

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Proveniência dos sedimentos das sequências Capiru e Votuverava, Sul da
Faixa Ribeira: Implicações Tectônicas**

MONOGRAFIA DO TRABALHO DE FORMATURA

TF - 20/16

MARCELA TRINDADE MENDES

Orientador: Prof. Dr. Miguel Angelo Stipp Basei

Coorientadora: MSc. Larissa da Rocha Santos

**SÃO PAULO
2020**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Proveniência dos sedimentos das sequências Capiru e Votuverava, Sul da
Faixa Ribeira: Implicações Tectônicas**

**MONOGRAFIA DO TRABALHO DE FORMATURA
TF - 20/16**

marcela Trindade Mendes

Marcela Trindade Mendes
(Aluna)



Prof. Dr. Miguel Angelo Stipp Basei
(Orientador)

**SÃO PAULO
2020**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Serviço de Biblioteca e Documentação do IGc/USP. Ficha catalográfica gerada automaticamente com dados fornecidos pelo(a) autor(a) via programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP
Bibliotecários responsáveis pela estrutura de catalogação da publicação: Sonia Regina Yole Guerra - CRB-8/4208 | Anderson de Santana - CRB-8/6658

Mendes, Marcela Trindade

Proveniência dos sedimentos das sequências Capiru e Votuverava, Sul da Faixa Ribeira: implicações tectônicas / Marcela Trindade Mendes - São Paulo, 2020.

68 p.: il.

Trabalho de formatura : IGc/USP

Orient.: Basei, Miguel Angelo Stipp

Co-orient: Santos, Larissa da Rocha

1. Faixa Ribeira Sul (FRS) 2. Formação Votuverava 3. Formação Capiru 4. Zona de Cisalhamento Lancinha (ZCL) 5. Geocronologia I.
Título

AGRADECIMENTOS

À minha família, principalmente aos meus pais, Alexandra e Cesar; minhas avós, Luci e Zilda; minhas tias Renata, Rita e Adriana; que sempre me incentivaram a seguir meus interesses nos estudos e me apoiaram, psicologicamente e financeiramente, para que eu pudesse morar em São Paulo e concluir o ensino superior. Ao meu falecido avô, Zuza, que me recebia nos fins de semana de volta à Campinas com minhas comidas prediletas e que me deixou tantos ensinamentos de como viver a vida de forma leve.

Ao corpo docente do curso de Geologia da USP, que compartilhou comigo e meus colegas seus valiosos conhecimentos e satisfações em estudar sobre essa ciência fascinante. Aos orientadores do trabalho de formatura por me instigarem com o assunto tratado e me apoiarem na elaboração deste.

Ao meu companheiro, Rodrigo, que desde o começo do curso foi meu amigo e que me encorajou a correr atrás dos meus objetivos profissionais e pessoais, dividindo comigo as dificuldades e as felicidades pelos frutos gerados do nosso esforço. Admiro muito o amor que você tem pela geologia e do profissional que você se tornou.

Aos meus amigos geólogos Baby, Nena e Pola, que dividiram comigo essa caminhada, os momentos mais engraçados e todos os perrengues da graduação. Aos amigos futuros geólogos Dori e Faíxca, que se tornaram tão especiais. À toda família geológica feita pelo Brasil

Ao meu filho, Otto, que trouxe tanta alegria para minha vida e um amor que me faz querer ser melhor todos os dias. A você dedico este trabalho.

RESUMO

O interesse da pesquisa desenvolvida neste projeto foi checar a possibilidade das formações Votuverava e Capiru da Faixa Apiaí terem origem em bacias distintas, desenvolvidas em no Terreno Apiaí e na Microplaca Curitiba, respectivamente, justapostas somente ao final do Neoproterozóico no Cinturão Ribeira. Os métodos utilizados para a realização do mesmo foram: revisão bibliográfica; coleta de amostras em trabalho de campo, análise petrográfica, análise estrutural e geocronologia U-Pb em cristais de zircão detritico. As análises petrográficas e estruturais corroboram com dados da literatura, sendo discutidos em relação aos ambientes deposicionais de cada unidade e interpretados através de uma seção geológica. A análise de proveniência indicou que ambas unidades evoluíram em margens passivas extensionais e há uma contribuição principal comum para todas as amostras em ± 2100 Ma. No entanto, são registradas idades máximas de sedimentação em torno de 1750 Ma para o Votuverava e de 1220 Ma para o Capiru, contrapondo a hipótese de evolução contemporânea das unidades em uma mesma bacia. Pelo fato do padrão geocronológico detritico não ter sido conclusivo sobre a origem das formações pesquisadas, conclui-se que os resultados deste projeto não são suficientes para confirmar a hipótese de justaposição das sequências Votuverava e Capiru durante a formação do Gondwana Ocidental, mas reforça evidências do modelo tectônico proposto de evolução em margens passivas opostas.

Palavras-chave: Faixa Ribeira Sul (FRS), Formação Votuverava, Formação Capiru, Zona de Cisalhamento Lancinha (ZCL), Geocronologia U-Pb de zircão detritico.

