In: Arnaud, E., Halverson, G.P., Shields-Zhou, G. (Org.). *The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations. Memoir of the Geological Society of London* 36, 523–534.

Pedrosa-Soares, A.C., Deluca, C., Araujo, C.S., Gradim, C., Lana, C.de.C., Dussin, I., Silva, L.C.da., Babinski, M. 2020. Geocronologia e Evolução Tectônica do Continente Sul-Americano: a contribuição de Umberto Giuseppe Cordani . *Solaris* 1, 247-272.

Peixoto, E., Alkmim, F.F., Pedrosa-Soares, A., Lana, C., Chaves, A.O., 2018. Metamorphic record of collision and collapse in the Ediacaran-Cambrian Araçuaí orogen, SE-Brazil: Insights from P-T pseudosections and monazite dating. *Journal of Metamorphic Geology* 36, 147–172.

Perrella-Júnior, P., Uhlein, A., Uhlein, G. J., Sial, A. N., Pedrosa-Soares, A. C., Lima, O. N. B. d. 2017. Facies Analysis, Sequence Stratigraphy and Chemostratigraphy of the Sete Lagoas Formation (Bambuí Group), Northern Minas Gerais State, Brazil: Evidence of a Cap Carbonate Deposited on the Januaria Basement High. *Brazilian Journal of Geology* 47, 59–77.

Pflug R., Renger F. 1973. Estratigrafia e evolução geológica da margem sudeste do Cráton Sanfranciscano. In: *27th Congresso Brasileiro de Geologia*, Aracajú, Proceedings 1(2), 5-19.

Reis, H.L.S., Suss, J., Fonseca, R.C.S., Alkmim, F.F., 2017. Ediacaran forebulge grabens of the southern São Francisco Basin, SE Brazil: Craton interior dynamics during West Gondwana assembly. *Precambrian Research* 302, 150–170.

Renger, E.F. 1979. Evolução dos conceitos geológicos da Serra do Espinhaço. – Atas do Simpósio de Geologia de MG, Diamantina, SBG, 9-27.

Renger, F. E., Knauer, L. G. 1995. Espinhaço: Quo vadis? onde está? Aonde vai? A evolução dos conhecimentos sobre a Cordilheira do Espinhaço Meridional em Minas Gerais entre 1979 e 1995. *Geonomos* 3 (1), 31-39.

Ribeiro, J. H. 2008. Carta geológica da Folha Baldim (Faixa W), escala 1:100.000 - SE.23-Z-C-III. Projeto Sete Lagoas-Abaeté, CPRM.

Rimann E.T. 1917. A kimberlita no Brasil. Anais da Escola de Minas, Ouro Preto, 15:27-32. In: Dardenne M.A. 1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil central. In: *30° Congresso Brasileiro de Geologia*, Anais, 2, 597-610.

Rocha, B. C., Moraes, R., Möller, A., Cioffi, C. R., & Jercinovic, M. J. 2017. Timing of anatexis and melt crystallization in the Socorro–Guaxupé Nappe, SE Brazil: Insights from trace element composition of zircon, monazite and garnet coupled to UPb geochronology. *Lithos* 277, 337-355.

Rodrigues, J.B., 2008. Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí e um estudo de zircões detriticos e idades modelo Sm-Nd. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 128 p.

Rosière, C. A., Uhlein, A., Fonseca, M.A., Torquato, J.R. 1994. Análise Cinemática Mesoscópica dos Cavalgamentos do Cinturão Espinhaço na região de Diamantina (MG). *Revista Brasileira de Geociências* 24 (2), 97-103.

Rossi, A. V.A., Danderfer, A., Bersan, S. M., Kelmer, L. R., Tavares, T. D., Lana, C. 2020. Stratigraphic, isotopic, and geochronological record of a superposed proforeland basin in the eastern São Francisco craton during west Gondwana amalgamation. *Journal of South American Earth Sciences* 97, 102406.

Santos R.V., Alvarenga C.J.S. de, Dardenne M.A., Sial A.N., Ferreira V.P. 2000. Carbon and oxygen isotope profiles across Meso- Neoproterozoic limestones from central Brazil: Bambuí and Paranoá groups. *Precambrian Research* 104, 107-22.

Santos M.N., Chemale Jr F., Dussin I.A., Martins M.S., Assis T.A.R., Jelinek A.R., Guadagnin F., Arsmtrong R. 2013. Sedimentological and paleoenvironmental constraints of the sthaterian and stenian Espinhaço Rift System, Brazil. *Sedimentary Geology* 290,47-59.

Santos M.N., Chemale Jr F., Dussin I.A., Martins M.S., Queiroga G., Pinto R.T.R., Santos A.N., Armstrong R. 2015. Provenance and paleogeographic reconstruction of a mesoproterozoic intracratonic sag basin (Upper Espinhaço Basin, Brazil). *Sedimentary Geology* 318, 40-57.

Schobbenhaus C. 1996. As tafrogêneses superpostas Espinhaço e Santo Onofre, estado da Bahia: Revisão e novas propostas. *Revista Brasileira de Geociências* 26(4), 265-276.

Schöll W. 1973. Sedimentologie und geochemie der bambuí Gruppe in SE-rond des São Francisco Becken, Minas Gerais (Brasilien). Tese de doutorado. Universidade de Heidelberg, Alemanha, 115p.

Schöll, W.U. & Fogaça, A.C.C. 1979. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina, MG. – *Atas do Simpósio de Geologia de MG*, Diamantina, SBG, 55-73.

Silva, G.L., Freitas, M.A. Silveira, V.D. 2007. Geologia da região centro-oeste do Parque Nacional Da Serra do Cipó, MG. Trabalho de Graduação. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 154 p.

Souza, M.E.S., 2016. Caracterização litoestrutural e geocronológica dos xistos verdes e metagabros do Grupo Macaúbas nas regiões de Terra Branca e Planalto de Minas, Minas Gerais. Dissertação de mestrado. Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 263 p.

Souza, M.E.S., Martins, M.S., Queiroga, G.N., Leite, M., Oliveira, R.G., Dussin, I., Pedrosa-Soares, A.C., 2019. Paleoenvironment, sediment provenance and tectonic setting of Tonian basal deposits of the Macaúbas basin system, Araçuaí orogen, southeast Brazil. *Journal of South America Earth Sciences*. 96.

Squire, R.J., Campbell, I.H., Allen, C.M., and Wilson, C.J.L. 2006. Did the Transgondwanan Supermountain trigger the explosive radiation of animals on Earth? *Earth and Planetary Science Letters* 250, 116–133.

Tavares, T.D., Martins, M.S., Alkmim, F.F., Lana, C.L. 2020. Detrital zircons from the Upper Três Marias Formation, São Francisco basin, SE Brazil: Record of foreland deposition during the Cambrian? *Journal of South American Earth Sciences* 97, 102395.

Tedeschi, M., Lanari, P., Rubatto, D., Pedrosa-Soares, A., Hermann, J., Dussin, I., & Baumgartner, L. 2017. Reconstruction of multiple PTt stages from retrogressed mafic rocks: Subduction versus collision in the Southern Brasília orogen (SE Brazil). *Lithos* 294, 283-303.

Thomaz Filho A., Kawashita K., Cordani U.G. 1998. A origem do Grupo Bambuí no contexto da evolução geotectônica e de idades radiométricas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 70, 527-548.

Trompette R.R., Uhlein, A., Egydio-Silva, M., Karmann, I. 1992. O cráton brasileiro do São Francisco – uma revisão. *Revista Brasileira de Geociências* 22(4), 481-486.

Tohver, E., Trindade, R. I. F., Solum, J. G., Hall, C. M., Riccomini, C., Nogueira, A. C. 2010. Closing the Clymene ocean and bending a Brasiliano belt: Evidence for the Cambrian formation of Gondwana, southeast Amazon craton. *Geology* 38(3), 267-270.

Tuller M.P., Ribeiro J.H., Signorelli N. 2010. Projeto Sete Lagoas - Abaete. CPRM.

Uhlelin, A. 1991. Transição cráton-faixa dobrada: exemplo do cráton do São Francisco e da faixa Araçuaí (ciclo brasileiro) no estado de Minas Gerais. Aspectos estratigráficos e estruturais. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 295 p.

Uhlelin, A., Trompette, R.R., Egydio-Silva, M., 1998. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 11, 191- 203.

Uhlelin A., Lima O. N. B., Fantinel L.M., Baptista M.C. 2004. Estratigrafia e evolução geológica do Grupo Bambuí, Minas Gerais (Roteiro Geológico). In: *42º Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá, Anais*, 30-61.

Uhlelin A., Caxito F.A., Sanglard J.C.D., Uhlein, G.J., Suckau G.L. 2011. Estratigrafia e tectônica das faixas neoproterozóicas da porção norte do Craton do São Francisco. *Geonomos* 19(2), 8-31.

Uhlelin A., Alvarenga C.J.S., Dardenne M.A., Trompette R.R. 2011a. The glaciogenic Jequitai Formation, southeastern Brazil. In: Arnaud E., Halverson G.P. and Shields-Zhou G.(Eds.) *The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations. Geological Society of London*, London, Memoir 36, 51–66.

Uhlelin A., Baptista M.C., Seer H.J., Caxito F.A., Uhlein G.J., Dardenne M.A. 2011b. A Formação Lagoa Formosa, Grupo Bambuí (MG): sistema deposicional de leque submarino em bacia de ante-país. *Geonomos* 19(2),163-172.

Uhlelin, G.J., Carvalho, J.F.M.G., Uhlein, A., Caxito, F.A., Halverson, G.P., Sial, A., 2013. Estratigrafia e Sedimentologia da Formação Carrancas, Grupo Bambuí, nas regiões de Belo Horizonte e Pitangui, MG. *Geonomos* 20(2), 79-97.

Uhlelin G.J., Uhlein, A., Halverson, G.P., Stevenson, R., Caxito, F.A., Cox, G. M., Carvalho, J.F.M.G. 2016. The Carrancas Formation, Bambuí Group: A record of pre-Marinoan sedimentation on the southern São Francisco craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 71, 1-16.

Uhlelin A., Ersinzon F., Uhlein G.J., Alcântara D.G. 2017a. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Supergrupo Espinhaço e Grupos Bambuí e Macaúbas: roteiro de campo na Serra do Espinhaço Meridional (MG). *Terræ Didática* 13(3), 244-257.

Uhlein, G.J., Uhlein, A., Stevenson, R., Halverson, G.P., Caxito, F.A., Cox, G.M. 2017b. Early to late Ediacaran conglomeratic wedges from a complete foreland basin cycle in the southwest São Francisco Craton, Bambuí Group, Brazil. *Precambrian Research* 299,101–116.

Uhlein, G.J., Uhlein, A., Pereira, E., Caxito, F.A., Okubo, J., Warren, L., Sial, A.N., 2019. Ediacaran paleoenvironmental changes recorded in the mixed carbonate-siliciclastic Bambuí Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 517, 39–51.

Uhlein, G. J., Caxito, F. A., Frei, R., Uhlein, A., Sial, A. N., & Dantas, E. L. (2021). Microbially induced chromium isotope fractionation and trace elements behavior in lower Cambrian microbialites from the Jaíba Member, Bambuí Basin, Brazil. *Geobiology* 19(2), 125-146.

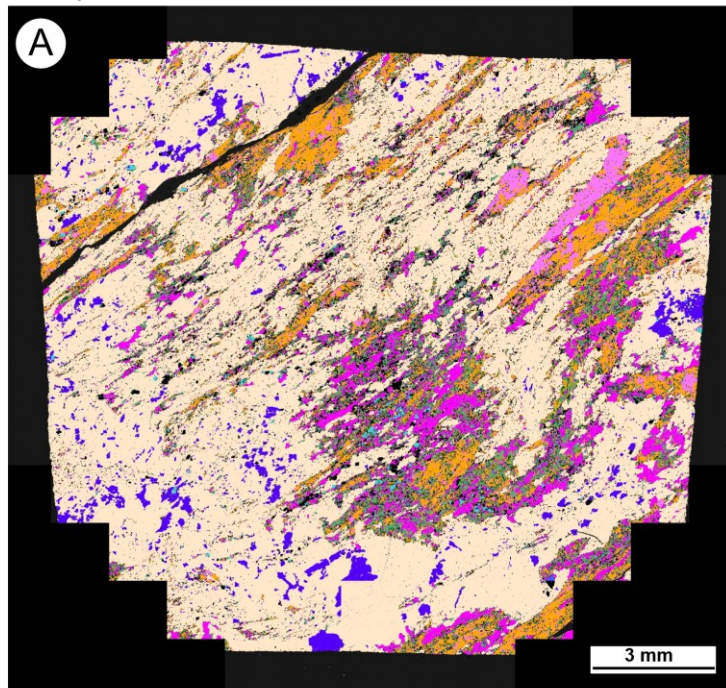
Victoria, A.M., Moy, S.L. 2014. Mapeamento Geológico, em escala 1:25.000, da região de Lapinha Da Serra, município de Santana Do Riacho, MG. Trabalho de Graduação. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 102 p.

Warren, L. V., Quaglio, F., Riccomini, C., Simões, M. G., Poire, D. G., Strikis, N. M., & Strikis, P. C. 2014. The puzzle assembled: Ediacaran guide fossil *Cloudina* reveals an old proto-Gondwana seaway. *Geology* 42(5), 391-394.

Zalán, P.V., Romeiro-Silva, P.C. 2007. Bacia do São Francisco. *Boletim de Geociência da Petrobrás* 15 (2), 561-571.

ANEXO A– Imagens da micropetrografia através do *Tescan Integrated Mineral Analyzer (TIMA)*

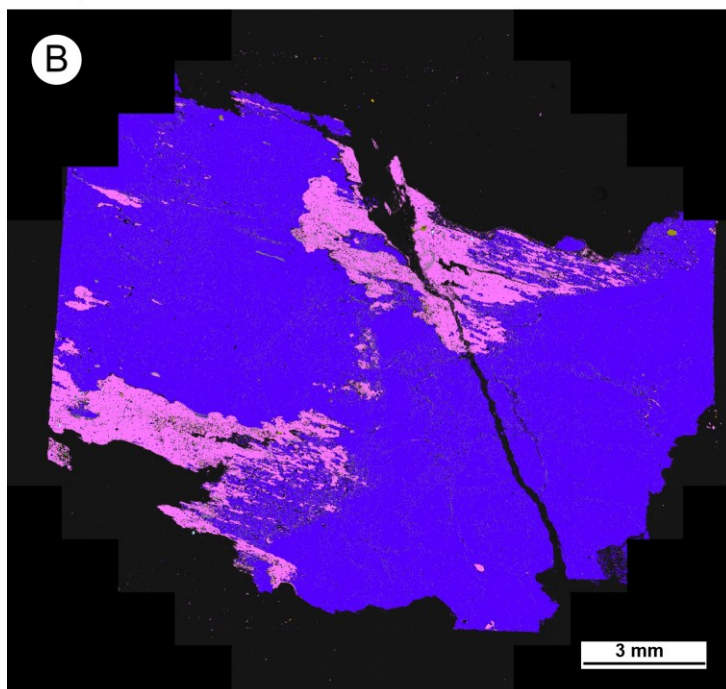
Sample IN02






Main mineral phases

	Calcite
	Quartz
	Muscovite
	Biotite
	Chlorite
	Hematite / Pyrite
	Pyrope
	Albite

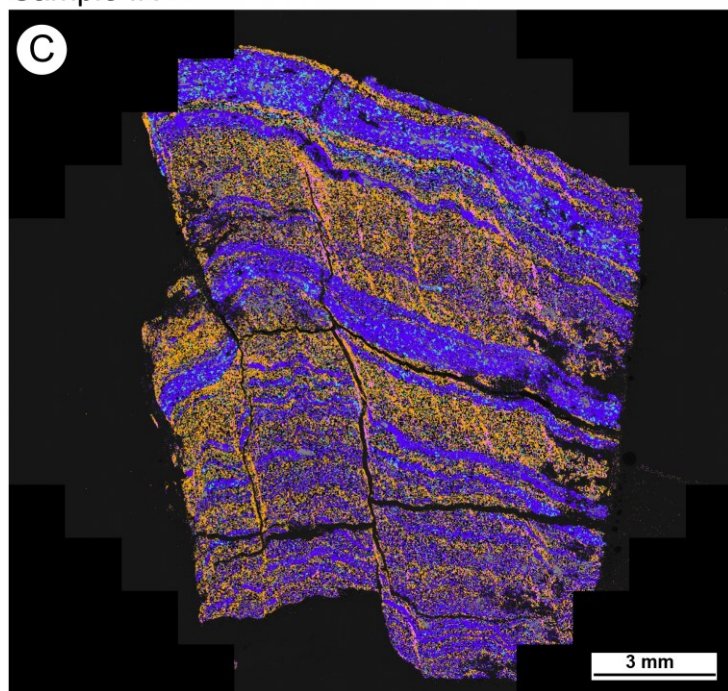
Sample IN08



Main mineral phases

	Quartz
	Muscovite
	Schorl
	Rutile
	Biotite

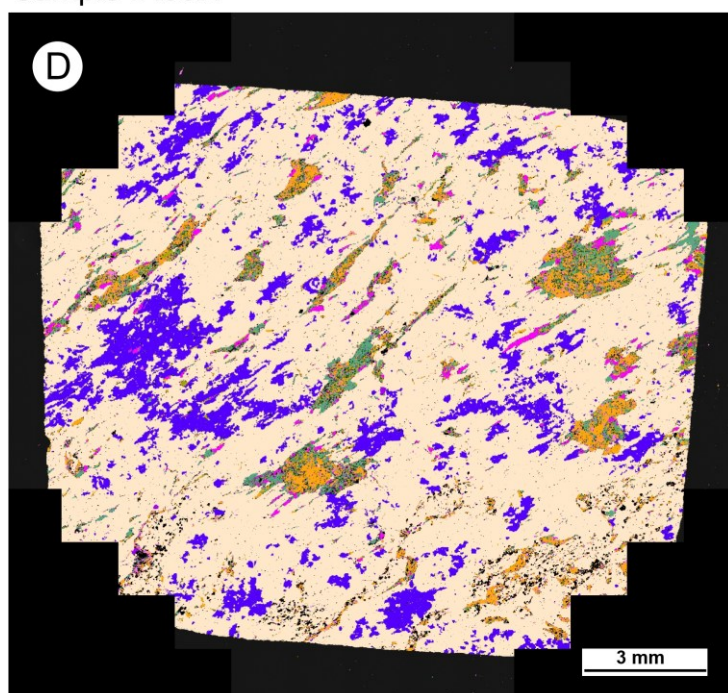
Sample IN14



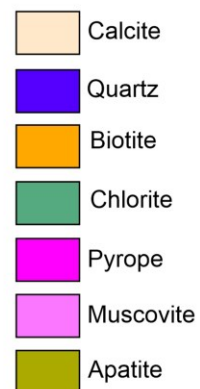
Main mineral phases



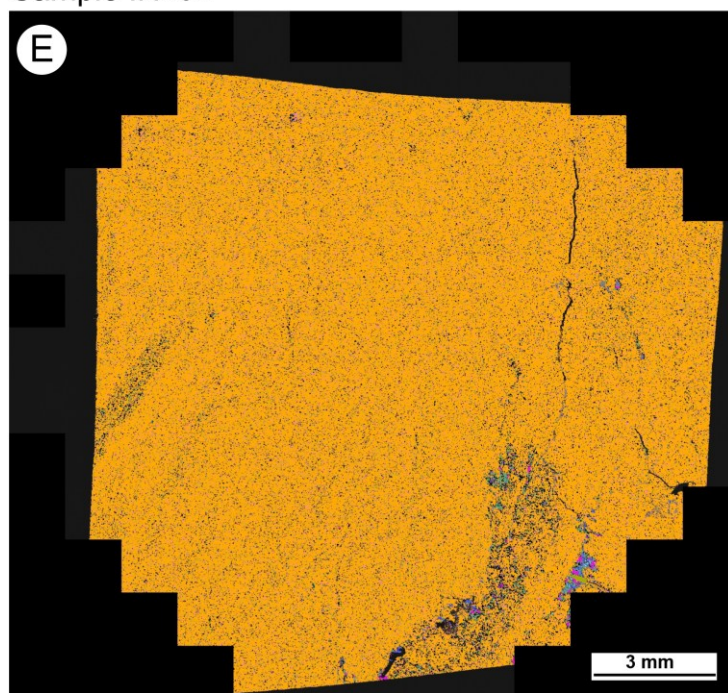
Sample IN30A



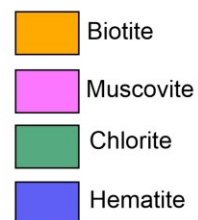
Main mineral phases



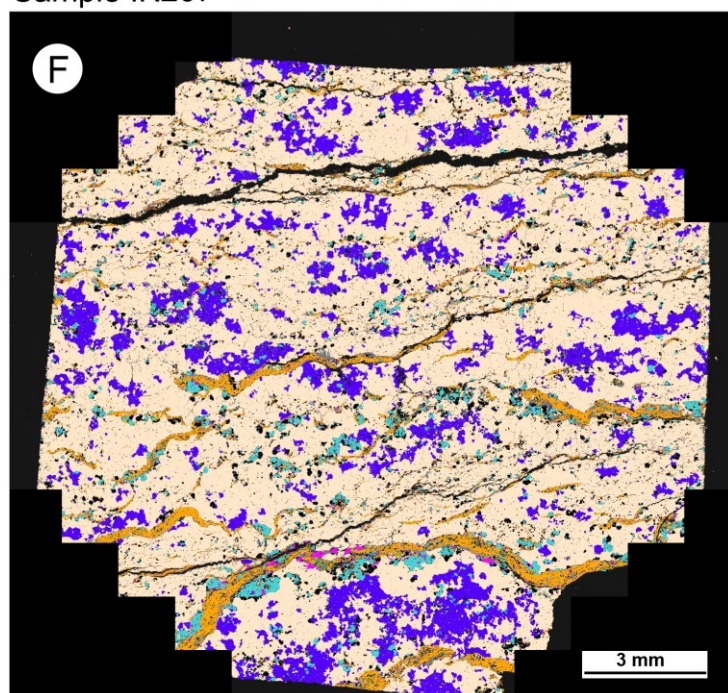
Sample IN204



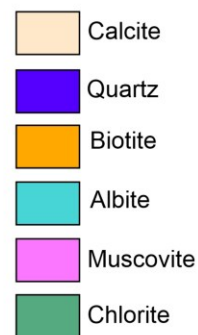
Main mineral phases



Sample IN207



Main mineral phases



ANEXO B– Comprovante de submissão do artigo I

SG-D-24-00095 - Confirming your submission to Journal of Structural Geology

Journal of Structural Geology <em@editorialmanager.com>

Sex, 15/03/2024 15:21

Para: Ingridy da Silva Nicomedes <ingridysnicomedes@hotmail.com>

This is an automated message.