ABSTRACT

The main goal of this research was to evaluate the hypothesis in which Votuverava and Capiru supracrustal Fm., Southern Ribeira Belt, were originated in distinct basins, developed on Apiaí Terrene and Curitiba Microplate, respectively, juxtaposed in late Neoproterozoic. The methods used in this work were: a literature review, petrographic analysis of selected samples, structural analysis and U-Pb geochronology of detrital zircon. The petrographic and structural data support the reviewed literature, and were discussed regarding the depositional setting for each unit, interpreted from a surveyed geologic section. The provenance analysis indicated that both formations evolved upon extensional passive margins, and share a similar and consistent contribution of \pm 2,100 Ma detrital zircon ages. However, the maximum sedimentation ages of 1,750 Ma for Votuverava and 1,220 Ma for Capiru, counters the synchronous sequence evolution hypothesis in a single basin. As the geochronologic signatures are inconclusive to explain the geological settings of the studied formations, the results of this project alone are not sufficient to confirm the hypothesis of the Votuverava and Capiru sequences juxtaposition during the formation of Western Gondwana. Nevertheless, the results provide evidence supporting the tectonic model based on evolution in distinct passive margins.

KEYWORDS: Southern Ribeira Belt, Votuverava Formation, Capiru Formation, Lencinha Shear Zone, detrital zircon U-Pb geochronology.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	1
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	1
3.1 Contexto tectono-estrutural	5
3.2 Unidades de interesse.....	7
3.2.1 Formação Votuverava.....	8
3.2.2 Formação Capiru	10
4. MATERIAIS E MÉTODOS	12
4.1 Fundamentação bibliográfica.....	12
4.2 Trabalho de campo e coleta das amostras	12
4.3 Análise petrográfica e estrutural	13
4.4 Análise geocronológica	14
4.5.1 Preparo das amostras.....	14
4.5.2 Imageamento eletrônico de varredura.....	15
4.5.3 LA-ICP-MS.....	15
4.5.4 Tratamento dos dados	16
5. RESULTADOS	17
5.1 Análises petrográficas	17
5.2 Análise estrutural.....	20
5.3 Análises geocronológicas.....	25
6. DISCUSSÃO	29
7. NOTAS GERAIS.....	34
8. CONCLUSÕES.....	34
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
APÊNDICE A: FIGURAS DO TRABALHO DE CAMPO, AMOSTRAS DE MÃO E DEMAIS IMAGENS DAS LÂMINAS PETROGRÁFICAS	39
APÊNDICE B: TABELAS DE RESULTADOS GEOCRONOLÓGICOS	40

1. INTRODUÇÃO

Ao sul da Faixa de Dobramentos Ribeira, os Terrenos Apiaí e Curitiba possuem adjacência através das Formações Votuverava e Capiru, respectivamente. Estas últimas são reconhecidas e reunidas no Grupo Açuengui (Fiori, 1992), porém estudos recentes sugerem que ambas unidades representam bacias marginais desenvolvidas nas bordas de dois segmentos continentais distintos: o cráton Rio de la Plata/Paranapanema e a Microplaca Curitiba (Basei et al., 1992; Siga Jr. et al., 2011; Faleiros et al., 2011a).

Deformadas e metamorfizadas, as formações são separadas geologicamente pela Zona de Cisalhamento Lancinha (ZCL). De acordo com a hipótese do novo modelo tectônico, é sugerido que as sequências Capiru e Votuverava foram justapostas durante a colagem do Gondwana Ocidental, com a ZCL representando em superfície o traço da sutura neoproterozóica dos terrenos pela orogenia Brasiliana (Basei et al., 1992).

Considerando a conjectura, o projeto propôs, através da caracterização e comparação geológica das unidades, obter informações a fim de embasar o estudo de proveniência das formações e melhor elucidar a hipótese de evolução em bacias sedimentares distintas.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é detalhar características das Formações Votuverava e Capiru com o intuito de fornecer dados para a interpretação do significado tectônico dessas unidades, verificando a hipótese de evolução em bacias sedimentares distintas e, consequentemente, colaborando com as discussões de um novo modelo evolutivo do Gondwana Ocidental na porção sul do Cinturão Ribeira.

Para a comparação das sequências, foi estabelecida a seguinte metodologia: (a) revisão bibliográfica; (b) análises litológica-petrográfica e estrutural; e (c) definição do padrão geocronológico através da datação de zircões detriticos dos metassedimentos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A orogenia Brasiliana/ Pan-Africana ocorreu entre 900 a 540 Ma (Silva et al., 2005) através de uma série de colisões continentais e fechamento de oceanos, durante a fusão do Rodínia para a remontagem de terrenos no Gondwana Ocidental no Neoproterozóico (Figura 1), resultando na deformação geral dos segmentos crustais e no atual quadro geológico do sudeste do Brasil (Faleiros et al., 2011b; Basei et al., 1998a, 2008). O processo evolutivo e os eventos de sobreposição em vários cenários tornaram as relações entre as unidades tectônicas envolvidas nesse ciclo muito mais complexas.

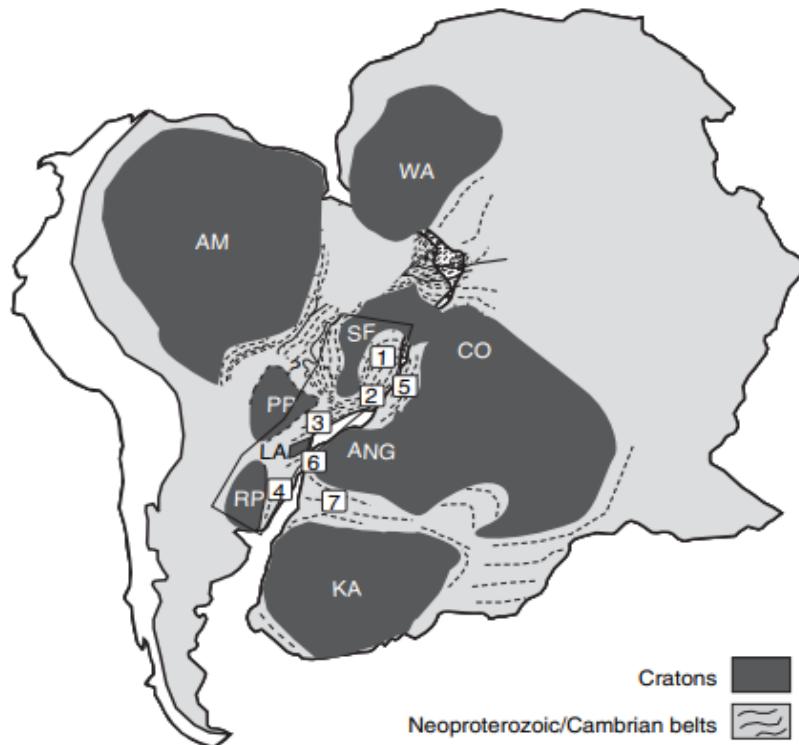


Figura 1: Cinturões móveis e crátions do Gondwana Ocidental no Neoproterozóico. *Cinturões Neoproterozóicos:* 1- Cinturão Araçuaí; 2- Cinturão Ribeira central; 3- Cinturão Ribeira Meridional; 4- Cinturão Dom Feliciano; 5- Cinturão Congo Oeste; 6- Cinturão Kaoko; 7- Damara Bel. *Principais crátions:* AM- Amazônia; SF- São Francisco; LA- Luís Alves; RP- Rio de la Plata; PP- Paranapanema WA- West Africa; CO- Congo; ANG- Angola; KA- Kalahari (Heilbron et al., 2008).

Neste contexto, o Cinturão Ribeira Meridional (Figura 2), ou a Faixa de Dobramentos Ribeira Sul (FDRS), é um orógeno acrecional e colisional que amalgamou os crátions Paranapanema, São Francisco, Luís Alves e Congo, dominado por terrenos tectono-estratigráficos de diversas origens, limitados por zonas de falhas (Faleiros, 2008; Faleiros et al., 2011a). Está situado à centro-sul da Província Mantiqueira (Almeida, 2004) e se estende do sul do Estado de São Paulo até o leste do Estado do Paraná. A FRS compreende, além do Terreno Paranaguá, o Terreno Apiaí (TA) e a Microplaca Curitiba (MC) (Basei et al., 1992a, 2008).

A relação entre a Faixa Apiaí e a Microplaca Curitiba ainda não é totalmente entendida. Devido a tectônica regional, somente porções das colunas estratigráficas das unidades envolvidas estão preservadas entre as zonas de cisalhamento (Basei et al., 1992, 2008; Faleiros et al., 2011a, 2011b).

No mesmo sentido, não há consenso sobre a estratigrafia do TA. Suas sequências são compostas por rochas supracrustais metavulcanossedimentares na fácies xisto-verde, com intrusões de granitoides cálcio-alcalinos e núcleos gnaisse-migmatíticos paleoproterozóicos (Cury et al., 2002), limitadas por zonas de cisalhamentos, sendo as principais Itapirapuã, Morro Agudo, Ribeira, Figueira e Quarenta Oitava (Passarelli et al., 2011).