In situ Rb–Sr geochronology of slickensides reveals reactivation of cratonic margins post-Gondwana assembly

Dear Ms. Nicomedes,

We have received the above referenced manuscript you submitted to Journal of Structural Geology. It has been assigned the following manuscript number: **SG-D-24-00095**.

To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/sg/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,
Journal of Structural Geology

FAQ: How can I reset a forgotten password?

https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28452/supporthub/publishing/kw/editorial+manager/

For further assistance, please visit our customer service site:

<https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about Editorial Manager via interactive tutorials. You can also talk 24/7 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email.

This journal uses the Elsevier Article Transfer Service. This means that if an editor feels your manuscript is more suitable for an alternative journal, then you might be asked to consider transferring the manuscript to such a journal. The recommendation might be provided by a Journal Editor, a dedicated Scientific Managing Editor, a tool assisted recommendation, or a combination. For more details see the journal guide for authors.

At Elsevier, we want to help all our authors to stay safe when publishing. Please be aware of fraudulent messages requesting money in return for the publication of your paper. If you are publishing open access with Elsevier, bear in mind that we will never request payment before the paper has been accepted. We have prepared some guidelines (<https://www.elsevier.com/connect/authors-update/seven-top-tips-on-stopping-apc-scams>) that you may find helpful, including a short video on Identifying fake acceptance letters (<https://www.youtube.com/watch?v=o5l8thD9XtE>). Please remember that you can contact Elsevier's Researcher Support team (<https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>) at any time if you have questions about your manuscript, and you can log into Editorial Manager to check the status of your manuscript (https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/29155/c/10530/supporthub/publishing/kw/status/).

Journal of Structural Geology
In situ Rb–Sr geochronology of slickensides reveals reactivation of cratonic margins
post-Gondwana assembly
 --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Article Type:	Original article
Keywords:	Rb-Sr geochronology; Cratonic margins; Gondwana Orogen; Fault reactivation.
Corresponding Author:	Ingridy da Silva Nicomedes, Master Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, Minas Gerais BRAZIL
First Author:	Ingridy da Silva Nicomedes, Master
Order of Authors:	Ingridy da Silva Nicomedes, Master Bruno Vieira Ribeiro, Doctor Fabrício De Andrade Caxito, Doctor Christopher Kirkland, Doctor Anderson Victoria, Doctor
Abstract:	Assessing the time-strain evolution of orogenic structures is a crucial but difficult task, especially for upper-crust structures where the conditions of deformation are normally below the closing temperature of the main accessory minerals used in geochronology. Conventional Rb–Sr and total fusion Ar–Ar techniques are insufficient to spatially-resolve distinct microstructures such as inherited and recrystallized micas associated with fault zones developed under low- to medium-temperature conditions. Here, we use novel in situ Rb–Sr geochronology of fine-grained micas from fault-related rocks of the Southern Espinhaço Range (SE Brazil) to investigate the timing and effects of fault reactivation at the dawn of Gondwana assembly. Fine-grained muscovite and biotite from slickensides yield Rb–Sr isochron ages between 500–450 Ma, likely reflecting the reactivation of thrust faults. This tectonic reactivation is coeval with ductile deformation of marbles in the footwall of the main regional thrust zones. These novel mica Rb–Sr ages indicate that thrust reactivation was ca. 30–80 Ma younger than the last metamorphic event in the Araçuaí Orogen. We envisage that fault reactivation in the Southern Espinhaço Range might have been related to thermal post-orogenic relaxation due to gravitational collapse in the orogen. The results indicate that the Brasiliano thrust fronts remained active for a crucial period of biogeochemical development in the Ediacaran–Cambrian transition post-Gondwana assembly, creating high-relief mountain belts whose erosion might have influenced both the climate and detritus input in the foreland basins of Western Gondwana controlling the redox and nutrient conditions in the environments where the first complex life forms developed.
Suggested Reviewers:	Lauro Montefalco Santos, Doctor Professor Adjunto, Federal University of Pernambuco lauro.lsanos@ufpe.br Matheus Kuchenbecker, Doctor Professor Adjunto, Federal University of Jequitinhonha and Mucuri Valleys mk.geologia@gmail.com Fernando Flecha Alkmim, Doctor Professor Emérito, Federal University of Ouro Preto ffalkmim@gmail.com Janne Liebmann, Doctor Curtin University janne.liebmann@curtin.edu.au Nick Roberts British Geological Survey nirob@bgs.ac.uk

ANEXO C– Comprovante de submissão do artigo II

SAMES-D-24-00134 - Confirming your submission to Journal of South American Earth Sciences

Journal of South American Earth Sciences <em@editorialmanager.com>

Sex, 15/03/2024 19:48

Para:Ingridy da Silva Nicomedes <ingridysnicomedes@hotmail.com>

This is an automated message.

U–Pb geochronology of detrital rutile and zircon unravels sedimentary provenance and tectonic evolution in the São Francisco Craton/ Araçuaí Orogen thrust zone, Serra do Cipó, Brazil

Dear Ms Nicomedes,

We have received the above referenced manuscript you submitted to Journal of South American Earth Sciences. It has been assigned the following manuscript number: **SAMES-D-24-00134**.

To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/sames/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,
Journal of South American Earth Sciences

FAQ: How can I reset a forgotten password?

https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28452/supporthub/publishing/

For further assistance, please visit our customer service site:

<https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>

Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about Editorial Manager via interactive tutorials. You can also talk 24/7 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email

This journal uses the Elsevier Article Transfer Service. This means that if an editor feels your manuscript is more suitable for an alternative journal, then you might be asked to consider transferring the manuscript to such a journal. The recommendation might be provided by a Journal Editor, a dedicated Scientific Managing Editor, a tool assisted recommendation, or a combination. For more details see the journal guide for authors.

At Elsevier, we want to help all our authors to stay safe when publishing. Please be aware of fraudulent messages requesting money in return for the publication of your paper. If you are publishing open access with Elsevier, bear in mind that we will never request payment before the paper has been accepted. We have prepared some guidelines (<https://www.elsevier.com/connect/authors-update/seven-top-tips-on-stopping-apc-scams>) that you may find helpful, including a short video on Identifying fake acceptance letters (<https://www.youtube.com/watch?v=o5l8thD9XtE>). Please remember that you can contact Elsevier's Researcher Support team (<https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>) at any time if you have questions about your manuscript, and you can log into Editorial Manager to check the status of your manuscript (https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/29155/c/10530/supporthub/publishing/kw/status/).

Journal of South American Earth Sciences

U–Pb geochronology of detrital rutile and zircon unravels sedimentary provenance and tectonic evolution in the São Francisco Craton/ Araçuaí Orogen thrust zone, Serra do Cipó, Brazil

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Article Type:	Research Paper
Section/Category:	Tectonics, neo- and seismotectonics, geodynamic modelling, structure and basin evolution
Keywords:	Neoproterozoic; Bambuí Group; Araçuaí Orogen; shear zones; U-Pb geochronology.
Corresponding Author:	Ingridy da Silva Nicomedes, M.D. Federal University of Minas Gerais Belo Horizonte, Minas Gerais BRAZIL
First Author:	Ingridy da Silva Nicomedes
Order of Authors:	Ingridy da Silva Nicomedes Fabrício De Andrade Caxito, Doctor Cristiano de Carvalho Lana, Doctor
Abstract:	<p>Understanding craton/orogenic belt transition zones is crucial for the development of tectonic and paleogeographic models. We present new detrital zircon and rutile U–Pb data and discussions about the São Francisco Craton/Araçuaí Orogen limit in the Serra do Cipó area, where deformed and metamorphosed quartzites of the Mesoproterozoic Espinhaço Supergroup and the Neoproterozoic Macaúbas Group overthrust marbles and metapelites of the Ediacaran/Cambrian Bambuí Group during the collisional stage of the Brasiliano Orogeny. The Matão-Duas Barras Formation (Macaúbas Group) and the Espinhaço Supergroup quartzites show a predominance of Archean and Palaeoproterozoic zircons, indicating major contribution from the underlying São Francisco-Congo cratonic basement and Paleoproterozoic complexes, along with Mesoproterozoic peaks related to the main magmatic phases of the Espinhaço rift-sag system. Detrital rutile data mirror the U–Pb zircon distribution, recording the sourcing of metamorphic terranes formed during the Rhyacian orogeny and during Archean greenstone-TTG formation, minus the Mesoproterozoic peaks, reflecting a lull in orogenic metamorphism during development of the Espinhaço rift–sag basin. Low–grade metamorphism and mild hydrothermalism in the shear zone were not able to reset the detrital rutile grains or to metasomatize or create new rims in the zircon grains; thus, both zircon and rutile record the ages of the source areas. One quartzite sample previously mapped as Macaúbas Group (undivided) yielded unexpected but very important U–Pb zircon age peaks at 620 and 725 Ma, along with the usual Proterozoic and Archean peaks. The presence of Ediacaran grains in this sample constrains its maximum depositional age to the syn-orogenic stage of the Araçuaí Orogen, i.e., it can't be mapped as part of the rift I and/or II from Macaúbas Group, but instead, must have sourced the evolving Ediacaran Rio Doce arc to the east, in the hinterland. The presence of syn-orogenic units interleaved in the pre-orogenic metasedimentary rocks opens new possibilities and demands further stratigraphic and tectonic studies in the Serra do Cipó area and elsewhere in the craton/orogen thrust fronts.</p>
Suggested Reviewers:	<p>Lauro Montefalco Santos, Doctor Professor Adjunto, Federal University of Pernambuco lauro.lsantos@ufpe.br</p> <p>Matheus Kuchenbecker, Doctor Professor Adjunto, Federal University of Jequitinhonha and Mucuri Valleys mk.geologia@gmail.com</p> <p>Nick Roberts, Doctor British Geological Survey nirob@bgs.ac.uk</p>
Opposed Reviewers:	<p>Fernando Flecha Alkmim, Doctor Professor Emérito, Federal University of Ouro Preto ffalkmim@gmail.com</p>

Powered by Editorial Manager® and ProduXion Manager® from Aries Systems Corporation

ANEXO D– Tabelas das análises geocronológicas Rb-Sr LA-ICP-MS

- Amostra IN02

Sample	Session	Uncorrected ratios						Matrix corrected ratios				rho
		$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	
IN02-Ms - 1.d	19/10/2023	127,986	2,084	452,581	13,659	3,470	0,117	433,092	16,082	3,470	0,117	0,88
IN02-Ms - 2.d	19/10/2023	98,197	1,859	210,383	10,479	2,063	0,073	201,324	10,933	2,063	0,073	0,96
IN02-Ms - 3.d	19/10/2023	113,683	2,081	335,876	15,875	2,860	0,104	321,412	16,707	2,860	0,104	0,94
IN02-Ms - 4.d	19/10/2023	118,843	1,629	383,251	9,239	3,152	0,089	366,747	11,879	3,152	0,089	0,87
IN02-Ms - 5.d	19/10/2023	125,182	1,546	482,530	12,075	3,774	0,103	461,751	15,274	3,774	0,103	0,89
IN02-Ms - 6.d	19/10/2023	108,760	1,540	269,737	5,894	2,428	0,056	258,121	7,937	2,428	0,056	0,80
IN02-Ms - 7.d	19/10/2023	121,488	1,657	436,570	11,166	3,514	0,098	417,771	13,995	3,514	0,098	0,87
IN02-Ms - 8.d	19/10/2023	101,901	1,203	242,922	6,193	2,322	0,054	232,461	7,773	2,322	0,054	0,89
IN02-Ms - 9.d	19/10/2023	106,443	1,301	241,580	5,443	2,228	0,054	231,177	7,221	2,228	0,054	0,87
IN02-Ms - 10.d	19/10/2023	108,842	1,420	280,175	8,424	2,506	0,067	268,110	9,931	2,506	0,067	0,90
IN02-Ms - 11.d	19/10/2023	111,097	1,315	304,496	8,488	2,665	0,068	291,384	10,282	2,665	0,068	0,91
IN02-Ms - 12.d	19/10/2023	113,016	1,523	314,644	9,537	2,713	0,077	301,095	11,213	2,713	0,077	0,90
IN02-Ms - 13.d	19/10/2023	120,665	1,686	424,179	9,616	3,434	0,089	405,913	12,720	3,434	0,089	0,84
IN02-Ms - 14.d	19/10/2023	128,171	2,228	506,403	12,097	3,876	0,098	484,596	15,617	3,876	0,098	0,75
IN02-Ms - 15.d	19/10/2023	112,120	2,734	339,382	20,252	2,873	0,129	324,767	20,614	2,873	0,129	0,93
IN02-Ms - 16.d	19/10/2023	118,646	1,412	393,123	7,664	3,229	0,059	376,195	10,956	3,229	0,059	0,80
IN02-Ms - 17.d	19/10/2023	122,679	1,804	415,516	9,322	3,321	0,085	397,623	12,392	3,321	0,085	0,82
IN02-Ms - 18.d	19/10/2023	123,618	1,788	468,413	11,746	3,718	0,109	448,242	14,845	3,718	0,109	0,87
IN02-Ms - 19.d	19/10/2023	120,708	2,107	420,218	16,108	3,398	0,116	402,122	17,700	3,398	0,116	0,89
IN02-Ms - 20.d	19/10/2023	122,184	1,530	446,270	10,247	3,559	0,093	427,053	13,472	3,559	0,093	0,88
IN02-Ms - 21.d	19/10/2023	118,302	1,542	401,287	8,185	3,317	0,080	384,007	11,418	3,317	0,080	0,84

IN02-Ms - 22.d	19/10/2023	123,080	1,933	447,233	11,391	3,540	0,095	427,974	14,302	3,540	0,095	0,82
IN02-Ms - 23.d	19/10/2023	119,347	1,782	388,509	7,742	3,201	0,078	371,779	10,935	3,201	0,078	0,79
IN02-Ms - 24.d	19/10/2023	121,035	2,028	404,473	9,848	3,249	0,080	387,056	12,607	3,249	0,080	0,77
IN02-Ms - 25.d	19/10/2023	112,649	1,469	349,365	8,253	3,031	0,071	334,320	10,709	3,031	0,071	0,85
IN02-Bt - 1.d	19/10/2023	108,997	1,698	263,359	10,528	2,333	0,079	252,018	11,455	2,333	0,079	0,92
IN02-Bt - 2.d	19/10/2023	107,216	1,433	259,104	7,782	2,358	0,065	247,947	9,178	2,358	0,065	0,90
IN02-Bt - 3.d	19/10/2023	115,997	1,593	336,270	9,295	2,828	0,077	321,789	11,295	2,828	0,077	0,87
IN02-Bt - 4.d	19/10/2023	108,916	1,416	275,389	8,204	2,463	0,069	263,530	9,703	2,463	0,069	0,90
IN02-Bt - 5.d	19/10/2023	117,006	1,431	358,570	6,325	3,009	0,064	343,129	9,578	3,009	0,064	0,82
IN02-Bt - 6.d	19/10/2023	115,598	1,623	322,812	10,294	2,749	0,089	308,911	11,903	2,749	0,089	0,90
IN02-Bt - 7.d	19/10/2023	112,235	1,278	281,066	5,758	2,443	0,054	268,963	8,014	2,443	0,054	0,86
IN02-Bt - 8.d	19/10/2023	102,272	1,643	219,180	5,846	2,090	0,045	209,742	7,203	2,090	0,045	0,80
IN02-Bt - 9.d	19/10/2023	120,009	1,692	369,446	9,112	3,008	0,075	353,537	11,598	3,008	0,075	0,84
IN02-Bt - 10.d	19/10/2023	110,336	1,637	297,262	9,893	2,625	0,076	284,461	11,291	2,625	0,076	0,90
IN02-Bt - 11.d	19/10/2023	111,086	1,316	320,023	7,108	2,821	0,075	306,242	9,495	2,821	0,075	0,90
IN02-Bt - 12.d	19/10/2023	109,452	1,406	300,363	6,271	2,676	0,056	287,429	8,641	2,676	0,056	0,81
IN02-Bt - 13.d	19/10/2023	120,798	1,641	384,482	10,218	3,099	0,084	367,925	12,608	3,099	0,084	0,87
IN02-Bt - 14.d	19/10/2023	53,951	3,272	69,312	7,623	1,163	0,052	66,328	7,434	1,163	0,052	1,05
IN02-Bt - 15.d	19/10/2023	61,197	3,460	81,575	7,101	1,241	0,046	78,062	7,002	1,241	0,046	0,89
IN02-Bt - 16.d	19/10/2023	120,048	2,000	371,263	12,136	3,021	0,097	355,276	13,926	3,021	0,097	0,87
IN02-Bt - 17.d	19/10/2023	106,764	1,908	258,755	13,734	2,340	0,102	247,613	14,192	2,340	0,102	0,95
IN02-Bt - 18.d	19/10/2023	111,740	1,753	277,263	6,636	2,426	0,067	265,323	8,560	2,426	0,067	0,82
IN02-Bt - 19.d	19/10/2023	106,932	1,354	241,479	5,403	2,201	0,053	231,081	7,192	2,201	0,053	0,85
IN02-Bt - 20.d	19/10/2023	119,340	1,955	369,693	10,490	3,022	0,103	353,773	12,623	3,022	0,103	0,88
IN02-Bt - 21.d	19/10/2023	117,276	2,051	374,997	15,034	3,099	0,107	358,849	16,347	3,099	0,107	0,90
IN02-Bt - 22.d	19/10/2023	116,231	1,667	362,033	11,663	3,042	0,094	346,443	13,443	3,042	0,094	0,90
IN02-Bt - 23.d	19/10/2023	115,932	1,452	344,106	7,077	2,914	0,076	329,288	9,829	2,914	0,076	0,88
IN02-Bt - 24.d	19/10/2023	108,833	1,307	283,146	5,259	2,553	0,058	270,953	7,725	2,553	0,058	0,85
IN02-Bt - 25.d	19/10/2023	58,300	1,340	68,198	2,679	1,132	0,023	65,261	2,927	1,132	0,023	0,89
IN02-Bt - 26.d	19/10/2023	47,916	3,987	56,302	5,587	1,073	0,037	53,878	5,472	1,073	0,037	0,60

IN02-Bt - 27.d	19/10/2023	66,138	4,300	92,404	10,936	1,264	0,059	88,425	10,639	1,264	0,059	1,08
IN02-Bt - 28.d	19/10/2023	68,389	1,981	91,946	4,612	1,287	0,032	87,986	4,807	1,287	0,032	0,92
IN02-Bt - 29.d	19/10/2023	4,126	0,248	3,111	0,192	0,733	0,003	2,977	0,195	0,733	0,003	0,39
IN02-Bt - 30.d	19/10/2023	114,534	1,571	323,464	6,604	2,775	0,072	309,535	9,207	2,775	0,072	0,85
IN02-Bt - 31.d	19/10/2023	102,424	1,189	225,388	6,634	2,147	0,066	215,682	7,878	2,147	0,066	0,93
IN02-Bt - 32.d	19/10/2023	120,363	2,046	400,663	13,201	3,229	0,091	383,410	15,112	3,229	0,091	0,86
IN02-Bt - 33.d	19/10/2023	4,133	0,043	3,113	0,035	0,733	0,003	2,979	0,073	0,733	0,003	0,38
IN02-Bt - 34.d	19/10/2023	100,066	1,696	204,508	6,600	1,982	0,054	195,701	7,603	1,982	0,054	0,85
IN02-Bt - 35.d	19/10/2023	110,616	1,992	260,756	6,970	2,314	0,071	249,527	8,580	2,314	0,071	0,81
IN02-Bt - 36.d	19/10/2023	24,248	3,118	24,730	5,720	0,859	0,033	23,665	5,497	0,859	0,033	2,14

- Amostra IN08

Sample	Session	Uncorrected ratios						Matrix corrected ratios				rho
		$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	
IN08-Ms - 1.d	20/10/2023	9,915	0,063	7,718	0,046	0,760	0,004	7,351	0,165	0,760	0,004	0,41
IN08-Ms - 2.d	20/10/2023	8,922	0,109	6,926	0,081	0,757	0,004	6,596	0,162	0,757	0,004	0,16
IN08-Ms - 3.d	20/10/2023	9,707	0,066	7,596	0,051	0,763	0,005	7,234	0,164	0,763	0,005	0,45
IN08-Ms - 4.d	20/10/2023	9,524	0,058	7,461	0,043	0,764	0,004	7,106	0,159	0,764	0,004	0,40
IN08-Ms - 5.d	20/10/2023	11,318	0,141	8,895	0,116	0,766	0,004	8,471	0,214	0,766	0,004	0,32
IN08-Ms - 6.d	20/10/2023	10,556	0,135	8,237	0,112	0,761	0,004	7,845	0,200	0,761	0,004	0,35
IN08-Ms - 7.d	20/10/2023	9,267	0,062	7,226	0,051	0,761	0,004	6,882	0,157	0,761	0,004	0,47
IN08-Ms - 8.d	20/10/2023	10,753	0,108	8,454	0,082	0,767	0,005	8,051	0,191	0,767	0,005	0,26
IN08-Ms - 9.d	20/10/2023	8,704	0,088	6,755	0,066	0,754	0,004	6,434	0,153	0,754	0,004	0,23
IN08-Ms - 10.d	20/10/2023	7,660	0,071	5,904	0,055	0,752	0,003	5,623	0,132	0,752	0,003	0,25
IN08-Ms - 11.d	20/10/2023	6,452	0,054	4,956	0,040	0,749	0,004	4,720	0,109	0,749	0,004	0,21
IN08-Ms - 12.d	20/10/2023	8,387	0,119	6,510	0,095	0,757	0,005	6,200	0,162	0,757	0,005	0,27
IN08-Ms - 13.d	20/10/2023	2,368	0,031	1,760	0,024	0,725	0,003	1,676	0,043	0,725	0,003	0,29
IN08-Ms - 14.d	20/10/2023	7,963	0,091	6,117	0,064	0,752	0,004	5,825	0,140	0,752	0,004	0,11
IN08-Ms - 15.d	20/10/2023	4,922	0,113	3,716	0,090	0,736	0,004	3,539	0,115	0,736	0,004	0,33
IN08-Ms - 16.d	20/10/2023	14,018	0,508	11,276	0,428	0,783	0,005	10,739	0,469	0,783	0,005	0,33
IN08-Ms - 17.d	20/10/2023	7,612	0,212	5,871	0,170	0,752	0,004	5,591	0,202	0,752	0,004	0,29
IN08-Ms - 18.d	20/10/2023	9,016	0,073	7,033	0,056	0,761	0,005	6,698	0,154	0,761	0,005	0,34
IN08-Ms - 19.d	20/10/2023	10,743	0,116	8,408	0,097	0,762	0,005	8,008	0,197	0,762	0,005	0,41
IN08-Ms - 20.d	20/10/2023	10,681	0,083	8,430	0,066	0,770	0,004	8,028	0,185	0,770	0,004	0,38
IN08-Ms - 21.d	20/10/2023	8,252	0,066	6,406	0,049	0,757	0,004	6,101	0,140	0,757	0,004	0,27
IN08-Ms - 22.d	20/10/2023	9,389	0,078	7,325	0,061	0,761	0,004	6,976	0,162	0,761	0,004	0,34
IN08-Ms - 23.d	20/10/2023	8,180	0,112	6,298	0,083	0,751	0,005	5,998	0,152	0,751	0,005	0,16
IN08-Ms - 24.d	20/10/2023	9,287	0,108	7,216	0,085	0,759	0,004	6,872	0,169	0,759	0,004	0,26

IN08-Ms - 25.d	20/10/2023	12,672	0,194	10,086	0,167	0,776	0,005	9,606	0,262	0,776	0,005	0,38
IN08-Ms - 26.d	20/10/2023	9,120	0,183	7,066	0,154	0,756	0,004	6,730	0,206	0,756	0,004	0,41
IN08-Ms - 27.d	20/10/2023	8,562	0,109	6,647	0,079	0,758	0,004	6,331	0,156	0,758	0,004	0,02
IN08-Ms - 28.d	20/10/2023	9,056	0,078	7,052	0,060	0,760	0,004	6,716	0,156	0,760	0,004	0,34
IN08-Ms - 29.d	20/10/2023	7,585	0,085	5,866	0,065	0,755	0,004	5,587	0,136	0,755	0,004	0,23
IN08-Ms - 30.d	20/10/2023	6,535	0,213	5,014	0,175	0,746	0,004	4,775	0,196	0,746	0,004	0,46
IN08-Ms - 31.d	20/10/2023	8,949	0,073	6,968	0,056	0,759	0,004	6,637	0,153	0,759	0,004	0,32
IN08-Ms - 32.d	20/10/2023	7,206	0,050	5,556	0,034	0,752	0,003	5,292	0,119	0,752	0,003	0,16
IN08-Ms - 33.d	20/10/2023	7,319	0,069	5,654	0,050	0,754	0,004	5,385	0,126	0,754	0,004	0,20
IN08-Ms - 34.d	20/10/2023	7,454	0,105	5,754	0,083	0,753	0,006	5,480	0,143	0,753	0,006	0,31
IN08-Ms - 35.d	20/10/2023	8,203	0,153	6,338	0,123	0,753	0,004	6,036	0,175	0,753	0,004	0,26
IN08-Ms - 36.d	20/10/2023	8,467	0,086	6,583	0,062	0,759	0,005	6,270	0,148	0,759	0,005	0,18
IN08-Ms - 37.d	20/10/2023	7,319	0,114	5,630	0,091	0,750	0,004	5,362	0,145	0,750	0,004	0,29
IN08-Ms - 38.d	20/10/2023	7,512	0,092	5,798	0,070	0,752	0,003	5,522	0,137	0,752	0,003	0,15
IN08-Ms - 39.d	20/10/2023	6,802	0,148	5,204	0,117	0,746	0,003	4,956	0,155	0,746	0,003	0,26
IN08-Ms - 40.d	20/10/2023	9,179	0,189	7,143	0,155	0,759	0,005	6,803	0,208	0,759	0,005	0,31

- Amostra IN14

Sample	Session	Uncorrected ratios						Matrix corrected ratios				rho
		$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	
IN14 - 1.d	19/10/2023	44,152	0,629	45,169	0,796	0,996	0,010	31,122	0,862	0,917	0,008	0,59
IN14 - 2.d	19/10/2023	34,510	0,483	32,522	0,562	0,917	0,008	36,549	1,031	0,962	0,010	0,59
IN14 - 3.d	19/10/2023	38,699	0,543	38,194	0,692	0,962	0,010	30,799	0,951	0,913	0,009	0,63
IN14 - 4.d	19/10/2023	34,331	0,614	32,185	0,709	0,913	0,009	36,415	0,954	0,958	0,008	0,60
IN14 - 5.d	19/10/2023	38,725	0,483	38,054	0,562	0,958	0,008	38,174	1,058	0,972	0,011	0,54
IN14 - 6.d	19/10/2023	40,135	0,541	39,892	0,691	0,972	0,011	34,063	0,804	0,941	0,008	0,63
IN14 - 7.d	19/10/2023	36,858	0,357	35,596	0,337	0,941	0,008	32,265	0,890	0,930	0,008	0,40
IN14 - 8.d	19/10/2023	35,337	0,514	33,717	0,577	0,930	0,008	29,758	0,959	0,907	0,010	0,53
IN14 - 9.d	19/10/2023	33,400	0,627	31,097	0,743	0,907	0,010	39,368	0,988	0,979	0,009	0,64
IN14 - 10.d	19/10/2023	41,024	0,479	41,140	0,523	0,979	0,009	37,230	0,877	0,970	0,009	0,46
IN14 - 11.d	19/10/2023	39,156	0,312	38,905	0,363	0,970	0,009	41,061	2,832	1,006	0,022	0,63
IN14 - 12.d	19/10/2023	40,638	1,986	42,909	2,810	1,006	0,022	41,016	0,969	0,993	0,010	0,84
IN14 - 13.d	19/10/2023	42,072	0,346	42,861	0,408	0,993	0,010	28,978	1,394	0,913	0,013	0,64
IN14 - 14.d	19/10/2023	32,098	1,059	30,282	1,301	0,913	0,013	34,406	0,841	0,954	0,009	0,80
IN14 - 15.d	19/10/2023	36,774	0,353	35,954	0,409	0,954	0,009	36,911	1,282	0,967	0,011	0,60
IN14 - 16.d	19/10/2023	38,791	0,814	38,572	1,048	0,967	0,011	29,123	0,931	0,919	0,010	0,70
IN14 - 17.d	19/10/2023	32,239	0,624	30,433	0,716	0,919	0,010	34,969	1,236	0,952	0,010	0,59
IN14 - 18.d	19/10/2023	37,344	0,847	36,543	1,022	0,952	0,010	25,048	0,619	0,892	0,007	0,64
IN14 - 19.d	19/10/2023	28,627	0,343	26,175	0,313	0,892	0,007	30,649	1,469	0,923	0,010	0,31
IN14 - 20.d	19/10/2023	33,624	1,179	32,028	1,370	0,923	0,010	35,287	0,897	0,960	0,009	0,76
IN14 - 21.d	19/10/2023	37,469	0,476	36,875	0,493	0,960	0,009	48,104	1,229	1,044	0,010	0,43
IN14 - 22.d	19/10/2023	46,994	0,596	50,269	0,683	1,044	0,010	51,666	1,450	1,076	0,012	0,46
IN14 - 23.d	19/10/2023	48,917	0,698	53,990	0,965	1,076	0,012	47,953	2,057	1,056	0,017	0,60
IN14 - 24.d	19/10/2023	45,939	1,165	50,111	1,856	1,056	0,017	32,694	0,896	0,939	0,008	0,83

IN14 - 25.d	19/10/2023	35,412	0,486	34,165	0,575	0,939	0,008	46,233	1,228	1,028	0,012	0,58
IN14 - 26.d	19/10/2023	45,747	0,556	48,314	0,745	1,028	0,012	47,130	1,318	1,039	0,011	0,63
IN14 - 27.d	19/10/2023	46,181	0,628	49,251	0,873	1,039	0,011	28,419	1,959	0,910	0,015	0,64
IN14 - 28.d	19/10/2023	31,220	1,681	29,698	1,944	0,910	0,015	32,829	1,681	0,941	0,015	0,77
IN14 - 29.d	19/10/2023	35,170	1,224	34,306	1,592	0,941	0,015	45,310	2,084	1,023	0,015	0,82
IN14 - 30.d	19/10/2023	44,771	1,389	47,349	1,921	1,023	0,015	32,940	0,825	0,947	0,009	0,75
IN14 - 31.d	19/10/2023	35,383	0,427	34,423	0,434	0,947	0,009	28,381	0,877	0,908	0,010	0,42
IN14 - 32.d	19/10/2023	31,806	0,555	29,659	0,654	0,908	0,010	25,534	2,134	0,892	0,017	0,63
IN14 - 33.d	19/10/2023	28,370	1,835	26,683	2,155	0,892	0,017	38,558	1,052	0,979	0,011	0,87
IN14 - 34.d	19/10/2023	40,119	0,476	40,293	0,670	0,979	0,011	37,723	1,037	0,981	0,010	0,70
IN14 - 35.d	19/10/2023	39,150	0,514	39,420	0,668	0,981	0,010	21,148	0,821	0,858	0,008	0,63
IN14 - 36.d	19/10/2023	25,050	0,681	22,100	0,713	0,858	0,008	26,857	0,671	0,891	0,009	0,64
IN14 - 37.d	19/10/2023	30,702	0,334	28,066	0,351	0,891	0,009	25,092	1,280	0,881	0,011	0,55
IN14 - 38.d	19/10/2023	28,779	1,119	26,221	1,211	0,881	0,011	12,834	1,308	0,797	0,010	0,67
IN14 - 39.d	19/10/2023	15,980	1,417	13,411	1,336	0,797	0,010	37,740	1,161	0,974	0,013	0,86
IN14 - 40.d	19/10/2023	39,488	0,704	39,438	0,862	0,974	0,013	35,093	1,357	0,952	0,011	0,58
IN14 - 41.d	19/10/2023	37,308	0,925	36,672	1,176	0,952	0,011	44,629	1,206	1,018	0,010	0,75
IN14 - 42.d	19/10/2023	44,736	0,568	46,637	0,756	1,018	0,010	37,003	0,885	0,962	0,009	0,62
IN14 - 43.d	19/10/2023	39,236	0,439	38,668	0,395	0,962	0,009	34,436	0,944	0,950	0,009	0,37
IN14 - 44.d	19/10/2023	36,926	0,460	35,986	0,605	0,950	0,009	32,959	0,923	0,942	0,009	0,68
IN14 - 45.d	19/10/2023	35,689	0,461	34,442	0,612	0,942	0,009	36,155	1,041	0,960	0,009	0,70
IN14 - 46.d	19/10/2023	38,378	0,596	37,782	0,718	0,960	0,009	49,910	1,291	1,055	0,011	0,58
IN14 - 47.d	19/10/2023	48,246	0,597	52,156	0,740	1,055	0,011	36,092	1,682	0,961	0,014	0,54
IN14 - 48.d	19/10/2023	37,978	1,157	37,716	1,557	0,961	0,014	49,529	1,203	1,047	0,009	0,82
IN14 - 49.d	19/10/2023	48,262	0,499	51,758	0,572	1,047	0,009	45,318	1,337	1,003	0,010	0,47
IN14 - 50.d	19/10/2023	45,878	0,791	47,357	0,950	1,003	0,010	31,704	0,746	0,930	0,008	0,51
IN14 - 51.d	19/10/2023	34,772	0,279	33,131	0,307	0,930	0,008	32,336	0,766	0,930	0,008	0,60
IN14 - 52.d	19/10/2023	35,438	0,310	33,791	0,327	0,930	0,008	36,648	0,992	0,963	0,008	0,54
IN14 - 53.d	19/10/2023	38,711	0,521	38,297	0,622	0,963	0,008	24,826	0,688	0,884	0,007	0,56
IN14 - 54.d	19/10/2023	28,614	0,431	25,943	0,449	0,884	0,007	34,674	0,844	0,944	0,008	0,49

IN14 - 55.d	19/10/2023	37,375	0,362	36,234	0,405	0,944	0,008	42,110	1,109	1,006	0,011	0,54
IN14 - 56.d	19/10/2023	42,670	0,483	44,005	0,660	1,006	0,011	34,768	1,201	0,949	0,011	0,66
IN14 - 57.d	19/10/2023	37,265	0,780	36,333	0,979	0,949	0,011	24,932	0,899	0,884	0,009	0,68
IN14 - 58.d	19/10/2023	28,669	0,674	26,054	0,752	0,884	0,009	24,854	0,643	0,890	0,007	0,66
IN14 - 59.d	19/10/2023	28,494	0,328	25,972	0,369	0,890	0,007	31,705	1,007	0,932	0,011	0,59

- Amostra IN30A

Sample	Session	Uncorrected ratios						Matrix corrected ratios				rho
		$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	
IN30A-Bt - 3.d	18/10/2023	78,606	2,005	131,793	6,769	1,611	0,052	121,468	6,769	1,611	0,052	0,92
IN30A-Bt - 4.d	18/10/2023	63,602	1,875	82,152	3,728	1,249	0,028	75,716	3,807	1,249	0,028	0,84
IN30A-Bt - 5.d	18/10/2023	101,359	2,033	246,096	12,970	2,341	0,098	226,817	12,922	2,341	0,098	0,94
IN30A-Bt - 6.d	18/10/2023	88,065	1,627	164,725	7,375	1,807	0,062	151,820	7,549	1,807	0,062	0,92
IN30A-Bt - 7.d	18/10/2023	86,226	3,177	156,783	11,283	1,720	0,078	144,500	10,859	1,720	0,078	0,90
IN30A-Bt - 8.d	18/10/2023	92,318	2,209	191,043	12,350	1,976	0,093	176,077	12,003	1,976	0,093	0,96
IN30A-Bt - 9.d	18/10/2023	18,012	0,306	14,909	0,245	0,809	0,007	13,741	0,373	0,809	0,007	0,20
IN30A-Bt - 10.d	18/10/2023	35,659	1,692	35,363	2,193	0,948	0,019	32,593	2,141	0,948	0,019	0,81
IN30A-Bt - 11.d	18/10/2023	33,258	2,424	32,939	3,174	0,925	0,022	30,359	2,998	0,925	0,022	1,01
IN30A-Bt - 12.d	18/10/2023	59,259	2,113	74,530	4,046	1,204	0,031	68,691	4,014	1,204	0,031	0,84
IN30A-Bt - 13.d	18/10/2023	118,415	3,106	402,006	25,225	3,249	0,162	370,512	24,592	3,249	0,162	0,92
IN30A-Bt - 14.d	18/10/2023	122,778	2,338	418,139	21,704	3,297	0,153	385,381	21,672	3,297	0,153	0,93
IN30A-Bt - 15.d	18/10/2023	99,904	1,718	208,394	5,831	2,042	0,066	192,068	6,793	2,042	0,066	0,85
IN30A-Bt - 16.d	18/10/2023	96,259	2,956	207,102	17,104	2,019	0,116	190,877	16,296	2,019	0,116	0,97
IN30A-Bt - 17.d	18/10/2023	99,479	3,502	247,541	22,011	2,313	0,154	228,148	20,878	2,313	0,154	0,94
IN30A-Bt - 18.d	18/10/2023	100,101	1,856	232,049	9,577	2,258	0,085	213,870	9,966	2,258	0,085	0,89
IN30A-Bt - 19.d	18/10/2023	94,676	2,486	209,283	13,742	2,119	0,107	192,887	13,335	2,119	0,107	0,93
IN30A-Bt - 20.d	18/10/2023	110,577	1,950	309,582	8,829	2,746	0,088	285,329	10,214	2,746	0,088	0,84
IN30A-Bt - 21.d	18/10/2023	119,346	1,551	432,950	14,088	3,552	0,118	399,032	15,592	3,552	0,118	0,92
IN30A-Bt - 22.d	18/10/2023	94,110	2,714	189,623	10,438	1,931	0,074	174,768	10,336	1,931	0,074	0,87
IN30A-Bt - 23.d	18/10/2023	37,128	3,980	43,726	6,509	1,021	0,047	40,301	6,062	1,021	0,047	0,93
IN30A-Bt - 24.d	18/10/2023	107,420	1,699	280,045	9,559	2,544	0,083	258,106	10,431	2,544	0,083	0,89
IN30A-Bt - 25.d	18/10/2023	110,578	1,596	309,229	8,538	2,719	0,073	285,004	9,997	2,719	0,073	0,86
IN30A-Bt - 26.d	18/10/2023	96,710	1,291	205,528	5,125	2,082	0,051	189,427	6,253	2,082	0,051	0,85

IN30A-Bt - 27.d	18/10/2023	0,018	0,004	0,013	0,003	0,712	0,003	0,012	0,003	0,712	0,003	0,15
IN30A-Bt - 28.d	18/10/2023	105,172	2,129	266,355	9,496	2,454	0,066	245,489	10,238	2,454	0,066	0,83
IN30A-Bt - 29.d	18/10/2023	48,110	1,723	52,537	2,874	1,049	0,024	48,421	2,849	1,049	0,024	0,89
IN30A-Bt - 30.d	18/10/2023	94,462	2,291	202,666	10,233	2,073	0,078	186,789	10,261	2,073	0,078	0,89
IN30A-Bt - 31.d	18/10/2023	102,461	1,642	236,910	5,811	2,272	0,065	218,350	7,141	2,272	0,065	0,83
IN30A-Bt - 32.d	18/10/2023	110,925	1,756	299,893	11,666	2,615	0,093	276,399	12,303	2,615	0,093	0,91
IN30A-Bt - 33.d	18/10/2023	99,036	1,748	233,846	8,621	2,297	0,076	215,526	9,213	2,297	0,076	0,88
IN30A-Bt - 34.d	18/10/2023	100,431	1,766	226,962	9,241	2,191	0,074	209,182	9,645	2,191	0,074	0,90
IN30A-Bt - 35.d	18/10/2023	108,069	3,076	334,098	26,741	2,889	0,189	307,925	25,530	2,889	0,189	0,94
IN30A-Bt - 36.d	18/10/2023	124,639	1,991	511,431	14,252	4,024	0,123	471,365	16,629	4,024	0,123	0,85
IN30A-Bt - 37.d	18/10/2023	61,004	4,807	86,382	9,937	1,259	0,066	79,615	9,319	1,259	0,066	0,81
IN30A-Bt - 38.d	18/10/2023	35,520	5,629	39,627	9,662	0,980	0,065	36,523	8,940	0,980	0,065	1,20
IN30A-Bt - 39.d	18/10/2023	52,318	1,252	58,661	2,593	1,073	0,021	54,065	2,661	1,073	0,021	1,01
IN30A-Bt - 40.d	18/10/2023	48,603	2,106	53,391	3,201	1,047	0,022	49,209	3,136	1,047	0,022	0,87
IN30A-Bt - 41.d	18/10/2023	51,038	4,343	67,878	10,140	1,155	0,065	62,561	9,443	1,155	0,065	1,08