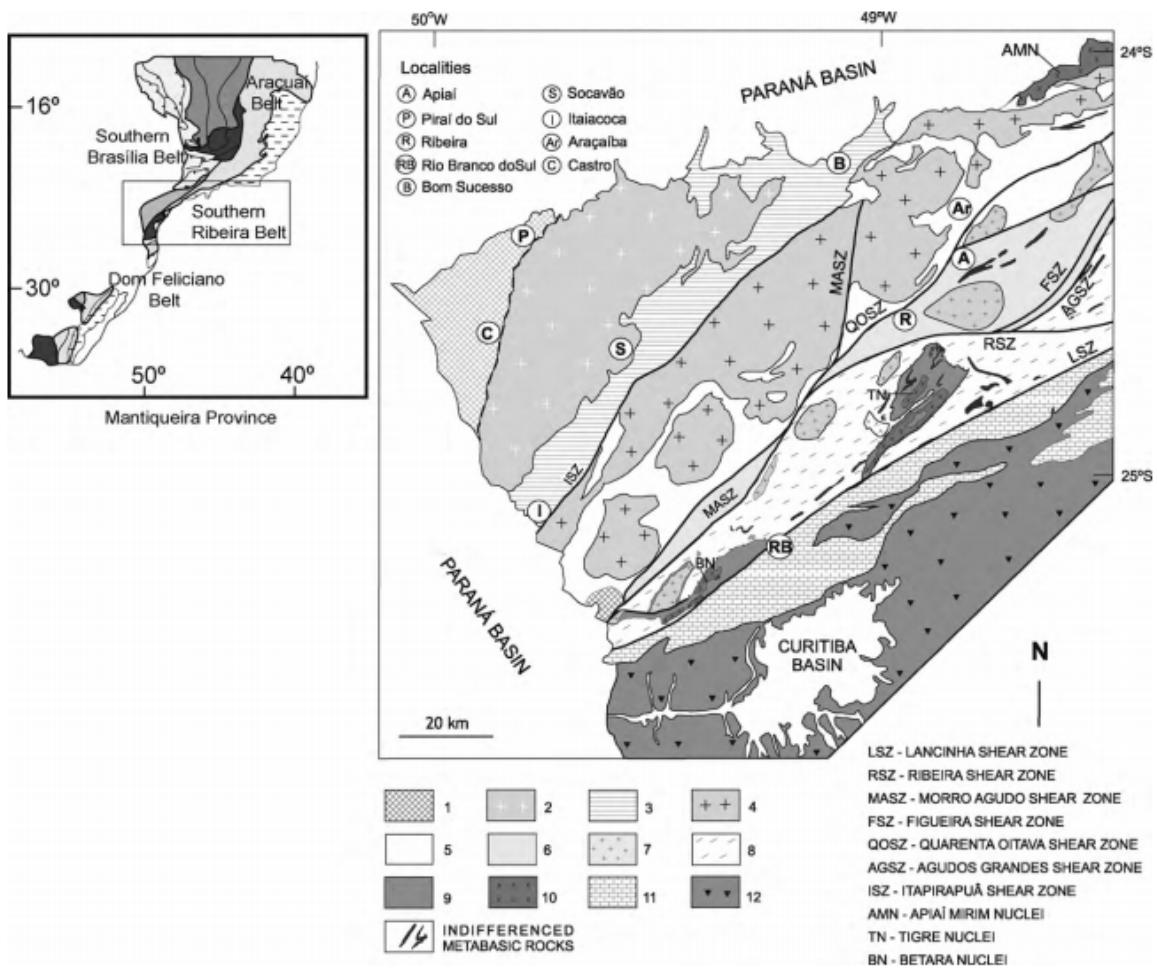


Figura 2: Mapa geológico do Cinturão Ribeira Sul (Basei et al., 2010): 1- Bacias de Castro e Camarinha pós tectônicas; 2- Batólito Cunhaporanga (610-590 Ma); 3- Cinturão Itaiacoca (1030-980 Ma e 630 Ma); 4- Batólito Três Córregos (630-600 Ma); 5- Formação Água Clara (ca. 1450 Ma); 6- Formações Lageado, Antinha e Iporanga (ca. 600 Ma); 7- Granitos sin a colisionais (590-570 Ma); 8- Formação Votuverava (ca. 1450 Ma); 9- Formações Perau e Betara (ca. 1450 Ma); 10- Embasamento cálcio-alcalino deformado *in liers* (2200 Ma) e sienogranito tipo A (1750 Ma); 11- Formação Capiru; 12- Complexo Atuba (embasamento da Microplaca Curitiba - protólitos ígneos de 2100 Ma e sobreposição Neoproterozóica de 600 Ma); 13- rochas maficas indiferenciadas (ca. 1450 Ma).

Em contexto de margem passiva, suas sequências foram depositadas diacronicamente e apresentam datações de idade Calimiana para as Formações Água Clara, Betara, Perau e o Grupo Votuverava (de 1500 a 1400 Ma), Steniana a Toniana para o Grupo Lajeado (entre 1400 e 880 Ma), Toniana para a parte inferior do Grupo Itaiacoca (de 1000 a 900 Ma) e Ediacarana para a parte superior do Grupo Itaiacoca e a Formação Iporanga (entre 630 e 580 Ma), além intrusões de batólitos graníticos Três Córregos, Cunhaporanga e Agudos Grandes relacionados a arcos magnéticos (Siga Jr et al. 2011; Campanha et al., 2015).

Descrito como um bloco crustal antigo localizado entre o Domínio Apiaí/Embu e a Microplaca Luís Alves, o Terreno ou Microplaca Curitiba (MC) é limitado a noroeste pela Zona de Cisalhamento Lancinha (ZCL) e a sudeste através da Zona de Cisalhamento Piên (ZCP). Contempla rochas do embasamento representado pelo Complexo Atuba (CA), um

fragmento de um cinturão móvel composto por rochas ígneas e metamórficas (Siga Jr., 2010), e coberturas metassedimentares das Formações Turvo-Cajati e Capiru (Basei et al. 1992). O CA possui contato tectônico com a Formação Capiru na região do Núcleo Setuva, em forma elíptica alongada em NE-SW, paralelamente à ZCL. Assim como na Faixa Apiaí, na MC houve intrusões graníticas durante todo o período de acreção de terrenos, colisional e pós colisional (Basei et al., 1998a; Faleiros et al., 2011a; Campanha et al., 2015).

As Formações Capiru e Turvo-Cajati são originárias de margem passiva plataformal-continental e, localmente, foram metamorfizadas em condições que variam de baixo a alto grau (Basei et al., 1998a). Com dados petrológicos e geocronológicos, Ricardo et al. (2020) sugerem que os metassedimentos de fácies xisto verde e anfibolito da Fm. Turvo-Cajati, situados em uma bacia de back-arc, foram justapostos em uma colisão com os metassedimentos de fácies granulito na borda da MC junto ao CA, indicando que a formação representa um cinturão metamórfico associado a uma zona de sutura Ediacarana do Cinturão Ribeira.

A estratigrafia de Fiori (1992) propõe o Grupo Açuengui composto pelas Formações Capiru e Votuverava, além da Formação Antinha, sugerindo terem sido depositadas em uma mesma bacia. Levando em conta padrões estruturais, as falhas existentes, os ambientes deposicionais e a comparação entre os conjuntos litológicos, Fiori & Gaspar (1993) elaboraram colunas estratigráficas para as formações do Grupo Açuengui, a serem discutidas posteriormente. Eles ressaltam que as modificações introduzidas pelos cavalgamentos geram duplicações da coluna estratigráfica original, justapondo rochas geradas em subambientes deposicionais antes separados por grandes distâncias, enquanto as transcorrências são tardias, recortando e redistribuindo lateralmente o padrão anterior. Para a Falha da Lacinha, o deslocamento horizontal presumido é superior a uma centena de quilômetros, refletindo que as unidades que hoje são adjacentes poderiam estar deslocadas de sua posição original de uma distância equivalente (Fiori, 1985; Fiori & Gaspar, 1993).