- Amostra IN204

Sample	Session	Uncorrected ratios						Matrix corrected ratios				rho
		$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	
IN204-Bt - 1.d	20/10/2023	106,304	1,933	282,666	12,746	2,565	0,083	269,206	13,464	2,565	0,083	0,94
IN204-Bt - 2.d	20/10/2023	108,007	1,880	310,050	15,763	2,767	0,114	295,285	16,315	2,767	0,114	0,95
IN204-Bt - 3.d	20/10/2023	82,983	1,980	151,940	8,623	1,748	0,067	144,705	8,789	1,748	0,067	0,95
IN204-Bt - 4.d	20/10/2023	97,615	1,356	212,603	6,828	2,116	0,054	202,479	7,841	2,116	0,054	0,91
IN204-Bt - 5.d	20/10/2023	109,077	1,536	307,072	8,542	2,718	0,068	292,450	10,306	2,718	0,068	0,86
IN204-Bt - 6.d	20/10/2023	100,676	1,550	240,094	7,990	2,320	0,064	228,661	9,076	2,320	0,064	0,89
IN204-Bt - 7.d	20/10/2023	106,229	1,297	275,882	8,544	2,540	0,073	262,744	9,926	2,540	0,073	0,92
IN204-Bt - 8.d	20/10/2023	108,258	2,102	313,346	18,159	2,779	0,127	298,425	18,460	2,779	0,127	0,96
IN204-Bt - 9.d	20/10/2023	108,620	1,431	280,898	6,711	2,523	0,055	267,522	8,622	2,523	0,055	0,84
IN204-Bt - 10.d	20/10/2023	79,630	2,119	137,991	8,880	1,648	0,069	131,420	8,922	1,648	0,069	0,96
IN204-Bt - 11.d	20/10/2023	100,392	1,323	235,866	10,841	2,276	0,089	224,634	11,411	2,276	0,089	0,96
IN204-Bt - 12.d	20/10/2023	101,139	1,852	245,515	9,949	2,347	0,071	233,823	10,741	2,347	0,071	0,91
IN204-Bt - 13.d	20/10/2023	112,469	1,910	367,872	15,281	3,170	0,108	350,354	16,408	3,170	0,108	0,92
IN204-Bt - 14.d	20/10/2023	87,724	2,816	182,740	15,175	1,938	0,111	174,038	14,934	1,938	0,111	0,96
IN204-Bt - 15.d	20/10/2023	88,395	3,473	183,922	16,807	1,907	0,110	175,164	16,449	1,907	0,110	0,96
IN204-Bt - 16.d	20/10/2023	86,410	3,471	176,382	13,567	1,889	0,094	167,982	13,422	1,889	0,094	0,89
IN204-Bt - 17.d	20/10/2023	93,279	4,063	217,808	17,078	2,148	0,114	207,436	16,872	2,148	0,114	0,85
IN204-Bt - 18.d	20/10/2023	107,251	1,715	299,088	10,052	2,703	0,070	284,845	11,385	2,703	0,070	0,89
IN204-Bt - 19.d	20/10/2023	95,300	4,386	254,760	22,798	2,412	0,154	242,629	22,338	2,412	0,154	0,87
IN204-Bt - 20.d	20/10/2023	103,746	1,375	254,865	6,883	2,394	0,058	242,729	8,399	2,394	0,058	0,87
IN204-Bt - 21.d	20/10/2023	106,479	1,364	283,632	8,506	2,595	0,071	270,126	9,989	2,595	0,071	0,90
IN204-Bt - 22.d	20/10/2023	103,776	1,398	275,128	12,734	2,533	0,090	262,027	13,387	2,533	0,090	0,98
IN204-Bt - 23.d	20/10/2023	105,436	1,772	273,252	10,640	2,505	0,074	260,240	11,592	2,505	0,074	0,92
IN204-Bt - 24.d	20/10/2023	103,266	1,891	250,899	9,407	2,361	0,066	238,951	10,343	2,361	0,066	0,88

IN204-Bt - 25.d	20/10/2023	107,398	1,089	294,554	9,659	2,659	0,083	280,527	11,020	2,659	0,083	0,95
IN204-Bt - 26.d	20/10/2023	89,795	5,252	216,055	18,236	2,137	0,121	205,767	17,929	2,137	0,121	0,72
IN204-Bt - 27.d	20/10/2023	106,235	1,347	272,425	5,558	2,506	0,051	259,453	7,715	2,506	0,051	0,81
IN204-Bt - 28.d	20/10/2023	101,594	1,592	232,275	9,308	2,214	0,062	221,214	10,074	2,214	0,062	0,96
IN204-Bt - 29.d	20/10/2023	98,531	3,081	243,220	15,822	2,326	0,106	231,638	15,880	2,326	0,106	0,90
IN204-Bt - 30.d	20/10/2023	107,449	2,366	313,196	19,943	2,758	0,132	298,282	20,059	2,758	0,132	0,96
IN204-Bt - 31.d	20/10/2023	99,044	3,015	244,055	22,408	2,285	0,144	232,434	21,926	2,285	0,144	0,99
IN204-Bt - 32.d	20/10/2023	96,833	2,121	208,845	11,396	2,096	0,083	198,900	11,675	2,096	0,083	0,94
IN204-Bt - 33.d	20/10/2023	101,317	3,514	269,311	20,154	2,482	0,135	256,486	19,980	2,482	0,135	0,90
IN204-Bt - 34.d	20/10/2023	68,596	6,214	143,060	20,946	1,661	0,143	136,247	20,165	1,661	0,143	0,82
IN204-Bt - 35.d	20/10/2023	81,800	1,682	141,975	7,583	1,645	0,055	135,214	7,792	1,645	0,055	0,99
IN204-Bt - 36.d	20/10/2023	98,737	1,984	235,958	11,901	2,280	0,076	224,722	12,333	2,280	0,076	0,97
IN204-Bt - 37.d	20/10/2023	107,232	1,713	297,599	14,908	2,658	0,104	283,427	15,466	2,658	0,104	0,97
IN204-Bt - 38.d	20/10/2023	77,103	3,672	133,380	11,301	1,588	0,078	127,029	11,108	1,588	0,078	0,88
IN204-Bt - 39.d	20/10/2023	106,736	1,797	293,777	12,471	2,658	0,089	279,788	13,330	2,658	0,089	0,93
IN204-Bt - 40.d	20/10/2023	110,778	1,482	320,987	10,165	2,824	0,080	305,702	11,724	2,824	0,080	0,91

- Amostra IN207

Sample	Session	Uncorrected ratios						Matrix corrected ratios				rho
		$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, int)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (2SE, prop)	
IN207-Bt - 1.d	20/10/2023	118,984	2,046	397,174	17,559	3,227	0,114	378,260	18,618	3,227	0,114	0,93
IN207-Bt - 2.d	20/10/2023	105,622	1,968	267,711	10,510	2,445	0,071	254,963	11,428	2,445	0,071	0,89
IN207-Bt - 3.d	20/10/2023	117,047	1,552	408,726	20,805	3,422	0,154	389,263	21,529	3,422	0,154	0,97
IN207-Bt - 4.d	20/10/2023	69,369	1,184	97,087	3,319	1,363	0,031	92,464	3,741	1,363	0,031	0,89
IN207-Bt - 5.d	20/10/2023	109,816	1,808	320,393	12,402	2,826	0,080	305,136	13,531	2,826	0,080	0,93
IN207-Bt - 6.d	20/10/2023	86,911	2,352	163,362	7,608	1,802	0,051	155,583	7,990	1,802	0,051	0,85
IN207-Bt - 7.d	20/10/2023	100,292	1,255	231,727	4,616	2,262	0,044	220,693	6,490	2,262	0,044	0,80
IN207-Bt - 8.d	20/10/2023	111,097	1,052	340,626	9,579	2,986	0,082	324,406	11,510	2,986	0,082	0,94
IN207-Bt - 9.d	20/10/2023	116,548	1,443	384,498	10,307	3,220	0,082	366,189	12,614	3,220	0,082	0,89
IN207-Bt - 10.d	20/10/2023	119,316	1,782	471,968	18,388	3,829	0,123	449,493	20,031	3,829	0,123	0,93
IN207-Bt - 11.d	20/10/2023	98,037	1,176	217,793	5,553	2,177	0,055	207,422	6,935	2,177	0,055	0,89
IN207-Bt - 12.d	20/10/2023	118,354	1,643	428,452	14,073	3,526	0,101	408,049	16,049	3,526	0,101	0,91
IN207-Bt - 13.d	20/10/2023	117,183	1,642	402,972	11,720	3,341	0,084	383,783	13,912	3,341	0,084	0,88
IN207-Bt - 14.d	20/10/2023	100,525	3,464	277,355	23,374	2,554	0,153	264,147	22,983	2,554	0,153	0,94
IN207-Bt - 15.d	20/10/2023	86,556	1,472	156,132	6,621	1,744	0,054	148,697	7,079	1,744	0,054	0,94
IN207-Bt - 16.d	20/10/2023	101,285	1,433	233,846	9,479	2,243	0,078	222,710	10,232	2,243	0,078	0,94
IN207-Bt - 17.d	20/10/2023	116,516	1,584	352,354	9,930	2,945	0,076	335,575	11,922	2,945	0,076	0,88
IN207-Bt - 18.d	20/10/2023	35,531	3,987	40,146	6,411	0,963	0,040	38,234	6,161	0,963	0,040	1,11
IN207-Bt - 19.d	20/10/2023	111,040	1,157	325,286	8,826	2,851	0,079	309,796	10,750	2,851	0,079	0,93
IN207-Bt - 20.d	20/10/2023	92,365	2,014	197,307	9,858	2,053	0,077	187,911	10,231	2,053	0,077	0,92
IN207-Bt - 21.d	20/10/2023	70,295	2,311	107,208	8,969	1,471	0,079	102,103	8,823	1,471	0,079	0,98
IN207-Bt - 22.d	20/10/2023	85,751	1,661	152,291	6,642	1,709	0,049	145,039	7,061	1,709	0,049	0,94
IN207-Bt - 23.d	20/10/2023	110,465	1,842	325,562	13,707	2,849	0,086	310,059	14,677	2,849	0,086	0,95

IN207-Bt - 24.d	20/10/2023	88,833	4,308	194,636	20,445	1,963	0,130	185,368	19,880	1,963	0,130	0,94
IN207-Bt - 25.d	20/10/2023	71,117	0,766	99,520	1,500	1,366	0,017	94,781	2,499	1,366	0,017	0,71
IN207-Bt - 26.d	20/10/2023	50,294	1,611	56,214	2,458	1,079	0,018	53,537	2,612	1,079	0,018	0,81
IN207-Bt - 27.d	20/10/2023	65,912	2,956	101,127	9,025	1,412	0,069	96,312	8,844	1,412	0,069	0,95
IN207-Bt - 28.d	20/10/2023	68,702	2,627	101,550	7,268	1,386	0,047	96,714	7,231	1,386	0,047	0,99
IN207-Bt - 29.d	20/10/2023	77,906	1,635	127,107	4,884	1,578	0,037	121,055	5,338	1,578	0,037	0,88
IN207-Bt - 30.d	20/10/2023	85,097	0,920	149,026	2,438	1,712	0,029	141,929	3,849	1,712	0,029	0,79
IN207-Bt - 31.d	20/10/2023	45,597	1,881	49,902	2,819	1,044	0,023	47,526	2,875	1,044	0,023	0,79
IN207-Bt - 32.d	20/10/2023	113,965	1,974	381,883	16,665	3,243	0,113	363,698	17,715	3,243	0,113	0,93
IN207-Bt - 33.d	20/10/2023	89,183	3,184	208,141	22,646	2,122	0,165	198,229	21,990	2,122	0,165	0,98
IN207-Bt - 34.d	20/10/2023	123,447	1,573	545,088	13,281	4,347	0,126	519,132	16,915	4,347	0,126	0,90
IN207-Bt - 35.d	20/10/2023	109,792	2,379	347,609	21,132	3,038	0,156	331,056	21,362	3,038	0,156	0,94
IN207-Bt - 36.d	20/10/2023	111,163	1,435	373,134	17,267	3,261	0,134	355,365	18,153	3,261	0,134	0,96
IN207-Bt - 37.d	20/10/2023	107,313	1,902	270,210	9,219	2,438	0,062	257,343	10,397	2,438	0,062	0,86
IN207-Bt - 38.d	20/10/2023	120,405	1,684	467,278	12,511	3,787	0,092	445,027	15,319	3,787	0,092	0,85
IN207-Bt - 39.d	20/10/2023	118,984	1,436	442,595	9,838	3,662	0,089	421,519	13,074	3,662	0,089	0,87
IN207-Bt - 40.d	20/10/2023	60,957	1,669	78,461	3,744	1,237	0,028	74,725	3,915	1,237	0,028	1,28

ANEXO E–Tabelas das análises geocronológicas U-Pb LA-ICP-MS

- Amostra IN03 Rt

SPOT	U(ppm)	Th(ppm)	Th / U	Isotope ratios							Age (Ma)						%
				²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ(%)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ(%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ(%)	ρ	Pb ²⁰⁶ /U ²³⁸	2σ (abs)	Pb ²⁰⁷ /U ²³⁵	2σ (abs)	Pb ²⁰⁷ /Pb ²⁰⁶	2σ(abs)	
143Pt5.exp	0,030	0,011	0,3597	0,394	3,48	45,633	12,83	0,847	12,35	0,96	3956,0154	375,81	3901,406	139,64	3873,457	53,47	102,13
145Pt5.exp	0,511	-0,002	-0,004	0,131	0,86	7,181	3,59	0,397	3,48	0,97	2157,34716	64,13	2134,174	34,39	2111,934	15,17	102,15
146Pt5.exp	0,113	-0,003	-0,025	0,146	1,18	8,949	2,20	0,444	1,85	0,84	2367,49531	36,82	2332,789	22,37	2302,563	20,37	102,82
147Pt5.exp	0,581	0,139	0,2394	0,211	11,27	16,407	15,84	0,564	11,13	0,70	2884,43672	264,17	2900,823	166,69	2912,217	195,40	99,05
154Pt5.exp	0,197	-0,003	-0,016	0,128	1,52	7,065	3,22	0,399	2,83	0,88	2166,28142	52,36	2119,620	30,94	2074,656	27,08	104,42
155Pt5.exp	0,280	0,000	0,0009	0,152	2,86	9,209	4,20	0,440	3,09	0,73	2348,67769	61,03	2358,999	41,38	2367,933	49,56	99,19
156Pt5.exp	0,250	-0,002	-0,009	0,140	1,27	8,006	3,09	0,416	2,82	0,91	2242,67631	53,64	2231,709	30,32	2221,661	22,17	100,95
157Pt5.exp	0,228	0,012	0,0526	0,229	11,23	14,189	13,84	0,449	8,08	0,58	2389,0507	163,32	2762,429	142,92	3047,849	192,32	78,38
158Pt5.exp	0,167	0,001	0,0032	0,092	2,93	5,068	7,11	0,402	6,47	0,91	2176,88837	120,69	1830,766	63,73	1457,060	56,81	149,40
159Pt5.exp	0,294	-0,002	-0,007	0,125	1,41	6,546	3,08	0,379	2,73	0,89	2069,49886	48,58	2052,047	29,32	2034,558	25,17	101,72
164Pt5.exp	0,169	0,002	0,0128	0,159	1,68	9,978	3,18	0,456	2,69	0,85	2419,69597	54,59	2432,783	31,94	2443,746	28,75	99,02
165Pt5.exp	0,151	0,248	1,6411	0,393	4,97	22,030	15,04	0,407	14,20	0,94	2200,20474	270,19	3185,058	160,48	3881,676	76,93	56,68
166Pt5.exp	0,097	0,004	0,0465	0,252	12,85	21,512	13,19	0,619	2,99	0,23	3107,35383	74,27	3161,931	139,56	3196,753	219,41	97,20
167Pt5.exp	0,029	0,041	1,4085	0,604	2,76	81,204	7,30	0,980	6,76	0,93	4405,12442	219,39	4477,032	80,02	4509,609	40,70	97,68
168Pt5.exp	0,036	0,002	0,0637	0,184	2,78	12,916	7,17	0,509	6,61	0,92	2651,71078	145,27	2673,531	72,27	2690,076	46,62	98,57
169Pt5.exp	0,082	0,002	0,0201	0,183	2,25	12,807	3,13	0,509	2,18	0,70	2650,37908	47,57	2665,565	32,36	2677,108	37,72	99,00
170Pt5.exp	0,332	0,334	1,0082	0,471	5,15	40,728	22,91	0,628	22,32	0,97	3140,23872	580,19	3788,580	260,17	4151,777	78,46	75,64
173Pt5.exp	0,176	0,061	0,3462	0,307	5,95	21,614	8,65	0,511	6,28	0,73	2660,94468	138,46	3166,552	90,48	3504,730	95,14	75,92
174Pt5.exp	0,150	0,006	0,0368	0,219	7,79	14,010	9,95	0,463	6,18	0,62	2454,74042	127,42	2750,365	101,35	2975,163	131,45	82,51
175Pt5.exp	0,149	-0,001	-0,007	0,427	11,34	48,032	17,87	0,815	13,81	0,77	3842,64879	412,71	3952,357	198,85	4008,507	180,92	95,86
176Pt5.exp	0,118	0,068	0,5764	0,296	8,76	17,212	9,44	0,422	3,52	0,37	2268,86683	67,59	2946,741	97,45	3449,021	142,93	65,78
177Pt5.exp	0,380	0,000	8E-06	0,110	1,36	4,415	12,26	0,291	12,18	0,99	1646,8721	179,51	1715,074	108,38	1799,387	25,04	91,52
178Pt5.exp	0,099	0,231	2,3258	0,392	2,66	22,400	3,90	0,415	2,85	0,73	2236,87964	54,13	3201,226	41,53	3877,309	40,71	57,69
179Pt5.exp	0,130	-0,003	-0,025	0,136	1,84	7,431	3,81	0,397	3,33	0,88	2156,70375	61,41	2164,706	36,60	2172,304	32,36	99,28
180Pt5.exp	0,426	0,389	0,9112	0,320	9,59	19,568	16,11	0,443	12,95	0,80	2363,69346	261,48	3070,253	171,60	3571,860	155,84	66,18

- Amostra IN03 Zr

SPOT	U(ppm)	Th(ppm)	Th / U	Isotope ratios							Age (Ma)						%
				²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ(%)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ(%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ(%)	ρ	Pb ²⁰⁶ /U ²³⁸	2σ (abs)	Pb ²⁰⁷ /U ²³⁵	2σ (abs)	Pb ²⁰⁷ /Pb ²⁰⁶	2σ(abs)	
1.sSMPABC252	76,359	21,780	0,285	0,128	3,55	6,832	3,93	0,386	1,70	0,43	2103,528	30,53	2089,887	37,32	2076,476	63,83	101,30
1.sSMPABC254	64,758	54,949	0,849	0,292	2,21	24,977	2,51	0,624	1,19	0,47	3114,534	29,40	3307,317	27,75	3426,335	34,71	90,90
1.sSMPABC256	166,228	13,784	0,083	0,135	1,52	7,539	1,96	0,404	1,23	0,63	2186,460	22,82	2177,684	19,67	2169,426	26,80	100,79
1.sSMPABC259	91,258	38,447	0,421	0,134	2,52	6,780	3,18	0,368	1,94	0,61	2018,830	33,68	2083,178	30,38	2147,401	44,65	94,01
1.sSMPABC270	93,748	15,320	0,163	0,136	1,84	7,599	2,16	0,406	1,14	0,53	2194,728	21,21	2184,702	21,59	2175,303	32,42	100,89
1.sSMPABC275	111,110	36,768	0,331	0,136	1,70	7,412	1,97	0,396	0,99	0,50	2151,332	18,18	2162,451	19,71	2173,023	29,88	99,00
1.sSMPABC277	35,386	23,499	0,664	0,137	4,10	7,693	4,49	0,409	1,84	0,41	2208,715	34,47	2195,779	43,17	2183,722	73,15	101,14
1.sSMPABC288	66,775	39,077	0,585	0,146	4,60	7,820	5,24	0,388	2,52	0,48	2113,279	45,52	2210,558	50,31	2302,001	81,25	91,80
1.sSMPABC294	134,745	76,894	0,571	0,227	1,47	17,450	2,70	0,557	2,26	0,84	2852,222	52,41	2959,897	28,92	3033,913	23,68	94,01
1.sSMPABC296	81,106	80,981	0,998	0,192	3,08	12,549	3,59	0,475	1,85	0,51	2506,292	38,50	2646,408	36,73	2755,354	51,50	90,96
1.sSMPABC298	89,691	79,975	0,892	0,218	2,21	16,741	2,78	0,556	1,69	0,61	2850,548	39,00	2920,142	29,61	2968,469	36,02	96,03
1.sSMPABC299	75,298	54,332	0,722	0,128	2,54	6,568	2,84	0,371	1,25	0,44	2033,304	21,83	2055,119	27,15	2077,073	45,51	97,89
1.sSMPABC307	153,728	400,203	2,603	0,244	2,72	18,261	5,29	0,544	4,54	0,86	2798,457	103,88	3003,591	54,98	3143,922	43,94	89,01
1.sSMPABC309	110,442	52,939	0,479	0,156	3,58	8,508	4,51	0,396	2,74	0,61	2150,957	50,25	2286,787	43,86	2410,510	62,17	89,23
1.sSMPABC315	39,880	61,257	1,536	0,169	3,01	11,557	3,91	0,495	2,50	0,64	2591,777	53,55	2569,231	39,53	2551,490	51,27	101,58
1.sSMPABC316	922,441	5612,048	6,084	0,752	5,24	104,201	9,62	1,005	8,06	0,84	4482,842	265,89	4727,494	105,85	4834,083	77,09	92,73
1.sSMPABC318	174,061	162,947	0,936	0,147	1,69	7,843	1,96	0,387	0,99	0,51	2109,571	17,81	2213,159	19,78	2310,496	29,28	91,30
1.sSMPABC319	75,985	48,339	0,636	0,192	1,79	15,637	2,07	0,592	1,04	0,50	2996,534	24,89	2854,870	22,50	2756,360	29,65	108,71
1.sSMPABC329	129,354	30,631	0,237	0,134	3,08	6,454	3,73	0,349	2,11	0,57	1930,922	35,28	2039,627	35,17	2151,437	54,75	89,75
1.sSMPABC330	68,552	84,726	1,236	0,141	12,66	7,825	15,75	0,403	9,38	0,60	2180,948	175,87	2211,064	154,66	2239,094	237,20	97,40
1.sSMPABC332	98,736	83,321	0,844	0,140	21,28	8,267	23,30	0,427	9,50	0,41	2291,080	185,93	2260,690	238,50	2233,303	424,03	102,59
1.sSMPABC347	113,497	159,154	1,402	0,153	1,75	8,835	2,90	0,419	2,32	0,80	2257,840	44,30	2321,138	28,91	2377,288	30,06	94,98
1.sSMPABC349	111,986	112,244	1,002	0,131	3,41	7,116	3,74	0,395	1,52	0,41	2145,073	27,85	2126,010	35,72	2107,627	61,11	101,78
1.sSMPABC351	77,927	75,426	0,968	0,145	3,69	8,055	4,31	0,404	2,22	0,51	2188,169	41,24	2237,256	41,66	2282,484	64,97	95,87
1.sSMPABC353	119,750	21,585	0,180	0,132	1,77	6,522	2,19	0,359	1,29	0,59	1979,426	22,00	2048,938	21,34	2119,640	31,42	93,38
1.sSMPABC354	28,558	34,700	1,215	0,252	4,33	21,063	4,83	0,606	2,13	0,44	3052,591	52,07	3141,510	50,74	3198,824	70,22	95,43
1.sSMPABC357	52,412	33,648	0,642	0,159	17,11	8,952	18,25	0,409	6,37	0,35	2208,604	120,19	2333,137	184,08	2443,928	323,01	90,37
1.sSMPABC359	30,948	45,953	1,485	0,196	6,79	14,777	8,86	0,548	5,69	0,64	2816,044	131,16	2800,973	90,43	2790,140	115,73	100,93
1.sSMPABC367	25,840	43,918	1,700	0,194	5,37	12,952	6,27	0,484	3,25	0,52	2545,082	68,69	2676,160	63,31	2776,747	90,79	91,66
1.sSMPABC369	67,410	39,395	0,584	0,227	2,48	19,147	2,95	0,612	1,59	0,54	3078,808	39,13	3049,274	31,61	3029,871	40,32	101,62

1.sSMPABC374	67,914	67,992	1,004	0,137	103,74	6,604	104,78	0,350	14,70	0,14	1936,330	250,64	2059,484	1781,37	2185,101	15446,94	88,62
1.sSMPABC376	151,519	132,695	0,876	0,192	2,52	14,404	2,90	0,543	1,44	0,50	2795,226	32,67	2776,692	30,39	2763,252	41,90	101,16
1.sSMPABC396	38,382	50,657	1,320	0,154	2,59	8,328	2,85	0,400	1,20	0,42	2167,241	22,08	2267,363	28,23	2358,944	44,88	91,87
1.sSMPABC397	125,896	103,147	0,819	0,146	2,03	7,679	3,27	0,381	2,56	0,78	2080,162	45,73	2194,175	31,76	2302,492	35,22	90,34
1.sSMPABC399	62,044	62,345	1,005	0,179	20,60	10,203	21,04	0,413	4,29	0,20	2229,672	81,32	2453,374	218,04	2644,366	390,29	84,32
1.sSMPABC412	47,572	36,465	0,767	0,148	7,96	8,650	8,50	0,423	2,98	0,35	2272,275	57,41	2301,841	82,50	2328,186	143,16	97,60
1.sSMPABC416	58,923	26,785	0,455	0,133	3,20	7,364	3,79	0,402	2,03	0,54	2179,915	37,71	2156,624	36,41	2134,523	57,09	102,13
1.sSMPABC428	39,324	37,245	0,947	0,138	3,20	7,807	3,72	0,410	1,90	0,51	2215,517	35,80	2209,068	36,06	2203,091	56,63	100,56
1.sSMPABC429	91,246	67,948	0,745	0,172	1,79	11,114	2,08	0,470	1,05	0,51	2481,650	21,75	2532,768	21,85	2573,976	30,27	96,41
1.sSMPABC436	81,902	40,028	0,489	0,129	2,47	6,987	3,09	0,393	1,86	0,60	2136,373	33,99	2109,750	29,75	2083,891	44,08	102,52
1.sSMPABC437	50,811	17,499	0,344	0,131	2,31	7,455	2,58	0,412	1,15	0,45	2222,826	21,71	2167,582	25,36	2115,673	41,12	105,06
1.sSMPABC448	120,091	97,799	0,814	0,117	2,34	4,783	2,60	0,296	1,13	0,43	1671,815	16,63	1781,925	23,66	1913,435	42,61	87,37
1.sSMPABC449	99,760	133,740	1,341	0,243	2,26	18,501	3,36	0,553	2,49	0,74	2836,163	57,44	3016,150	35,65	3138,395	36,35	90,37
1.sSMPABC452	138,208	132,230	0,957	0,137	1,48	7,668	1,66	0,407	0,75	0,45	2199,361	14,01	2192,833	17,00	2186,735	25,95	100,58
1.sSMPABC456	589,824	2527,317	4,285	0,738	2,74	102,673	17,01	1,009	16,79	0,99	4496,530	567,84	4712,635	191,47	4806,886	39,78	93,54
1.sSMPABC460	18,880	17,081	0,905	0,157	3,30	9,396	3,60	0,435	1,43	0,40	2326,051	28,05	2377,412	35,69	2421,737	57,06	96,05
1.sSMPABC467	69,525	76,206	1,096	0,244	4,18	19,063	5,89	0,566	4,16	0,71	2891,260	97,55	3045,015	61,23	3148,105	67,96	91,84
1.sSMPABC475	57,636	75,232	1,305	0,134	2,15	7,633	2,54	0,414	1,36	0,53	2233,915	25,73	2188,778	25,07	2146,749	38,02	104,06
1.sSMPABC477	49,798	45,516	0,914	0,160	2,58	8,924	2,91	0,405	1,35	0,46	2192,186	25,06	2330,254	29,02	2453,487	44,29	89,35

- Amostra IN04

SPOT	U(ppm)	Th(ppm)	Th / U	Isotope ratios							Age (Ma)						Concord.
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ (%)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ (%)	ρ	$\text{Pb}^{206}/\text{U}^{238}$	2 σ (abs)	$\text{Pb}^{207}/\text{U}^{235}$	2 σ (abs)	$\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{206}$	2 σ (abs)	
1.sSMPABC007	41,362	114,275	2,763	0,136	2,37	7,460	3,39	0,396	2,41	0,71	2152,875	44,35	2168,244	32,74	2182,824	41,92	98,63
1.sSMPABC009	79,974	41,209	0,515	0,131	3,62	7,186	3,99	0,397	1,69	0,42	2154,154	31,06	2134,803	38,14	2116,226	64,80	101,79
1.sSMPABC010	43,788	99,512	2,273	0,195	3,65	14,687	4,46	0,546	2,56	0,57	2810,046	58,62	2795,167	45,80	2784,447	61,04	100,92
1.sSMPABC011	73,315	11,453	0,156	0,136	3,11	7,443	3,58	0,397	1,77	0,49	2154,074	32,53	2166,153	34,53	2177,618	55,22	98,92
1.sSMPABC012	32,931	16,940	0,514	0,227	1,73	18,828	2,17	0,603	1,32	0,61	3041,166	32,11	3033,055	23,93	3027,686	27,97	100,45
1.sSMPABC015	28,395	19,269	0,679	0,197	3,92	14,739	5,03	0,543	3,15	0,63	2796,263	71,90	2798,566	51,47	2800,227	65,54	99,86
1.sSMPABC017	17,898	14,811	0,828	0,147	8,72	8,664	9,01	0,428	2,26	0,25	2297,896	43,83	2303,309	87,56	2308,113	158,04	99,56
1.sSMPABC018	34,392	47,104	1,370	0,128	2,85	6,657	3,12	0,378	1,26	0,4	2067,590	22,29	2066,986	29,76	2066,384	51,16	100,06
1.sSMPABC028	150,092	101,351	0,675	0,130	1,72	6,920	2,25	0,386	1,45	0,64	2102,091	26,08	2101,248	22,06	2100,423	30,52	100,08
1.sSMPABC030	48,610	14,719	0,303	0,109	2,79	4,880	3,11	0,323	1,36	0,44	1805,773	21,41	1798,807	28,14	1790,740	51,78	100,84
1.sSMPABC031	86,577	82,044	0,948	0,136	1,77	7,585	2,20	0,404	1,31	0,59	2189,642	24,27	2183,129	21,90	2177,015	31,15	100,58
1.sSMPABC034	66,212	34,219	0,517	0,129	4,39	6,907	5,25	0,389	2,88	0,55	2120,324	52,33	2099,550	49,57	2079,250	79,40	101,98
1.sSMPABC035	131,978	67,088	0,508	0,133	2,24	7,117	2,97	0,387	1,94	0,65	2107,893	35,03	2126,144	28,69	2143,836	39,75	98,32
1.sSMPABC038	50,768	13,109	0,258	0,225	2,46	18,662	2,92	0,602	1,57	0,54	3036,908	38,12	3024,495	31,29	3016,256	40,12	100,68
1.sSMPABC040	14,058	7,127	0,507	0,294	7,79	29,828	9,28	0,735	5,04	0,54	3552,870	139,04	3481,177	98,58	3440,179	126,50	103,28
1.sSMPABC047	28,850	23,192	0,804	0,195	3,28	14,245	4,42	0,531	2,96	0,67	2744,216	66,38	2766,147	45,30	2782,188	54,86	98,64
1.sSMPABC049	41,426	34,665	0,837	0,132	2,95	6,979	3,34	0,384	1,57	0,47	2096,055	28,19	2108,721	31,99	2121,100	52,54	98,82
1.sSMPABC051	52,234	19,360	0,371	0,130	2,52	6,939	2,83	0,388	1,30	0,46	2115,011	23,44	2103,644	27,37	2092,545	44,97	101,07
1.sSMPABC053	21,358	6,517	0,305	0,132	8,19	7,197	8,79	0,396	3,20	0,36	2152,870	58,80	2136,175	83,42	2120,154	150,95	101,54
1.sSMPABC054	45,173	38,086	0,843	0,130	2,85	6,781	3,54	0,379	2,10	0,59	2073,714	37,38	2083,277	33,72	2092,743	51,01	99,09
1.sSMPABC055	81,779	24,395	0,298	0,138	3,51	7,560	4,48	0,397	2,79	0,62	2156,126	51,25	2180,163	42,96	2202,859	62,28	97,88
1.sSMPABC056	68,698	48,119	0,700	0,177	2,01	12,110	2,49	0,497	1,46	0,59	2600,796	31,41	2612,970	25,96	2622,417	33,82	99,18
1.sSMPABC060	39,385	11,248	0,286	0,162	10,80	9,827	16,60	0,441	12,61	0,76	2354,471	253,70	2418,725	167,92	2473,248	194,82	95,20
1.sSMPABC068	60,523	14,037	0,232	0,135	4,51	7,668	5,74	0,413	3,56	0,62	2229,388	67,51	2192,863	54,91	2158,881	80,79	103,27
1.sSMPABC069	89,275	30,972	0,347	0,127	2,91	6,641	3,68	0,380	2,26	0,61	2075,984	40,23	2064,800	34,88	2053,656	52,24	101,09
1.sSMPABC072	17,084	49,368	1,134	0,135	7,95	8,753	9,38	0,472	4,99	0,53	2491,131	103,93	2312,618	91,36	2158,528	145,67	115,41
1.sSMPABC076	169,801	35,451	0,209	0,098	1,89	3,755	2,23	0,279	1,19	0,53	1587,764	16,82	1583,230	19,49	1577,196	35,73	100,67
1.sSMPABC077	90,196	23,834	0,264	0,127	2,82	6,422	3,33	0,368	1,77	0,53	2019,461	30,80	2035,229	31,52	2051,253	50,66	98,45
1.sSMPABC087	101,394	25,847	0,255	0,128	3,03	6,647	3,60	0,377	1,95	0,54	2064,389	34,55	2065,555	34,16	2066,719	54,37	99,89
1.sSMPABC088	29,033	5,056	0,174	0,248	2,04	21,899	2,48	0,640	1,41	0,57	3189,451	35,69	3179,246	27,25	3172,811	32,65	100,52

1.sSMPABC089	34,769	7,319	0,211	0,133	2,86	7,282	3,23	0,398	1,52	0,47	2158,575	27,95	2146,556	31,23	2135,075	50,82	101,10
1.sSMPABC091	63,963	24,326	0,380	0,128	2,16	6,722	2,87	0,381	1,89	0,66	2079,502	33,72	2075,493	27,57	2071,516	38,55	100,39
1.sSMPABC095	25,349	11,261	0,444	0,122	4,36	5,905	4,68	0,352	1,71	0,36	1941,799	28,69	1961,899	43,24	1983,169	79,70	97,91
1.sSMPABC097	175,317	90,699	0,517	0,191	2,32	13,981	3,17	0,532	2,16	0,68	2748,968	48,50	2748,394	32,98	2747,973	38,68	100,04
1.sSMPABC100	58,414	29,515	0,505	0,133	5,63	7,452	6,56	0,405	3,37	0,51	2193,244	62,96	2167,195	62,42	2142,614	101,84	102,36
1.sSMPABC109	89,480	10,314	0,115	0,135	2,46	7,624	3,24	0,409	2,12	0,65	2208,821	39,75	2187,667	31,52	2167,893	43,47	101,89
1.sSMPABC112	52,746	27,177	0,515	0,144	3,66	8,555	3,94	0,430	1,44	0,37	2305,968	27,94	2291,833	38,49	2279,253	64,51	101,17
1.sSMPABC113	48,787	51,462	1,055	0,184	3,10	13,164	3,59	0,520	1,80	0,5	2700,028	39,85	2691,464	36,85	2685,039	52,22	100,56
1.sSMPABC115	95,448	8,661	0,091	0,208	4,61	15,031	5,25	0,525	2,50	0,48	2721,011	55,78	2817,226	53,78	2886,829	76,96	94,26
1.sSMPABC118	102,859	64,436	0,626	0,140	10,11	7,586	10,50	0,392	2,86	0,27	2131,875	52,21	2183,210	100,80	2231,798	186,31	95,52
1.sSMPABC120	107,828	29,593	0,274	0,129	1,80	6,724	2,18	0,378	1,23	0,57	2067,795	21,81	2075,784	21,30	2083,720	31,93	99,24
1.sSMPABC128	144,168	53,647	0,372	0,134	1,89	6,727	2,41	0,364	1,49	0,62	2003,176	25,71	2076,135	23,41	2149,318	33,47	93,20
1.sSMPABC132	145,521	83,847	0,576	0,128	1,93	6,730	2,91	0,380	2,18	0,75	2078,065	38,76	2076,550	27,89	2075,047	34,33	100,15
1.sSMPABC137	44,051	30,625	0,695	0,134	2,61	7,336	3,06	0,398	1,60	0,52	2158,912	29,38	2153,182	29,70	2147,722	46,40	100,52
1.sSMPABC138	91,138	74,345	0,816	0,207	3,62	15,798	4,32	0,554	2,37	0,55	2842,739	54,60	2864,635	44,72	2880,070	60,03	98,70
1.sSMPABC139	72,223	31,749	0,440	0,147	2,08	8,788	2,39	0,433	1,19	0,5	2319,594	23,20	2316,281	24,15	2313,362	36,08	100,27
1.sSMPABC147	71,493	69,466	0,972	0,131	2,50	7,020	2,83	0,389	1,33	0,47	2118,918	24,07	2113,976	27,42	2109,171	44,58	100,46
1.sSMPABC150	30,362	18,139	0,597	0,111	3,47	5,070	3,74	0,331	1,41	0,38	1843,755	22,64	1831,119	33,89	1816,782	64,32	101,48
1.sSMPABC151	79,781	54,597	0,684	0,318	2,74	32,720	3,42	0,746	2,03	0,6	3593,924	56,25	3572,215	37,45	3560,066	42,89	100,95
1.sSMPABC157	97,582	75,798	0,777	0,127	3,96	6,497	4,48	0,370	2,10	0,47	2030,479	36,76	2045,526	42,05	2060,731	71,50	98,53
1.sSMPABC158	94,444	94,680	1,002	0,131	1,70	7,106	2,18	0,392	1,36	0,63	2133,049	24,81	2124,737	21,52	2116,704	30,13	100,77
1.sSMPABC159	25,288	15,832	0,626	0,251	2,57	22,389	2,87	0,647	1,27	0,44	3214,936	32,34	3200,753	31,17	3191,876	41,27	100,72
1.sSMPABC168	65,752	42,571	0,647	0,136	2,32	7,511	2,61	0,400	1,20	0,46	2169,844	22,21	2174,262	25,63	2178,433	40,90	99,61
1.sSMPABC171	124,277	92,768	0,746	0,197	6,47	14,279	7,82	0,526	4,38	0,56	2723,583	98,14	2768,392	79,47	2801,221	109,97	97,23
1.sSMPABC173	47,697	34,418	0,722	0,138	3,17	7,786	3,72	0,410	1,94	0,52	2216,067	36,57	2206,540	35,98	2197,702	56,06	100,84
1.sSMPABC174	26,029	20,806	0,799	0,104	6,72	4,168	7,42	0,291	3,15	0,42	1645,167	45,91	1667,681	64,14	1696,138	129,28	96,99
1.sSMPABC175	163,491	209,538	1,282	0,131	2,18	7,050	2,90	0,391	1,90	0,66	2127,883	34,62	2117,773	28,01	2107,970	38,82	100,94
1.sSMPABC176	71,026	41,795	0,588	0,129	2,34	6,959	2,81	0,390	1,55	0,55	2122,324	28,08	2106,275	27,17	2090,636	41,81	101,52
1.sSMPABC178	85,760	43,122	0,503	0,131	2,24	6,912	2,57	0,384	1,27	0,49	2094,410	22,81	2100,161	24,99	2105,800	39,79	99,46
1.sSMPABC187	43,424	28,667	0,660	0,138	2,39	7,602	2,77	0,401	1,40	0,51	2173,408	25,96	2185,070	27,18	2196,034	42,18	98,97
1.sSMPABC192	139,609	94,906	0,680	0,189	4,32	13,655	5,00	0,524	2,51	0,5	2716,768	55,97	2726,066	50,84	2732,962	72,88	99,41
1.sSMPABC194	96,447	40,556	0,420	0,134	2,65	7,463	3,12	0,403	1,64	0,53	2184,705	30,52	2168,502	30,26	2153,201	46,99	101,46
1.sSMPABC197	62,604	75,680	1,209	0,210	12,89	15,762	13,19	0,544	2,79	0,21	2801,967	63,74	2862,453	136,92	2905,305	225,89	96,44
1.sSMPABC208	89,368	56,062	0,627	0,190	3,06	13,276	3,86	0,506	2,35	0,61	2639,265	51,07	2699,498	39,51	2744,906	51,20	96,15
1.sSMPABC209	78,156	23,539	0,301	0,203	1,49	15,682	1,91	0,561	1,19	0,62	2870,202	27,59	2857,644	20,96	2848,802	24,50	100,75
1.sSMPABC210	95,105	59,701	0,628	0,147	7,35	8,426	7,55	0,417	1,72	0,23	2245,031	32,71	2277,997	72,92	2307,717	131,93	97,28
1.sSMPABC213	66,762	54,372	0,814	0,133	3,53	6,586	3,90	0,359	1,65	0,42	1975,574	28,06	2057,526	36,80	2140,660	63,11	92,29