Tal conceito de Grupo Açuengui vem sendo contraposto em novos estudos (Siga Jr. et al., 2011; Faleiros et al., 2011a) que ressaltam as diferenças litológicas, estruturais, geoquímicas e geocronológicas entre as unidades do mesmo, sustentando evidências propostas no modelo tectônico de Basei e colaboradores (1992). De acordo com a hipótese, a aglutinação do Terreno Apiaí com a Microplaca Curitiba é o produto de sucessivas subducções e colisões ao final do Proterozóicos Superior, em que a Zona de Cisalhamento Lacinha representa, em superfície, o traço da antiga sutura do processo de convergência. Neste contexto, as formações teriam evoluído em placas distintas, sendo a Capiru relacionada a Microplaca Curitiba e a Votuverava ao cráton Rio de la Plata/Paranapanema, justapostas durante a colagem da porção oeste do supercontinente Gondwana.

3.1 Contexto tectono-estrutural

De acordo com Fiori (1992), pode ser identificado no Grupo Açuengui três sistemas deformacionais, conhecidos como Sistema de Cavalgamento Açuengui (SCA), o Sistema de Dobramento Apiaí (SDA) e o Sistema de Transcorrência Lanchinha (STL).

Sendo o mais antigo evento de deformação, o Sistema de Cavalgamento Açuengui possui como principais estruturas as falhas de cavalgamento; foliações S1 (ou C), S e S2; dobras-falha D1 em micro, meso e macroescalas; além de diversas estruturas lineares. As foliações S1 e S2 são clivagens ardosianas com desenvolvimento de micrólitos. Suas dobras D1 possuem extensões centimétricas a decimétricas, fechadas a isoclinais, representando testemunhos de um intenso processo de transposição do S0, associado ao sistema de cavalgamento com movimentação de noroeste para sudeste. Ao todo, Fiori (1992) cartografou 16 falhas de cavalgamento que compartimentam o Grupo Açuengui, preservando internamente, porções da estratigrafia original que raramente possuem topos invertidos, indicando a ausência de grandes dobras recumbentes.

As estruturas presentes no Sistema de Dobramento Apiaí podem ser reconhecidas em escalas de amostra de mão até quilométricas em mapas, desenhadas por S0 e S1, com dimensões e formas variadas. Exibem planos axiais geralmente subverticalizados e foliação plano axial S3. Os eixos geralmente são sub-horizontais com direção nordeste-sudoeste e, em estereogramas, mostram predomínio de caiimentos para sudoeste na Formação Capiru e para noroeste nas Formações Votuverava e Antinha. Essas dobras são responsáveis pela disposição espacial atual da foliação S1 e das falhas de cavalgamento.

Posteriormente, o STL justapõe-se aos empilhamentos tectônicos preexistentes e infere nova compartimentação tectônica da área, através das principais falhas transcorrentes e diversas estruturas secundárias, como falhas sintéticas, antitéticas e de empurrão. Tal evento subdividiu o grupo em três grandes blocos, denominados Cerro Azul, Tunas e Bocaiúva do Sul. O padrão possui dobras escalonadas como estruturas secundárias situadas próximas às transferências principais, sendo a Falha da Lanchinha a que melhor o representa. Fiori (1985) ainda concluiu que houve um deslocamento mínimo lateral direito de 114 km para a Falha da Lanchinha, com reativação anti-horária dada inflexão de dois diques de diabásio na área do Morro dos Três Irmãos e deformação de seixos na Formação Camarinha.

Na Faixa Ribeira Sul, a Zona de Cisalhamento Cubatão-Lanchinha (ZCL) é o principal sistema de falhas NE-SW que ocorre por mais de 200 km, desde o Rio de Janeiro até o sul do Paraná (Fiori, 1992; Fassbinder, 1996; Sadowski, 1984). Fassbinder (1990), em sua análise estrutural próxima ao município de Rio Branco do Sul (PR) evidenciou que a ZCL apresenta caráter transpressional e direção média de máximo cisalhamento em N54°E/76°NW, em virtude de movimento dextral. Ele detalha que o lineamento possui, ao todo, 1.910 km de comprimento, sofrendo um deslocamento de 346 km na evolução Pré-

Brasiliana. O autor também apresentou domínios caracterizados por fraturamentos, cisalhamentos e falhas retilíneas devido a atuação da ZCL. Com deformação aumentando progressivamente de NW para SE até a falha principal Lancia-Cubatão, o autor diferencia dois eventos transpressivos com características estruturais e metamórficas distintas, denominados Cubatão e Lancia.

No Paraná, o Evento Cubatão afetou rochas pertencentes ao embasamento cristalino com deformação intensa em fácies anfibolito, em uma relação de fenômenos dúctil-rúptil e dúctil-rúptil superimpostos, onde podem ser encontradas foliações miloníticas e ultramiloníticas com intenso estiramento mineral associado. Já o Evento Lancia é resultado de reativações de planos de fraqueza mais superficiais do primeiro evento, na forma de foliações rúpteis-dúcteis com metamorfismo de fácies verde baixo, apresentando lenticularizações, rotações de porfiroclastos, percolação de fluidos hidrotermais, dobras escalonadas, falhas sintéticas e antitéticas, fraturamento com esporádicas brechas, reorientação das camadas sedimentares e instalação de zonas lineares de cisalhamento. Fassbinder (1990) afirma que não existem dados que indiquem uma transição entre os dois eventos, sendo a discordância estrutural e metamórfica um provável resultado da reativação desse lineamento.