1.sSMPABC216	77,375	20,921	0,270	0,129	2,47	6,893	2,81	0,387	1,35	0,48	2107,694	24,31	2097,721	27,15	2087,952	44,07	100,95
1.sSMPABC220	69,374	34,150	0,492	0,136	4,28	7,104	7,63	0,378	6,32	0,83	2065,179	112,73	2124,588	72,21	2182,577	76,38	94,62
1.sSMPABC228	34,292	12,565	0,366	0,135	2,57	7,526	2,94	0,405	1,42	0,48	2192,762	26,39	2176,128	28,63	2160,480	45,57	101,49
1.sSMPABC231	66,337	24,960	0,376	0,133	4,01	7,104	4,94	0,387	2,89	0,59	2107,559	52,22	2124,506	46,89	2140,946	71,83	98,44
1.sSMPABC235	86,801	20,496	0,236	0,129	1,83	6,924	2,35	0,389	1,48	0,63	2116,359	26,82	2101,752	23,00	2087,483	32,49	101,38
1.sSMPABC237	62,187	25,406	0,409	0,131	2,43	7,305	2,75	0,404	1,30	0,47	2188,538	24,10	2149,468	26,80	2112,341	43,17	103,61
1.sSMPABC239	3,220	0,602	0,187	0,219	11,82	17,301	11,96	0,573	1,85	0,16	2920,124	43,70	2951,656	124,42	2973,219	204,42	98,21
1.sSMPABC240	39,384	14,159	0,360	0,131	5,28	7,075	5,62	0,390	1,90	0,34	2124,778	34,53	2120,907	53,12	2117,157	95,65	100,36

- Amostra IN08

SPOT	U(ppm)	Th(ppm)	Th / U	Isotope ratios							Age (Ma)						Concord.
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ (%)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ (%)	ρ	$\text{Pb}^{206}/\text{U}^{238}$	2 σ (abs)	$\text{Pb}^{207}/\text{U}^{235}$	2 σ (abs)	$\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{206}$	2 σ (abs)	
1.sSMPABC007	53,319	2224,948	41,729	0,221	4,60	3,582	5,86	0,117	3,63	0,62	715,654	24,67	1545,626	49,01	2990,060	76,02	23,93
1.sSMPABC008	53,727	2193,079	40,819	0,252	3,29	4,257	4,29	0,123	2,77	0,64	745,230	19,49	1685,019	37,45	3196,821	52,95	23,31
1.sSMPABC009	52,045	2088,766	40,134	0,272	4,27	4,606	5,17	0,123	2,91	0,56	747,949	20,59	1750,375	45,60	3314,966	68,53	22,56
1.sSMPABC010	52,408	2111,442	40,289	0,264	3,21	4,469	4,17	0,123	2,66	0,64	745,396	18,77	1725,267	36,75	3273,283	51,41	22,77
1.sSMPABC011	411,227	364,041	0,885	0,062	4,80	0,883	5,97	0,104	3,56	0,60	638,420	21,67	642,540	29,41	657,051	106,40	97,16
1.sSMPABC012	458,517	419,476	0,915	0,061	2,73	0,843	3,63	0,101	2,39	0,66	618,970	14,13	620,826	17,56	627,599	60,03	98,63
1.sSMPABC013	39,048	1645,218	42,134	0,155	6,06	2,218	6,75	0,103	2,96	0,44	634,756	17,95	1186,853	49,41	2407,129	106,87	26,37
1.sSMPABC014	457,220	724,911	1,585	0,396	2,67	13,409	4,94	0,246	4,16	0,84	1415,975	53,08	2708,917	50,23	3893,627	40,78	36,37
1.sSMPABC015	133,325	114,253	0,857	0,177	2,53	12,541	3,83	0,513	2,87	0,75	2670,345	63,07	2645,824	39,04	2627,125	42,76	101,65
1.sSMPABC017	128,030	105,983	0,828	0,130	2,68	7,016	3,88	0,392	2,81	0,72	2133,329	51,17	2113,460	36,95	2094,180	47,79	101,87
1.sSMPABC018	132,952	166,916	1,255	0,139	2,65	7,861	3,73	0,409	2,63	0,70	2210,810	49,41	2215,205	36,19	2219,273	46,66	99,62
1.sSMPABC019	112,824	70,724	0,627	0,153	4,16	6,765	4,99	0,320	2,74	0,55	1790,155	43,04	2081,202	46,95	2382,983	72,69	75,12
1.sSMPABC028	53,832	90,689	1,685	0,203	2,62	15,359	3,55	0,550	2,40	0,68	2823,124	55,07	2837,778	36,97	2848,202	43,26	99,12
1.sSMPABC029	47,577	21,151	0,445	0,200	2,69	15,420	3,60	0,559	2,39	0,67	2863,221	55,60	2841,559	37,47	2826,231	44,53	101,31
1.sSMPABC031	154,349	314,731	2,039	0,166	3,27	10,698	4,21	0,467	2,65	0,63	2471,496	54,71	2497,279	42,13	2518,314	56,03	98,14
1.sSMPABC032	81,309	70,708	0,870	0,177	2,84	12,526	3,80	0,514	2,53	0,67	2674,509	55,62	2644,670	38,78	2621,919	48,02	102,01
1.sSMPABC033	89,583	81,745	0,913	0,134	5,86	7,036	6,54	0,382	2,90	0,44	2083,899	51,91	2116,050	61,73	2147,443	106,07	97,04
1.sSMPABC034	119,764	103,769	0,866	0,182	2,99	13,101	4,25	0,523	3,03	0,71	2712,689	67,42	2686,954	43,37	2667,649	50,36	101,69
1.sSMPABC036	154,291	127,578	0,827	0,198	4,63	12,703	5,52	0,466	3,01	0,55	2467,395	62,00	2657,869	55,71	2806,211	77,73	87,93
1.sSMPABC037	44,562	50,229	1,127	0,128	6,62	6,727	7,21	0,382	2,87	0,40	2083,745	51,38	2076,198	67,70	2068,720	121,51	100,73
1.sSMPABC038	197,126	305,138	1,548	0,264	4,73	10,762	6,30	0,296	4,16	0,66	1669,301	61,51	2502,783	62,56	3271,186	76,50	51,03
1.sSMPABC040	25,583	4,398	0,172	0,141	3,43	8,152	4,40	0,420	2,75	0,62	2261,374	52,59	2248,063	42,58	2235,967	60,65	101,14
1.sSMPABC047	364,263	300,983	0,826	0,218	3,01	6,837	4,00	0,228	2,64	0,66	1321,999	31,58	2090,492	37,93	2964,809	49,34	44,59
1.sSMPABC048	87,757	91,035	1,037	0,182	3,20	11,783	4,37	0,469	2,98	0,68	2479,900	61,71	2587,284	44,10	2672,489	53,93	92,79
1.sSMPABC049	216,154	397,226	1,838	0,174	2,53	7,220	3,50	0,301	2,42	0,69	1695,950	36,25	2138,957	33,64	2596,506	42,75	65,32
1.sSMPABC050	105,287	73,705	0,700	0,144	2,84	7,460	3,84	0,375	2,58	0,67	2051,457	45,47	2168,223	36,91	2280,659	49,80	89,95
1.sSMPABC052	77,224	114,658	1,485	0,191	3,08	13,681	4,20	0,520	2,85	0,68	2701,022	63,24	2727,889	42,97	2747,842	51,54	98,30
1.sSMPABC054	111,723	76,421	0,684	0,090	3,10	3,101	3,97	0,250	2,48	0,62	1439,918	32,05	1432,919	32,20	1422,541	60,38	101,22
1.sSMPABC055	124,399	54,316	0,437	0,135	3,57	7,536	4,34	0,404	2,48	0,57	2188,342	46,11	2177,270	41,66	2166,853	63,58	100,99
1.sSMPABC056	88,462	92,916	1,050	0,136	3,84	7,515	4,62	0,401	2,56	0,56	2171,389	47,45	2174,723	44,20	2177,870	68,45	99,70

1.sSMPABC057	20,845	24,705	1,185	0,155	5,96	8,876	6,75	0,415	3,17	0,47	2237,898	60,20	2325,368	65,58	2403,066	104,95	93,13
1.sSMPABC058	38,162	43,662	1,144	0,145	2,97	8,579	4,05	0,431	2,74	0,68	2308,166	53,45	2294,340	39,55	2282,049	52,13	101,14
1.sSMPABC059	176,869	203,169	1,149	0,314	4,25	9,650	5,54	0,223	3,55	0,64	1298,430	41,93	2401,931	54,42	3538,976	67,06	36,69
1.sSMPABC068	59,883	40,025	0,668	0,181	4,11	13,004	5,05	0,521	2,94	0,58	2703,153	65,17	2679,910	51,15	2662,421	69,70	101,53
1.sSMPABC070	377,581	752,917	1,994	0,304	3,07	9,725	4,05	0,232	2,63	0,65	1343,736	32,01	2409,090	40,13	3492,422	48,36	38,48
1.sSMPABC071	374,923	515,803	1,376	0,326	4,05	10,364	5,07	0,234	3,05	0,60	1339,142	36,93	2467,878	50,27	3596,357	63,63	37,24
1.sSMPABC072	89,610	103,095	1,150	0,172	4,61	6,101	5,35	0,257	2,72	0,51	1475,229	35,90	1990,376	49,59	2577,902	79,22	57,23
1.sSMPABC073	127,226	126,444	0,994	0,125	4,17	6,420	4,88	0,372	2,54	0,52	2041,038	44,62	2034,997	45,64	2028,878	75,71	100,60
1.sSMPABC074	46,794	51,167	1,093	0,263	3,47	24,019	4,94	0,662	3,51	0,71	3274,634	90,84	3269,180	52,23	3265,837	55,62	100,27
1.sSMPABC075	127,534	145,979	1,145	0,364	2,88	10,574	4,09	0,210	2,91	0,71	1231,260	32,67	2486,467	40,93	3768,333	44,43	32,67
1.sSMPABC076	125,348	98,468	0,786	0,132	2,57	6,940	3,68	0,381	2,63	0,71	2079,006	46,85	2103,746	35,04	2128,029	45,70	97,70
1.sSMPABC078	494,894	1148,408	2,321	0,415	2,48	10,546	3,70	0,184	2,74	0,74	1090,209	27,52	2483,989	37,10	3964,726	37,71	27,50
1.sSMPABC079	95,036	54,197	0,570	0,129	3,39	6,682	4,37	0,376	2,77	0,63	2057,818	48,94	2070,280	41,25	2082,705	60,86	98,81
1.sSMPABC080	277,784	351,936	1,267	0,189	4,19	7,344	5,06	0,282	2,83	0,56	1600,860	40,19	2154,223	48,15	2733,159	70,74	58,57
1.sSMPABC087	55,260	24,433	0,442	0,129	3,26	6,957	4,07	0,392	2,43	0,60	2131,591	44,29	2105,897	38,66	2080,890	58,56	102,44
1.sSMPABC088	129,288	132,015	1,021	0,180	2,93	12,605	4,10	0,508	2,87	0,70	2649,425	62,60	2650,592	41,71	2651,482	49,46	99,92
1.sSMPABC089	76,500	29,894	0,391	0,127	3,94	6,442	4,65	0,368	2,46	0,53	2020,475	42,76	2037,996	43,49	2055,777	71,28	98,28
1.sSMPABC090	53,435	90,242	1,689	0,106	5,97	4,655	7,12	0,318	3,88	0,55	1780,853	60,64	1759,222	62,84	1733,628	113,66	102,72
1.sSMPABC091	135,642	91,123	0,672	0,188	4,42	12,110	5,18	0,468	2,69	0,52	2475,757	55,60	2612,927	52,11	2721,017	74,82	90,99
1.sSMPABC092	195,936	242,660	1,238	0,220	2,80	9,150	3,94	0,302	2,77	0,70	1701,056	41,48	2353,118	38,81	2978,965	45,86	57,10
1.sSMPABC093	313,119	145,380	0,464	0,080	4,37	2,087	5,05	0,190	2,53	0,50	1121,991	26,12	1144,557	36,31	1187,576	88,90	94,48
1.sSMPABC095	190,085	51,476	0,271	0,152	3,45	9,469	4,31	0,451	2,59	0,60	2401,353	52,21	2384,555	42,54	2370,233	60,00	101,31
1.sSMPABC096	371,812	140,123	0,377	0,066	4,15	1,082	4,96	0,119	2,71	0,55	725,970	18,64	744,493	27,16	800,601	89,46	90,68
1.sSMPABC097	89,450	154,069	1,722	0,308	2,76	11,089	3,96	0,261	2,84	0,72	1494,646	38,00	2530,618	39,87	3511,969	43,33	42,56
1.sSMPABC098	160,480	112,635	0,702	0,177	3,23	11,160	4,12	0,457	2,56	0,62	2425,822	52,03	2536,565	41,44	2626,369	54,71	92,36
1.sSMPABC107	495,373	240,221	0,485	0,288	2,55	9,227	3,57	0,233	2,51	0,70	1347,743	30,54	2360,827	35,39	3405,778	40,21	39,57
1.sSMPABC108	103,580	67,471	0,651	0,101	2,94	4,195	3,78	0,300	2,38	0,63	1692,468	35,48	1673,056	32,98	1648,790	55,54	102,65
1.sSMPABC109	64,930	28,014	0,431	0,236	4,15	10,248	5,18	0,314	3,10	0,60	1761,849	47,97	2457,397	51,29	3096,372	67,78	56,90
1.sSMPABC110	220,473	360,646	1,636	0,351	3,00	12,079	3,94	0,249	2,56	0,65	1435,022	33,04	2610,575	40,00	3712,940	46,38	38,65
1.sSMPABC111	93,379	186,175	1,994	0,188	3,14	13,292	4,07	0,513	2,60	0,64	2668,773	57,07	2700,642	41,65	2724,578	52,62	97,95
1.sSMPABC115	294,652	323,827	1,099	0,323	2,62	11,917	3,69	0,268	2,60	0,70	1528,327	35,42	2597,898	37,50	3584,406	40,86	42,64
1.sSMPABC116	855,216	1362,920	1,594	0,422	2,78	8,243	3,85	0,142	2,67	0,69	854,127	21,38	2258,081	37,54	3989,311	42,24	21,41
1.sSMPABC117	58,288	33,393	0,573	0,145	3,18	8,627	4,04	0,433	2,50	0,62	2318,446	48,78	2299,428	39,50	2282,574	55,73	101,57
1.sSMPABC118	101,146	115,931	1,146	0,130	2,83	7,057	3,78	0,393	2,51	0,66	2138,015	45,86	2118,628	36,09	2099,863	50,48	101,82
1.sSMPABC120	374,756	2432,971	6,492	0,151	2,65	2,340	4,02	0,112	3,01	0,75	687,073	19,66	1224,530	30,06	2356,134	46,07	29,16
1.sSMPABC128	888,945	67,692	0,076	0,075	4,29	1,141	5,10	0,110	2,76	0,54	673,317	17,66	773,141	28,66	1073,452	88,64	62,72
1.sSMPABC129	164,625	145,735	0,885	0,199	2,73	14,447	3,79	0,528	2,63	0,69	2732,287	58,86	2779,550	39,16	2814,041	45,30	97,09
1.sSMPABC130	58,616	75,633	1,290	0,147	3,71	8,842	4,52	0,436	2,58	0,57	2331,214	50,75	2321,858	44,19	2313,642	65,11	100,76
1.sSMPABC133	131,965	95,992	0,727	0,123	3,17	3,042	4,02	0,179	2,47	0,62	1064,108	24,31	1418,210	32,44	1999,124	57,35	53,23
1.sSMPABC134	112,764	73,225	0,649	0,157	2,52	10,040	3,48	0,465	2,39	0,69	2459,877	49,11	2438,434	34,83	2420,594	43,48	101,62

- Amostra IN39

SPOT	U(ppm)	Th(ppm)	Th / U	Isotope ratios							Age (Ma)						Concord.
				²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ(%)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ(%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ(%)	ρ	Pb ²⁰⁶ /U ²³⁸	2σ (abs)	Pb ²⁰⁷ /U ²³⁵	2σ (abs)	Pb ²⁰⁷ /Pb ²⁰⁶	2σ(abs)	
1.sSMPABC136	373,812	454,513	1,216	0,377	2,91	14,189	3,87	0,273	2,56	0,66	1556,678	35,48	2762,455	39,90	3818,924	44,68	40,76
1.sSMPABC137	83,603	67,107	0,803	0,270	2,80	25,760	3,90	0,691	2,72	0,70	3385,578	71,94	3337,487	41,86	3308,735	44,57	102,32
1.sSMPABC139	46,302	63,644	1,375	0,194	4,05	14,368	4,93	0,537	2,81	0,57	2771,180	63,58	2774,351	50,36	2776,658	67,93	99,80
1.sSMPABC140	4,695	76,628	16,322	0,744	2,55	224,412	3,52	2,187	2,42	0,69	0,000	7364,23	5501,275	41,17	4818,424	36,98	0,00
1.sSMPABC148	156,036	132,708	0,850	0,186	2,76	11,968	3,81	0,467	2,63	0,69	2470,786	54,22	2601,935	38,68	2705,673	46,20	91,32
1.sSMPABC149	0,554	1,698	3,062	5,178	3,45	3,284	15,64	0,005	15,22	0,98	29,556	4,49	1476,554	130,58	0,000	0,00	#NUM!
1.sSMPABC150	1280,105	5806,406	4,536	0,110	3,03	1,186	4,61	0,079	3,48	0,75	487,241	16,34	794,105	26,44	1792,066	56,22	27,19
1.sSMPABC151	117,960	134,099	1,137	0,188	2,65	13,824	3,64	0,534	2,50	0,69	2759,498	56,26	2737,732	37,51	2721,717	44,30	101,39
1.sSMPABC152	70,138	86,140	1,228	0,181	4,39	12,406	5,52	0,498	3,34	0,61	2604,867	72,08	2635,606	55,62	2659,296	74,75	97,95
1.sSMPABC154	51,047	13,250	0,260	0,178	3,09	15,601	4,10	0,634	2,70	0,66	3166,876	68,03	2852,692	42,51	2637,723	52,22	120,06
1.sSMPABC155	85,614	58,277	0,681	0,183	2,46	13,411	3,65	0,530	2,70	0,74	2742,290	60,58	2709,040	37,57	2684,334	41,31	102,16
1.sSMPABC156	126,812	620,215	4,891	0,202	3,54	3,668	4,71	0,132	3,11	0,66	798,409	23,40	1564,433	39,73	2840,542	58,97	28,11
1.sSMPABC158	983,556	6665,901	6,777	0,285	3,21	1,775	4,16	0,045	2,63	0,63	285,247	7,35	1036,276	28,27	3387,867	51,01	8,42
1.sSMPABC159	168,979	85,523	0,506	0,188	2,80	13,725	3,68	0,531	2,39	0,65	2743,930	53,65	2730,943	37,89	2721,352	46,84	100,83
1.sSMPABC160	158,666	98,318	0,620	0,192	2,84	14,002	3,92	0,528	2,70	0,69	2734,214	60,41	2749,841	40,33	2761,334	47,48	99,02
1.sSMPABC167	59,541	42,366	0,712	0,257	2,52	22,935	3,57	0,647	2,52	0,71	3216,293	64,14	3224,188	38,22	3229,103	40,39	99,60
1.sSMPABC168	89,495	122,553	1,369	0,212	2,94	16,503	4,18	0,564	2,97	0,71	2881,376	69,36	2906,403	43,43	2923,785	48,39	98,55
1.sSMPABC169	23,606	10,728	0,454	0,191	2,90	14,025	3,78	0,534	2,42	0,64	2757,422	54,59	2751,404	38,94	2746,991	48,47	100,38
1.sSMPABC170	62,515	41,304	0,661	0,104	3,01	4,275	3,87	0,297	2,43	0,63	1676,785	35,99	1688,527	33,86	1703,141	56,50	98,45
1.sSMPABC174	944,175	2523,347	2,673	0,126	2,54	1,907	3,65	0,109	2,62	0,72	669,789	16,66	1083,601	25,56	2047,545	45,62	32,71
1.sSMPABC175	25,569	264,216	10,333	0,697	3,05	54,304	4,33	0,565	3,07	0,71	2888,191	71,96	4074,576	47,84	4724,135	44,64	61,14
1.sSMPABC176	526,708	2396,589	4,550	0,284	2,76	6,110	5,49	0,156	4,74	0,86	935,920	41,46	1991,665	50,84	3382,864	43,76	27,67
1.sSMPABC177	34,134	27,645	0,810	0,207	2,65	14,002	3,65	0,490	2,51	0,69	2571,546	53,40	2749,834	37,65	2883,473	43,67	89,18
1.sSMPABC178	96,111	63,164	0,657	0,184	2,48	13,127	3,46	0,517	2,41	0,70	2686,404	53,13	2688,817	35,58	2690,633	41,60	99,84
1.sSMPABC179	12,788	12,389	0,969	0,108	5,66	4,767	6,24	0,319	2,62	0,42	1786,082	40,92	1779,024	55,34	1770,753	107,19	100,87
1.sSMPABC180	9,790	17,293	1,766	0,186	3,55	12,383	4,43	0,484	2,65	0,60	2542,617	55,86	2633,870	44,81	2704,758	59,75	94,01
1.sSMPABC187	39,437	102,356	2,595	0,081	4,83	2,404	5,52	0,215	2,67	0,48	1255,105	30,57	1243,694	41,51	1223,985	98,03	102,54
1.sSMPABC189	50,455	101,779	2,017	0,192	2,78	11,417	3,72	0,432	2,48	0,67	2316,218	48,46	2557,807	37,69	2755,317	46,37	84,06
1.sSMPABC190	61,163	27,212	0,445	0,215	3,55	13,630	4,51	0,461	2,78	0,62	2442,412	56,84	2724,359	46,01	2940,616	58,48	83,06
1.sSMPABC191	8,395	36,973	4,404	0,712	3,24	28,764	4,26	0,293	2,77	0,65	1655,736	40,56	3445,493	45,81	4755,876	47,32	34,81

1.sSMPABC193	97,055	73,626	0,759	0,186	2,75	13,447	3,88	0,524	2,75	0,71	2716,449	61,22	2711,559	39,83	2707,917	46,02	100,32
1.sSMPABC194	371,504	3790,058	40,202	0,153	2,64	3,666	4,07	0,174	3,13	0,77	1034,900	30,04	1564,047	34,43	2376,274	45,12	43,55
1.sSMPABC195	161,519	206,061	1,276	0,203	2,74	15,439	3,68	0,552	2,46	0,67	2835,512	56,69	2842,736	38,28	2847,860	45,30	99,57
1.sSMPABC196	98,928	124,277	1,256	0,360	2,49	38,884	3,57	0,784	2,56	0,72	3732,121	72,84	3742,685	39,37	3748,345	38,43	99,57
1.sSMPABC197	33,394	47,264	1,415	0,280	4,67	16,627	5,41	0,430	2,73	0,50	2307,793	53,20	2913,572	55,84	3363,726	74,96	68,64
1.sSMPABC198	65,912	55,490	0,842	0,185	2,74	13,239	3,73	0,518	2,52	0,68	2690,594	55,71	2696,819	38,23	2701,488	46,01	99,60
1.sSMPABC200	19,397	5,097	0,263	0,227	5,05	19,633	6,47	0,629	4,05	0,63	3144,287	101,62	3073,472	67,29	3027,514	83,36	103,86
1.sSMPABC207	99,333	104,245	1,049	0,195	2,64	14,420	3,63	0,538	2,49	0,69	2773,338	56,39	2777,733	37,59	2780,927	43,97	99,73
1.sSMPABC208	0,646	0,889	1,443	0,648	21,64	2,295	21,98	0,027	4,03	0,18	171,414	6,84	1240,834	169,69	4550,350	356,33	3,77
1.sSMPABC209	30,860	44,763	1,451	0,112	13,30	5,360	13,61	0,346	2,91	0,21	1915,887	48,44	1878,482	125,31	1837,365	262,63	104,27
1.sSMPABC213	104,116	142,976	1,414	0,208	3,40	12,926	4,46	0,452	2,89	0,65	2402,864	58,28	2674,278	45,34	2886,438	56,22	83,25
1.sSMPABC217	48,218	61,011	1,265	0,254	2,58	22,778	3,55	0,652	2,44	0,69	3234,552	62,46	3217,526	38,05	3206,930	41,33	100,86
1.sSMPABC220	86,873	197,008	2,268	0,193	3,06	12,038	4,16	0,452	2,82	0,68	2406,276	56,92	2607,364	42,12	2767,482	54,08	86,95
1.sSMPABC228	0,208	-1,395	-6,718	0,696	22,34	6,675	22,48	0,070	2,75	0,12	433,677	11,56	2069,264	222,56	4721,734	366,22	9,18
1.sSMPABC229	0,943	1,458	1,546	4,075	3,18	6,813	10,43	0,012	9,93	0,95	77,694	7,68	2087,355	98,65	0,000	0,00	#NÚM!
1.sSMPABC230	474,122	3798,213	8,014	0,246	2,58	4,296	3,62	0,127	2,54	0,70	769,349	18,42	1692,532	31,75	3157,868	44,50	24,36
1.sSMPABC234	227,548	539,403	2,374	0,224	2,49	10,884	4,30	0,352	3,51	0,82	1944,174	59,25	2513,256	43,10	3011,450	40,49	64,56
1.sSMPABC232	64,574	98,969	1,533	0,109	12,35	4,859	12,68	0,324	2,89	0,23	1807,352	45,77	1795,137	114,36	1780,975	244,03	101,48
1.sSMPABC234	80,231	55,392	0,690	0,098	3,43	3,698	4,29	0,275	2,59	0,60	1566,125	36,05	1570,956	36,30	1577,453	65,51	99,28
1.sSMPABC235	146,115	141,585	0,969	0,197	3,04	11,220	4,16	0,413	2,86	0,69	2226,726	54,15	2541,580	41,79	2803,435	50,14	79,43
1.sSMPABC247	1273,106	6047,664	4,750	0,386	3,04	6,652	4,11	0,125	2,80	0,68	759,347	20,06	2066,214	38,78	3855,042	46,18	19,70
1.sSMPABC248	1463,856	11482,807	7,844	0,100	5,75	0,847	6,35	0,064	2,69	0,42	384,433	10,03	622,729	30,53	1622,419	111,04	23,70
1.sSMPABC249	0,748	-3,309	-4,424	1,038	6,66	27,086	7,14	0,189	2,55	0,36	1117,719	26,25	3386,594	75,43	5289,222	96,89	21,13
1.sSMPABC252	159,904	213,100	1,333	0,098	3,23	3,911	4,19	0,289	2,67	0,64	1637,367	38,72	1616,007	35,93	1588,291	61,67	103,09
1.sSMPABC253	98,525	55,698	0,565	0,098	2,91	3,828	3,79	0,282	2,43	0,64	1602,808	34,55	1598,605	32,44	1593,069	55,43	100,61
1.sSMPABC254	66,483	115,681	1,740	0,106	7,30	4,635	7,81	0,316	2,79	0,36	1768,964	43,30	1755,515	68,97	1739,542	140,10	101,69
1.sSMPABC255	67,413	139,969	2,076	0,139	9,16	7,680	9,54	0,402	2,68	0,28	2178,269	49,67	2194,268	91,49	2209,253	168,24	98,60
1.sSMPABC256	247,536	408,694	1,654	0,214	2,64	10,588	4,22	0,364	3,31	0,79	1998,816	57,19	2487,663	42,13	2915,142	42,89	68,57
1.sSMPABC257	179,097	670,122	3,742	0,138	9,50	0,417	10,25	0,022	3,85	0,38	140,179	5,34	353,920	31,40	2196,993	175,15	6,38
1.sSMPABC259	1456,242	5589,157	3,838	0,288	2,59	4,336	3,67	0,109	2,60	0,74	668,747	16,57	1700,209	32,34	3405,185	40,94	49,64
1.sSMPABC260	596,560	1499,474	2,544	0,628	2,74	37,765	3,87	0,436	2,73	0,74	2333,479	53,72	3713,784	42,34	4574,060	40,24	51,02
1.sSMPABC267	62,029	116,153	1,873	0,111	2,88	5,001	3,75	0,328	2,39	0,64	1829,775	38,22	1819,517	33,85	1807,793	53,38	101,22
1.sSMPABC268	109,212	50,546	0,463	0,131	2,68	7,105	3,63	0,393	2,44	0,67	2138,559	44,59	2124,630	34,71	2111,178	47,80	101,30

1.sMPABC272	90,881	102,159	1,124	0,187	2,68	13,813	3,77	0,535	2,66	0,70	2761,156	60,02	2736,973	38,84	2719,180	44,81	101,54
1.sMPABC273	0,239	-4,813	-20,170	0,503	11,75	32,800	11,98	0,473	2,34	0,20	2496,785	48,55	3574,620	128,60	4249,780	185,09	58,75
1.sMPABC274	1524,510	9280,811	6,100	0,103	2,64	0,822	3,64	0,058	2,50	0,69	361,248	8,78	609,429	17,34	1687,681	49,61	21,40
1.sMPABC275	107,215	90,297	0,842	0,132	2,54	7,068	3,59	0,388	2,55	0,71	2113,287	46,04	2119,983	34,40	2126,484	45,13	99,38
1.sMPABC276	0,552	-0,796	-1,442	0,885	9,71	14,238	10,03	0,117	2,51	0,25	711,532	16,95	2765,672	102,35	5064,868	145,02	14,05
1.sMPABC277	0,014	-3,425	-246,230	0,426	34,26	280,164	34,34	4,771	2,30	0,07	0,000	11176,35	5725,682	430,07	4002,960	640,30	0,00
1.sMPABC279	0,263	6,039	22,929	0,191	114,13	1,918	114,16	0,073	2,53	0,02	454,103	11,11	1087,279	843,57	2747,125	53562,59	16,53

ANEXO F– Medidas estruturais do Grupo Bambuí (Formações Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena e Sete Lagoas)

Autor	Ponto	Coordenadas		Local	Unidade	Estrutura	dip dir	dip	trend	plunge
		mE	mN							
Grupo 1- UNIBH	G01-52	646829	7861826	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	55	28		
Grupo 1- UNIBH	G01-55	646766	7861998	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	90	11		
Grupo 1- UNIBH	G01-56	646766	7861998	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	57	14		
Grupo 2- UNIBH	G02-52	644352	7863826	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	59	47		
Grupo 2- UNIBH	G02-53	644579	7863600	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	130	24		
Grupo 2- UNIBH	G02-53	644579	7863600	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	100	64		
Grupo 2- UNIBH	G02-69	644598	7863483	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	141	26		
Grupo 3- UNIBH	G03-16	645949	7863905	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	44	33		
Grupo 3- UNIBH	G03-16	645949	7863905	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	145	20		
Grupo 3- UNIBH	G03-17	646030	7864140	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	105	18		
Grupo 3- UNIBH	G03-17	646030	7864140	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	70	48		
Grupo 5- UNIBH	G05-28	645227	7866643	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	220	12		
Grupo 5- UNIBH	G05-28	645227	7866643	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	78	35		
Grupo 5- UNIBH	G05-31	645238	7866177	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	151	5		
Grupo 5- UNIBH	G05-31	645398	7866227	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	305	30		
Grupo 5- UNIBH	G05-32	645484	7866250	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	55	37		
Grupo 5- UNIBH	G05-32	645484	7866250	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	40	35		
Grupo 5- UNIBH	G05-32	645484	7866250	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	Lm			75	29
Grupo 5- UNIBH	G05-33	645557	7866244	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	64	41		
Grupo 5- UNIBH	G05-33	645557	7866244	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	45	43		
Grupo 5- UNIBH	G05-46	644586	7865257	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	123	26		
Grupo 5- UNIBH	G05-46	644586	7865257	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	98	39		
Grupo 5- UNIBH	G05-50	645418	7864685	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	92	13		
Grupo 5- UNIBH	G05-50	645418	7864685	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	315	52		
Grupo 5- UNIBH	G05-51	645497	7864737	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	87	11		
Grupo 5- UNIBH	G05-51	645497	7864737	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	340	21		
Grupo 6- UNIBH	G06-10	644640	7867830	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	53	32		
Grupo 6- UNIBH	G06-10	644640	7867830	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	4	22		
Grupo 6- UNIBH	G06-28	645228	7866641	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	224	41		
Grupo 6- UNIBH	G06-28	645228	7866641	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	78	35		
Grupo 6- UNIBH	G06-29	645242	7866174	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	126	25		

Grupo 6- UNIBH	G06-29	645242	7866174	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	127	37		
Grupo 6- UNIBH	G06-30	645409	7866231	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	151	5		
Grupo 6- UNIBH	G06-30	645409	7866231	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	305	30		
Grupo 6- UNIBH	G06-31	645486	7866244	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	55	37		
Grupo 6- UNIBH	G06-31	645486	7866244	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	40	35		
Grupo 7- UNIBH	G07-28	644262	7867806	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	100	25		
Grupo 7- UNIBH	G07-28	644262	7867806	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	105	25		
Grupo 7- UNIBH	G07-30	644133	7868097	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	90	27		
Grupo 7- UNIBH	G07-30	644133	7868097	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	95	27		
Grupo 7- UNIBH	G07-32	644025	7868570	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	120	27		
Grupo 7- UNIBH	G07-32	644025	7868570	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	98	27		
Grupo 7- UNIBH	G07-36	644639	7867825	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	108	27		
Grupo 7- UNIBH	G07-36	644639	7867825	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	98	27		
Grupo 7- UNIBH	G07-51	644252	7868340	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	110	38		
Grupo 7- UNIBH	G07-51	644252	7868340	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	94	38		
Grupo 7- UNIBH	G07-63	641413	7867352	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	110	30		
Grupo 7- UNIBH	G07-63	641413	7867352	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	104	30		
Grupo 7- UNIBH	G07-65	644364	7867528	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	115	26		
Grupo 7- UNIBH	G07-65	644364	7867528	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	80	26		
Ingridy	IN01	621820	7850589	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	145	20		
Ingridy	IN01	621820	7850589	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S2	100	30		
Ingridy	IN02	645949	7863905	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	75	40		
Ingridy	IN02	645949	7863905	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	105	10		
Ingridy	IN02	645949	7863905	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S2	60	35		
Ingridy	IN07	636798	7889822	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	290	65		
Ingridy	IN11	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	70	63		
Ingridy	IN11	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	71	55		
Ingridy	IN11	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	74	63		
Ingridy	IN11	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	97	59		
Ingridy	IN11	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	Lm			100	64
Ingridy	IN13	633705	7887987	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	65	25		
Ingridy	IN13	633705	7887987	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	50	25		
Ingridy	IN13	633705	7887987	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	45	30		
Ingridy	IN14	632298	7884301	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	110	40		
Ingridy	IN14	632298	7884301	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	145	35		
Ingridy	IN14	632298	7884301	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	90	40		
Ingridy	IN21	621690	7851971	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	90	20		

Ingridy	IN21	621690	7851971	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	90	40		
Ingridy	IN21	621690	7851971	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	110	40		
Ingridy	IN21	621690	7851971	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	105	50		
Ingridy	IN21	621690	7851971	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			120	30
Ingridy	IN21	621690	7851971	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	280	65		
Ingridy	IN21	621690	7851971	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	350	90		
Ingridy	IN22	625181	7859349	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	120	30		
Ingridy	IN22	625181	7859349	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	100	20		
Ingridy	IN22	625181	7859349	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			118	25
Ingridy	IN22	625181	7859349	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	350	80		
Ingridy	IN23	627309	7864479	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	90	0		
Ingridy	IN23	627309	7864479	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	100	25		
Ingridy	IN23	627309	7864479	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	95	58		
Ingridy	IN23	627309	7864479	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	115	55		
Ingridy	IN23	627309	7864479	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			125	50
Ingridy	IN23	627309	7864479	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	188	60		
Ingridy	IN26	620947	7872657	Serra do Cipó	Fm. Lagoa do Jacaré	S0	80	35		
Ingridy	IN26	620947	7872657	Serra do Cipó	Fm. Lagoa do Jacaré	S0	85	32		
Ingridy	IN26	620947	7872657	Serra do Cipó	Fm. Lagoa do Jacaré	fratura	260	64		
Ingridy	IN28	632110	7875593	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	135	25		
Ingridy	IN28	632110	7875593	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	122	37		
Ingridy	IN29	640623	7868774	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	290	20		
Ingridy	IN29	640623	7868774	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	265	18		
Ingridy	IN30	641876	7862089	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	315	20		
Ingridy	IN30	641876	7862089	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	291	18		
Ingridy	IN30	641876	7862089	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	269	22		
Ingridy	IN30	641876	7862089	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S2	163	4		
Ingridy	IN30	641876	7862089	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	Lm			270	22
Ingridy	IN30	641876	7862089	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	Lm			272	18
Ingridy	IN30	641876	7862089	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	Lm			254	17
Ingridy	IN30	641876	7862089	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	Lm			273	22
Ingridy	IN31	641352	7861748	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	270	30		
Ingridy	IN32	640974	7861311	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	265	15		
Ingridy	IN32	640974	7861311	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	215	23		
Ingridy	IN33	639298	7857294	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	102	5		
Ingridy	IN33	639298	7857294	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	102	10		
Ingridy	IN33	639298	7857294	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	102	45		
Ingridy	IN33	639298	7857294	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	102	40		

Ingridy	IN34	639256	7857225	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	300	8		
Ingridy	IN34	639256	7857225	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	60	50		
Ingridy	IN36	638090	7863810	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	65	8		
Ingridy	IN36	638090	7863810	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	70	30		
Ingridy	IN38	646808	7861779	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S2	70	45		
Ingridy	IN38	646808	7861779	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S2	80	50		
Ingridy	IN39	645277	7866424	Serra do Cipó	CONT. Fm. Sete Lagoas/ G. Macaúbas	S1	90	30		
Ingridy	IN39	645277	7866424	Serra do Cipó	CONT. Fm. Sete Lagoas/ G. Macaúbas	S1	70	36		
Ingridy	IN39	645277	7866424	Serra do Cipó	CONT. Fm. Sete Lagoas/ G. Macaúbas	S1	110	50		
Ingridy	IN39	645277	7866424	Serra do Cipó	CONT. Fm. Sete Lagoas/ G. Macaúbas	S1	50	40		
Silva et al. (2007)	9	641933	7860817	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	340	30		
Silva et al. (2007)	14	645339	7861077	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	92	40		
Silva et al. (2007)	16	645240	7860663	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	102	25		
Silva et al. (2007)	16	645240	7860663	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	102	25		
Silva et al. (2007)	19	646391	7861018	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	100	45		
Silva et al. (2007)	19	646391	7861018	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	100	45		
Silva et al. (2007)	21	647013	7860830	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	92	88		
Silva et al. (2007)	21	647013	7860830	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	92	88		
Silva et al. (2007)	28	644980	7860851	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	82	18		
Silva et al. (2007)	28	644980	7860851	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	82	18		
Silva et al. (2007)	29	644622	7861072	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	102	18		
Silva et al. (2007)	34	644754	7862166	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	88	15		
Silva et al. (2007)	35	644894	7862474	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	110	30		
Silva et al. (2007)	35	644894	7862474	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	102	58		
Silva et al. (2007)	36	644689	7861645	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	160	28		
Silva et al. (2007)	37	645854	7862412	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	101	28		
Silva et al. (2007)	37	645854	7862412	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	92	35		
Silva et al. (2007)	38	646439	7862063	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	102	34		
Silva et al. (2007)	38	646439	7862063	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	102	34		
Silva et al. (2007)	39	646131	7861859	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	108	38		
Silva et al. (2007)	44	646934	7861113	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	110	47		
Silva et al. (2007)	44	646934	7861113	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S2	100	40		
Silva et al. (2007)	48	645300	7857649	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	84	42		
Silva et al. (2007)	48	645300	7857649	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	84	42		
Silva et al. (2007)	63	641241	7859060	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	88	20		
Silva et al. (2007)	63	641241	7859060	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S1	92	20		
Silva et al. (2007)	64	640996	7858291	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	2	88		
Silva et al. (2007)	64	640996	7858291	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	8	81		