A falha principal Lancia, desenvolvida durante o segundo evento, possui direção média N60°E. O autor reconheceu zonas de falhas sintéticas e antitéticas, com direções médias de N85°E e N20°W, respectivamente; falhas de empurrão e estruturas disruptivas com mergulhos para NW; estruturas em flor positivas; eixos X, Y e Z do elipsoide de deformação apresentando direções N33°E/Horizontal, N90°W/Vertical e N57°W/Horizontal, respectivamente; além de estruturas tipo duplex de Riedel (Figura 3). Com a disposição das estruturas de Riedel, concluiu que o Evento Lancia sofreu um deslocamento lateral direito, enquanto no Evento Cubatão o sentido do deslocamento não foi identificado, devido os reduzidos afloramentos nesta área (Fassbinder, 1990).

Com origem no Pré-Brasiliense, a falha principal de Cubatão-Além Paraíba foi estruturada em rochas gnáissicas e evoluiu para o Evento Transcorrente Cubatão. Ao decorrer do tempo geológico, ocorreram várias reativações deste plano de fraqueza e formações de pequenas zonas transtensionais, alinhadas na direção N49°E. A continuação de esforços durante a tectônica de cavalcamento gerou novas falhas transcorrentes e reativação dos planos de fraqueza, que representam o Evento Lancia em condições metamórficas incipientes. Um dos últimos principais pulsos de reativação formaram diques básicos Juro-Cretáceos, com orientação NW-SE de forma transversal a ZCL, posteriormente deformados em ambiente rúptil (Fassbinder, 1990).

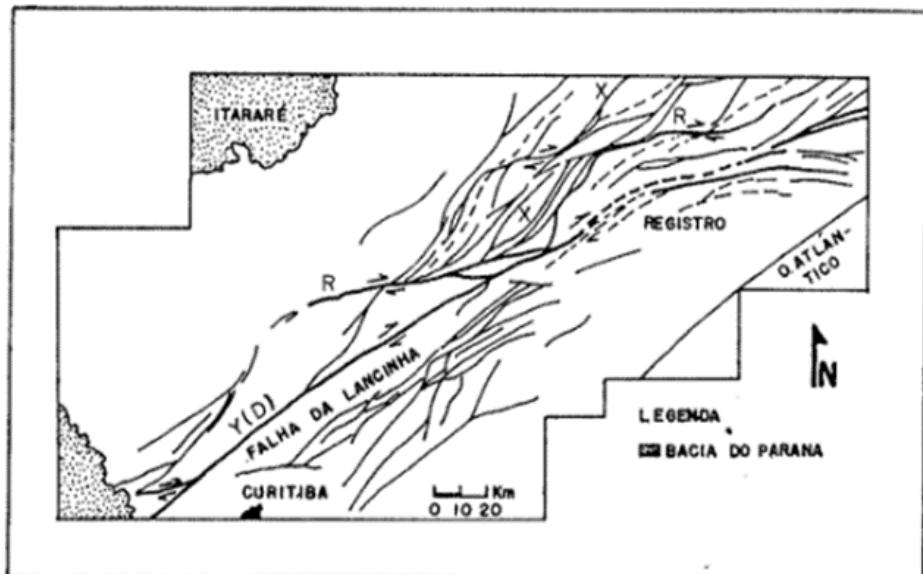


Figura 3: Representação do duplex de Riedel ao longo do Lineamento Cubatão-Lancinha (Fassbinder, 1990).

Fassbinder (1990) não descarta a hipótese de evolução do lineamento ter sido totalmente estruturada no Brasiliano, apoiado por outros autores que associam as estruturas da ZCL ao processo oblíquo de convergência e fechamento do Oceano Adamastor no Gondwana, formando zonas transpressionais entre 625 a 595 Ma no sul da Faixa Ribeira (Campanha & Sadowski, 2002; Passarelli et al., 2011).

3.2 Unidades de interesse

No extremo sul-sudeste do Cinturão Ribeira, a ZCL separa as Formações Votuverava e Capiru e, consequentemente, o Cinturão Ribeira da Microplaca Curitiba (Basei et al., 1992; Faleiros, 2008). Assim, estudos aprofundados dessas unidades são fundamentais para compreender o modelo tectônico teórico que envolve o movimento de convergência e a colisão entre o TA e a MC.

O mapa geológico que relaciona as unidades de estudo encontra-se na Figura 4, onde estão plotados os pontos de pesquisa levantados em campo para o presente trabalho. Seu desenvolvimento foi realizado a partir do levantamento da Folha SG.22 Curitiba da Mineropar (1985).