Silva et al. (2007)	66	641328	7858354	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	270	12		
Silva et al. (2007)	66	641328	7858354	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	268	8		
Silva et al. (2007)	66	641328	7858354	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	274	4		
Silva et al. (2007)	66	641328	7858354	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	270	12		
Silva et al. (2007)	66	641328	7858354	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	268	8		
Silva et al. (2007)	66	641328	7858354	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	274	4		
Silva et al. (2007)	67	641753	7857969	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	260	25		
Silva et al. (2007)	67	641753	7857969	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	260	25		
Silva et al. (2007)	68	642055	7857259	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	270	30		
Silva et al. (2007)	68	642055	7857259	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	272	28		
Silva et al. (2007)	68	642055	7857259	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	280	20		
Silva et al. (2007)	68	642055	7857259	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	270	30		
Silva et al. (2007)	68	642055	7857259	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	272	28		
Silva et al. (2007)	68	642055	7857259	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	280	20		
Silva et al. (2007)	69	642382	7857844	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	200	32		
Silva et al. (2007)	69	642382	7857844	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	195	30		
Silva et al. (2007)	78	643143	7856364	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	180	25		
Silva et al. (2007)	78	643143	7856364	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	180	25		
Silva et al. (2007)	80	642312	7860447	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	200	5		
Silva et al. (2007)	80	642312	7860447	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	5	4		
Silva et al. (2007)	80	642312	7860447	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	200	5		
Silva et al. (2007)	80	642312	7860447	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	5	4		
Silva et al. (2007)	178	643252	7854590	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	85	8		
Silva et al. (2007)	178	643252	7854590	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	95	8		
Silva et al. (2007)	178	643252	7854590	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	85	8		
Silva et al. (2007)	178	643252	7854590	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	95	8		
Silva et al. (2007)	194	641349	7852737	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	125	15		
Silva et al. (2007)	194	641349	7852737	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	115	25		
Silva et al. (2007)	194	641349	7852737	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	120	20		
Silva et al. (2007)	195	641696	7852317	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	120	25		
Silva et al. (2007)	195	641696	7852317	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	S0	100	20		
Silva et al. (2007)	195	641696	7852317	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	355	0		
Silva et al. (2007)	195	641696	7852317	Serra do Cipó	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	350	0		
Silva et al. (2007)	201	642917	7856135	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S0	245	30		
Silva et al. (2007)	201	642917	7856135	Serra do Cipó	Fm. Sete Lagoas	S1	245	30		
Victoria & Moy (2014)	N004	636795	7889790	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	50	35		
Victoria & Moy (2014)	N004	636795	7889790	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	37	43		
Victoria & Moy (2014)	N004	636795	7889790	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	45	35		

Victoria & Moy (2014)	N004	636795	7889790	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	49	37		
Victoria & Moy (2014)	N004	636795	7889790	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	43	29		
Victoria & Moy (2014)	N004	636795	7889790	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S2	70	45		
Victoria & Moy (2014)	N004	636795	7889790	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S2	75	27		
Victoria & Moy (2014)	N007	638208	7886666	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	35	44		
Victoria & Moy (2014)	N007	638208	7886666	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	100	45		
Victoria & Moy (2014)	N007	638208	7886666	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	Lm			76	35
Victoria & Moy (2014)	N008	638347	7886613	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	35	44		
Victoria & Moy (2014)	N008	638347	7886613	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	45	20		
Victoria & Moy (2014)	N008	638347	7886613	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	38	25		
Victoria & Moy (2014)	N010	638566	7886448	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	45	45		
Victoria & Moy (2014)	N010	638566	7886448	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	60	30		
Victoria & Moy (2014)	N010	638566	7886448	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	56	35		
Victoria & Moy (2014)	N010	638566	7886448	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	70	45		
Victoria & Moy (2014)	N025	633388	7884384	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	139	6		
Victoria & Moy (2014)	N025	633388	7884384	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	135	4		
Victoria & Moy (2014)	N025	633388	7884384	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	139	6		
Victoria & Moy (2014)	N025	633388	7884384	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	135	4		
Victoria & Moy (2014)	N026	633107	7884442	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	50	16		
Victoria & Moy (2014)	N026	633107	7884442	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	50	16		
Victoria & Moy (2014)	N026	633107	7884442	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	210	77		
Victoria & Moy (2014)	N026	633107	7884442	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			119	20
Victoria & Moy (2014)	N028	632345	7884557	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	190	25		
Victoria & Moy (2014)	N028	632345	7884557	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	180	7		
Victoria & Moy (2014)	N028	632345	7884557	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	232	15		
Victoria & Moy (2014)	N028	632345	7884557	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	190	26		
Victoria & Moy (2014)	N028	632345	7884557	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	180	8		
Victoria & Moy (2014)	N028	632345	7884557	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	232	16		
Victoria & Moy (2014)	N028	632345	7884557	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	35	35		
Victoria & Moy (2014)	N028	632345	7884557	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	235	77		
Victoria & Moy (2014)	N030	632107	7884012	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	120	5		
Victoria & Moy (2014)	N030	632107	7884012	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	204	15		
Victoria & Moy (2014)	N030	632107	7884012	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	120	5		
Victoria & Moy (2014)	N030	632107	7884012	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	204	15		
Victoria & Moy (2014)	N031	633089	7885065	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	140	7		
Victoria & Moy (2014)	N031	633089	7885065	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	140	7		
Victoria & Moy (2014)	N033	633214	7885787	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	208	20		
Victoria & Moy (2014)	N033	633214	7885787	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	250	21		

Victoria & Moy (2014)	N033	633214	7885787	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	214	5		
Victoria & Moy (2014)	N033	633214	7885787	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	208	20		
Victoria & Moy (2014)	N033	633214	7885787	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	250	21		
Victoria & Moy (2014)	N033	633214	7885787	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	214	5		
Victoria & Moy (2014)	N033	633214	7885787	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	101	73		
Victoria & Moy (2014)	N034	632675	7885564	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	250	21		
Victoria & Moy (2014)	N034	632675	7885564	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	250	21		
Victoria & Moy (2014)	N035	632223	7885218	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	110	14		
Victoria & Moy (2014)	N035	632223	7885218	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	110	14		
Victoria & Moy (2014)	N035	632223	7885218	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	315	61		
Victoria & Moy (2014)	N036	633909	7886325	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	325	27		
Victoria & Moy (2014)	N036	633909	7886325	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	325	27		
Victoria & Moy (2014)	N036	633909	7886325	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	30	45		
Victoria & Moy (2014)	N037	633985	7886422	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	40	30		
Victoria & Moy (2014)	N037	633985	7886422	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	40	30		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	212	60		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	210	80		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	314	11		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	212	60		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	210	80		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	314	11		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	70	30		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	56	24		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	15	48		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	143	50		
Victoria & Moy (2014)	N038	633932	7886765	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	39	85		
Victoria & Moy (2014)	N039	633872	7887503	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	43	15		
Victoria & Moy (2014)	N039	633872	7887503	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	43	15		
Victoria & Moy (2014)	N039	633872	7887503	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	224	80		
Victoria & Moy (2014)	N039	633872	7887503	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	115	66		
Victoria & Moy (2014)	N040	633887	7887698	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	30	40		
Victoria & Moy (2014)	N040	633887	7887698	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	30	40		
Victoria & Moy (2014)	N040	633887	7887698	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	60	37		
Victoria & Moy (2014)	N041	633458	7887902	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	120	7		
Victoria & Moy (2014)	N041	633458	7887902	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	120	7		
Victoria & Moy (2014)	N041	633458	7887902	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	285	85		
Victoria & Moy (2014)	N042	632718	7888387	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	255	10		
Victoria & Moy (2014)	N042	632718	7888387	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	255	10		

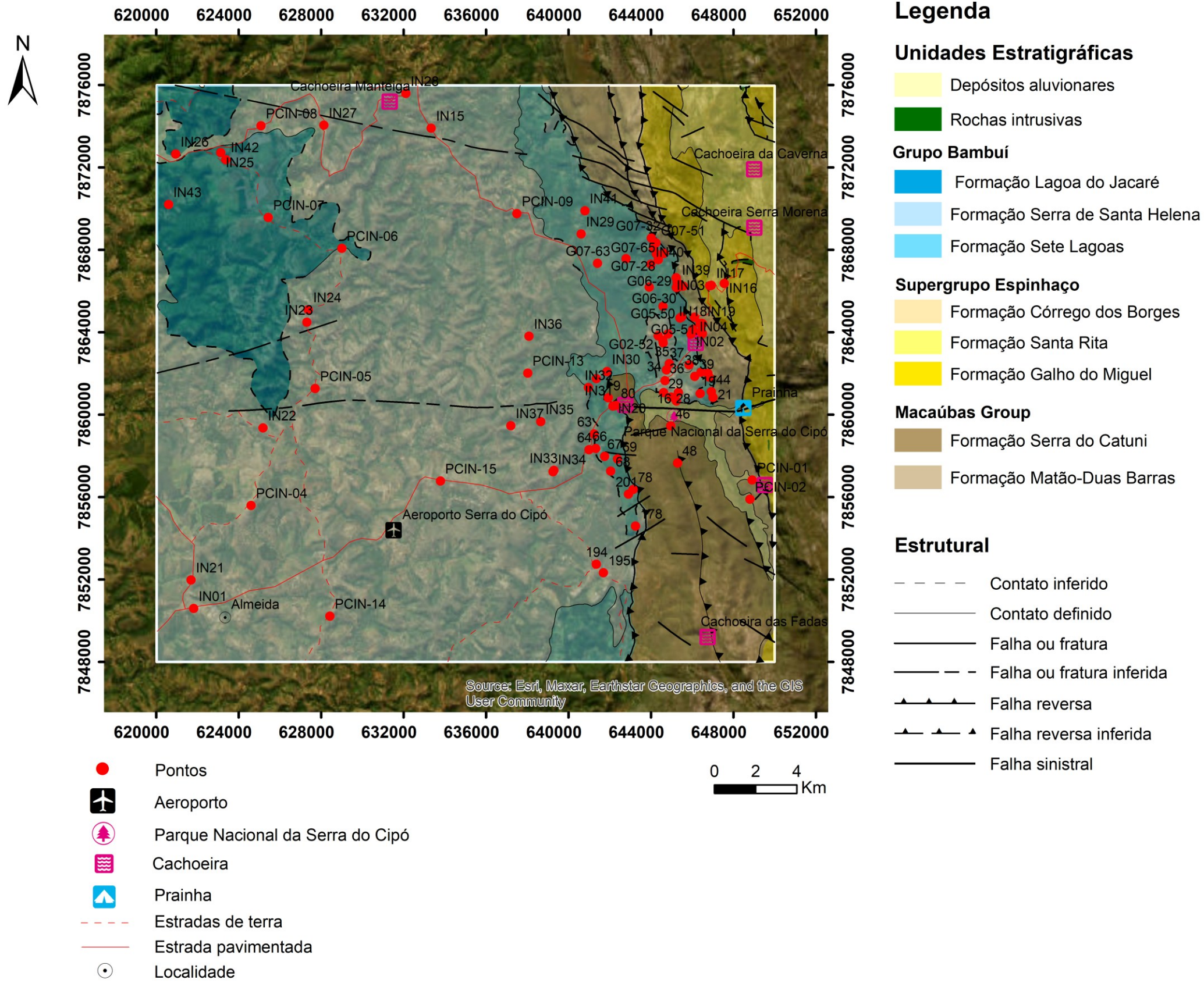
Victoria & Moy (2014)	N042	632718	7888387	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	30	60		
Victoria & Moy (2014)	N043	632179	7888284	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	82	10		
Victoria & Moy (2014)	N043	632179	7888284	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	82	10		
Victoria & Moy (2014)	N044	633706	7887990	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	45	30		
Victoria & Moy (2014)	N044	633706	7887990	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	315	90		
Victoria & Moy (2014)	N075	638464	7886708	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	30	18		
Victoria & Moy (2014)	N075	638464	7886708	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	30	18		
Victoria & Moy (2014)	N085	636903	7889412	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	25	25		
Victoria & Moy (2014)	N085	636903	7889412	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	26	31		
Victoria & Moy (2014)	N085	636903	7889412	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	25	25		
Victoria & Moy (2014)	N085	636903	7889412	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	26	31		
Victoria & Moy (2014)	N088	633071	7886236	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	235	7		
Victoria & Moy (2014)	N088	633071	7886236	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	228	13		
Victoria & Moy (2014)	N089	633063	7886609	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	187	32		
Victoria & Moy (2014)	N089	633063	7886609	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	55	25		
Victoria & Moy (2014)	N089	633063	7886609	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	167	20		
Victoria & Moy (2014)	N089	633063	7886609	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	50	18		
Victoria & Moy (2014)	N089	633063	7886609	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	187	32		
Victoria & Moy (2014)	N089	633063	7886609	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	55	25		
Victoria & Moy (2014)	N089	633063	7886609	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	167	20		
Victoria & Moy (2014)	N089	633063	7886609	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	50	18		
Victoria & Moy (2014)	N090	632949	7886663	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S2	110	5		
Victoria & Moy (2014)	N090	632949	7886663	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S2	175	25		
Victoria & Moy (2014)	N090	632949	7886663	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S2	59	35		
Victoria & Moy (2014)	N092	634978	7883839	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	30	44		
Victoria & Moy (2014)	N092	634978	7883839	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	30	44		
Victoria & Moy (2014)	N093	634889	7884078	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	97	25		
Victoria & Moy (2014)	N093	634889	7884078	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	157	20		
Victoria & Moy (2014)	N093	634889	7884078	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	152	27		
Victoria & Moy (2014)	N093	634889	7884078	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	97	25		
Victoria & Moy (2014)	N093	634889	7884078	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	157	20		
Victoria & Moy (2014)	N093	634889	7884078	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	152	27		
Victoria & Moy (2014)	N095	634549	7884489	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	10	20		
Victoria & Moy (2014)	N095	634549	7884489	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	197	13		
Victoria & Moy (2014)	N095	634549	7884489	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	160	11		
Victoria & Moy (2014)	N095	634549	7884489	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			287	9
Victoria & Moy (2014)	N095	634549	7884489	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			270	6
Victoria & Moy (2014)	N095	634549	7884489	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			195	4

Victoria & Moy (2014)	N102	636201	7890619	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	91	40		
Victoria & Moy (2014)	N102	636201	7890619	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	87	31		
Victoria & Moy (2014)	N102	636201	7890619	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	80	45		
Victoria & Moy (2014)	N108	635931	7889852	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	100	40		
Victoria & Moy (2014)	N108	635931	7889852	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	81	27		
Victoria & Moy (2014)	N109	635999	7889689	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	83	36		
Victoria & Moy (2014)	N109	635999	7889689	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	70	30		
Victoria & Moy (2014)	N109	635999	7889689	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			90	30
Victoria & Moy (2014)	N112	636532	7889524	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	95	10		
Victoria & Moy (2014)	N112	636532	7889524	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			60	25
Victoria & Moy (2014)	N112	636532	7889524	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			55	35
Victoria & Moy (2014)	N142	639268	7885058	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	86	29		
Victoria & Moy (2014)	N142	639268	7885058	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	59	44		
Victoria & Moy (2014)	N142	639268	7885058	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	63	38		
Victoria & Moy (2014)	N142	639268	7885058	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	91	61		
Victoria & Moy (2014)	N142	639268	7885058	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	109	56		
Victoria & Moy (2014)	N143	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	70	63		
Victoria & Moy (2014)	N143	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	71	55		
Victoria & Moy (2014)	N143	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	74	63		
Victoria & Moy (2014)	N143	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	97	59		
Victoria & Moy (2014)	N143	639459	7884237	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	Lm			100	64
Victoria & Moy (2014)	N144	639613	7883878	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	80	32		
Victoria & Moy (2014)	N144	639613	7883878	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	90	35		
Victoria & Moy (2014)	N144	639613	7883878	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	76	55		
Victoria & Moy (2014)	N144	639613	7883878	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	82	45		
Victoria & Moy (2014)	N144	639613	7883878	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	5	35		
Victoria & Moy (2014)	N145	639732	7884003	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	85	40		
Victoria & Moy (2014)	N145	639732	7884003	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	30	80		
Victoria & Moy (2014)	N145	639732	7884003	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	12	84		
Victoria & Moy (2014)	N146	639145	7884156	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	87	53		
Victoria & Moy (2014)	N146	639145	7884156	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	85	55		
Victoria & Moy (2014)	N146	639145	7884156	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	75	60		
Victoria & Moy (2014)	N146	639145	7884156	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	144	86		
Victoria & Moy (2014)	N146	639145	7884156	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	122	87		
Victoria & Moy (2014)	N147	639061	7884496	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	80	52		
Victoria & Moy (2014)	N147	639061	7884496	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	68	58		
Victoria & Moy (2014)	N147	639061	7884496	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	65	51		
Victoria & Moy (2014)	N147	639061	7884496	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	65	74		

Victoria & Moy (2014)	N147	639061	7884496	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	100	87		
Victoria & Moy (2014)	N148	638870	7884756	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	160	40		
Victoria & Moy (2014)	N148	638870	7884756	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	65	50		
Victoria & Moy (2014)	N149	638816	7885032	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	95	55		
Victoria & Moy (2014)	N149	638816	7885032	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	90	85		
Victoria & Moy (2014)	N149	638816	7885032	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	160	79		
Victoria & Moy (2014)	N176	635038	7886398	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	90	17		
Victoria & Moy (2014)	N176	635038	7886398	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	20	7		
Victoria & Moy (2014)	N176	635038	7886398	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	50	40		
Victoria & Moy (2014)	N176	635038	7886398	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	90	17		
Victoria & Moy (2014)	N176	635038	7886398	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	20	7		
Victoria & Moy (2014)	N176	635038	7886398	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	50	40		
Victoria & Moy (2014)	N177	634669	7886228	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	110	14		
Victoria & Moy (2014)	N177	634669	7886228	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S2	60	30		
Victoria & Moy (2014)	N177	634669	7886228	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	184	85		
Victoria & Moy (2014)	N178	634096	7886278	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	60	13		
Victoria & Moy (2014)	N178	634096	7886278	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	145	23		
Victoria & Moy (2014)	N178	634096	7886278	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	275	48		
Victoria & Moy (2014)	N178	634096	7886278	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	155	25		
Victoria & Moy (2014)	N178	634096	7886278	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S2	125	27		
Victoria & Moy (2014)	N178	634096	7886278	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	85	45		
Victoria & Moy (2014)	N181	633930	7886074	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	80	12		
Victoria & Moy (2014)	N181	633930	7886074	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	135	20		
Victoria & Moy (2014)	N181	633930	7886074	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	80	12		
Victoria & Moy (2014)	N181	633930	7886074	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S1	135	20		
Victoria & Moy (2014)	N181	633930	7886074	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			100	14
Victoria & Moy (2014)	N181	633930	7886074	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	10	80		
Victoria & Moy (2014)	N182	634880	7885331	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	135	15		
Victoria & Moy (2014)	N182	634880	7885331	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	S0	125	15		
Victoria & Moy (2014)	N182	634880	7885331	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	Lm			90	17
Victoria & Moy (2014)	N182	634880	7885331	Lapinha da Serra	Fm. Serra de Santa Helena	fratura	5	87		
Victoria & Moy (2014)	N202	631764	7890158	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	10	15		
Victoria & Moy (2014)	N202	631764	7890158	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	82	29		
Victoria & Moy (2014)	N202	631764	7890158	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S2	179	85		
Victoria & Moy (2014)	N202	631764	7890158	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	Lm			85	30
Victoria & Moy (2014)	N202	631764	7890158	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	Lm			82	27
Victoria & Moy (2014)	N203	631854	7889881	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	260	10		
Victoria & Moy (2014)	N203	631854	7889881	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	260	10		

Victoria & Moy (2014)	N203	631854	7889881	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	280	70		
Victoria & Moy (2014)	N204	632241	7889601	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	118	15		
Victoria & Moy (2014)	N204	632241	7889601	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	Lm			80	27
Victoria & Moy (2014)	N204	632241	7889601	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	Lm			240	15
Victoria & Moy (2014)	N205	632658	7889706	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	95	15		
Victoria & Moy (2014)	N205	632658	7889706	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	80	34		
Victoria & Moy (2014)	N206	633012	7889601	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	45	15		
Victoria & Moy (2014)	N206	633012	7889601	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	30	38		
Victoria & Moy (2014)	N206	633012	7889601	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	Lm			315	5
Victoria & Moy (2014)	N207	633004	7889602	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	65	25		
Victoria & Moy (2014)	N207	633004	7889602	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	150	88		
Victoria & Moy (2014)	N208	633041	7889859	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	34	15		
Victoria & Moy (2014)	N208	633041	7889859	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	70	21		
Victoria & Moy (2014)	N210	632072	7890158	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	230	24		
Victoria & Moy (2014)	N210	632072	7890158	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	Lm			290	12
Victoria & Moy (2014)	N213	637665	7887260	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	80	40		
Victoria & Moy (2014)	N213	637665	7887260	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	74	42		
Victoria & Moy (2014)	N213	637665	7887260	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	85	60		
Victoria & Moy (2014)	N213	637665	7887260	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	285	55		
Victoria & Moy (2014)	N214	637538	7887547	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S0	74	42		
Victoria & Moy (2014)	N214	637538	7887547	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	fratura	350	60		
Victoria & Moy (2014)	N313	635358	7884741	Lapinha da Serra	Fm. Sete Lagoas	S1	65	20		

APÊNDICE A– Mapa geológico da Serra do Cipó



APÊNDICE B- Mapa geológico da Lapinha da Serra