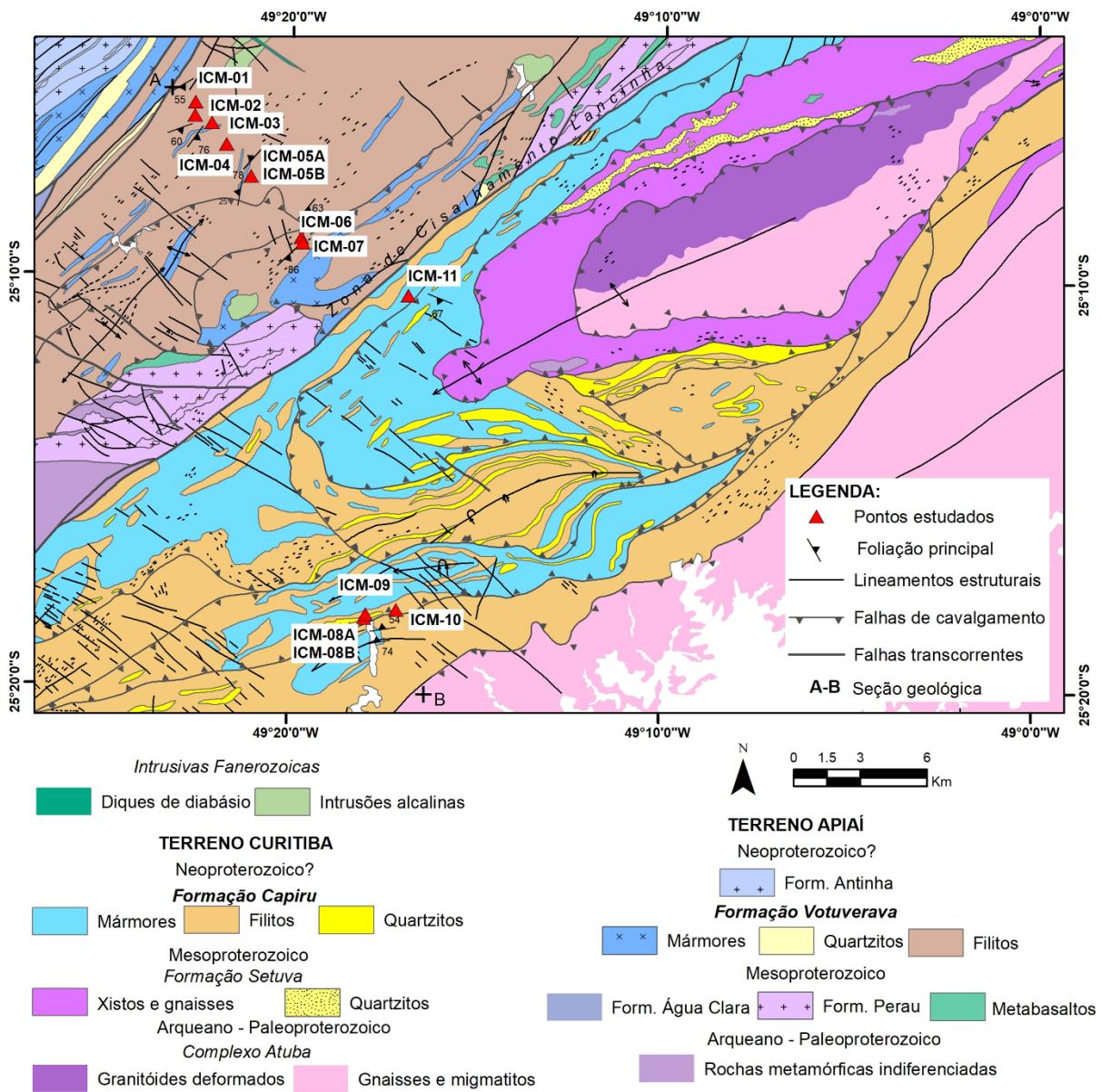


Figura 4: Mapa geológico das unidades de interesse e localização dos pontos de estudo (modificado de Mineropar (1995), em escala 120.000).

3.2.1 Formação Votuverava

Esta formação limitada por Fiori (1992) entre as Falhas Lancinha e do Morro Agudo, subdividida em três conjuntos litológicos, nomeados Bromado, Coloninha e Saivá.

O conjunto Bromado compreende filitos, quartzitos, metaconglomerados e filonitos. A litologia mais característica encontrada é a conglomerática, sendo polimíticos de matriz arenosa a pelítica ou ausente, com clastos que variam de grânulos a matações de meio metro, aflorantes em camadas contínuas de até centenas de metros. O principal corpo de metaconglomerado possui características que o relacionam com origens glaciais, como seixos facetados e pouco retrabalhamento de clastos em sedimento muito imaturo, sendo correlacionado a um tilito e a Formação Iporanga.

Já os filitos possuem coloração avermelhada a cinza-esbranquiçada, com aspectos rítmicos, em alternância milimétrica de silte e argila, ou homogêneos e maciços. Mantêm contatos abruptos com os quartzitos, que possuem granulometria variando de fina a grossa, com presença de grânulos em um grau baixo de seleção, geralmente encontrados em corpos lenticulares com possança de até dezenas de metros.

Por ser o conjunto litológico mais característico do Votuverava, o Coloninha abrange metarenitos, metassiltitos, metaritmitos e metaconglomerados, que são intimamente relacionados por contatos gradativos em sucessões estratigráficas turbidíticas. Quando proximais, os turbiditos possuem abundância em conglomerados monomíticos com estratificações cruzadas na base do conjunto, enquanto no topo ocorrem bancos de metassiltitos avermelhados maciços no geral.

Possuindo na base um filito marrom escuro, resultante do seu alto teor de matéria carbonosa, o conjunto Saivá é sucedido por um banco lenticularizado de mármore calcítico cinza escuro, onde são localmente reconhecidos bandamentos e estruturas sedimentares primárias, estratificações cruzadas, granodecrescência, níveis oolíticos e brechas sinsedimentares. Dobrado, apresenta maior espessura junto ao fechamento da Sinforma do Rio Abaixo e adelgaça-se para leste, tornando-se mais homogêneo e escuro como metamarga ou metarrítimo carbonático. Sobre o mármore, há um pacote de filitos vermelhos que gradam para cima em ritmitos, sucedidos por um corpo relativamente espesso de metabasito alterado em vermelho-amarelado junto a charneira da Sinforma do Rio Abaixo.

Durante o mapeamento da Mineropar (2006), na Formação Votuverava foram reconhecidas litologias constituídas por metacalcários puros e dolomíticos em Bateias, norte de Rio Branco do Sul e Cerro Azul. Eles foram classificados em mapa como Mármores impuros, metacalcários calcíticos, filitos e metassedimentos clásticos não diferenciados (PSavc); metacalcários, metadolomitos e rochas calciosilicáticas (PSavc2); metacalcários cinza claros a escuros, intercalados com material impuro (PSavc3); e metacalcários rítmicos, acinzentados, com intercalações de metapelitos (PSavc4). É chamada atenção para os extensos pacotes de metacalcários calcíticos com teores de MgO muito baixo, que variam entre 20,5 a 52,8% de CaO e 0,5 a 14,1% de MgO (Mineropar, 2006).

Outros autores (Campanha, 1991; Basei et al., 2008; Faleiros 2008, 2010, 2011a, 2011b; Campanha et al., 2015) compreendem o Votuverava como um Grupo metavulcanossedimentar do Terreno Apiaí, limitado a norte pelas zonas de Cisalhamento Ribeira e Figueira e a sul pela ZCL. Para eles, o conjunto de rochas originárias de turbiditos distais estão associados a um expressivo magmatismo básico, disposto em corpos lenticulares máficos concordantes à estruturação principal e com larguras que variam de um metro a um quilômetro. Isto é, constitui-se de rochas metapelíticas metamorfizadas, como sericita xistos, filitos e ardósias, intercaladas com litologias subordinadas de metarenitos (localmente conglomeráticos), rochas carbonáticas raras e metabasitos. Ainda, cita-se a

ocorrência de bandamentos ferríferos finos, metachert e pequenos depósitos de sulfetos Pb-Zn-Ag-Cu (Campanha et al., 2015).

As rochas metabásicas são associadas a processos vulcânicos e de intrusões, sendo subdivididas em três grupos com base nos comportamentos dos elementos maiores, traços e terras raras (Faleiros et al., 2011b): G1- basaltos toleíticos referentes a arcos de ilhas; G2- basaltos de dorsais meso-oceânicas (MORB) normais a levemente enriquecidos; e G3- basaltos de dorsais meso-oceânicas (MORB) enriquecidas. Autores sugerem uma fonte de manto juvenil para o magmatismo básico caliminiano, interpretado com origem em back-arc de um orógeno acrecionário, em teoria corroborada pelo ambiente sedimentar da unidade relacionado à montagem do Rodínia entre 1280-1100 Ma (Faleiros et al., 2011b; Campanha et al., 2015). No entanto, Faleiros e colaboradores (2011b) apontam que os comportamentos dos elementos traços dos metabasitos indicam diferentes fontes das rochas, sendo interação entre fonte mantélica tipo MORB normal e componente de subducção para o G1, interação entre fonte mantélica MORB enriquecido e componente de subducção para o G2 e interação entre fonte mantélica tipo MORB e pluma mantélica para o G3.

No geral, as rochas exibem o metamorfismo barroviano. Os metabasitos, por exemplo, preservam suas texturas ígneas, no geral de granulometria fina, de origem vulcânica a subvulcânica. Porém, são observados espectros desde fácies em xisto verde inferior (zona da clorita), a norte da ZC Ribeira, até em anfibolito médio (zona da cianita) a sul da mesma. Os estudos geotermobarométricos de rochas metapelíticas e metabásicas mostram condições metamórficas máximas de 380 a 630°C próximo a zona de cisalhamento (Faleiros et al., 2010).

Em datações de zircões detriticos da Formação, utilizando o método U-Pb no SHRIMP, foram indicados picos em 3200-2800 Ma, 2400 Ma, 2200-1900 Ma e 1750 Ma, relacionando sua sedimentação ao final do Paleoproterozóico (Basei et al., 2008). Dados geocronológicos mais recentes de rochas metabásicas sugerem uma idade mesoproterozóica de 1488 ± 4 Ma para a cristalização ígnea associada (Campanha et al., 2015).

3.2.2 Formação Capiru

Como uma unidade supracrustal que recobre a Microplaca/Terreno Curitiba, a Formação Capiru possui limite entre o embasamento da Microplaca à sul, no Núcleo Setuba, e a Zona de Cisalhamento Lancinha à norte. Relacionada a um ambiente sedimentar marinho raso a litorâneo, é formada por ardósias, filitos rítmicos, metarenitos pelíticos e dolomíticos, todos metamorfizados em baixo grau (Soares, 1987; Basei et al., 1992; Cury et al., 2017).

Depositados em plataformas de margem passiva em águas rasas, há ausência de vulcanismo ativo nos depósitos sedimentares. Os metapelitos e mármores dolomíticos representam variação do ambiente para uma plataforma carbonática, assim como os metarenitos pelíticos e metapelitos estariam associados a turbiditos e leques deltaicos continentais.

A coluna estratigráfica completa não foi preservada devido a tectônica regional. No entanto, há porções sedimentares originais preservadas entre zonas de cisalhamento, subdivididas de modo informal em três conjuntos, da base para o topo, nomeados Juruqui, Rio Branco e Morro Grande (Fiori, 1992). Respectivamente, são representados por ritmitos finos, metadolomitos e filitos com quartzitos (Lange, 2015). Cury e coautores (2017) ainda detalham a sequência Juruqui como ferruginosa com quartzitos, metarenitos e metaconglomerados com cimentos de goethita/ hematita e filitos com magnetita; a sequência Rio Branco por metadolomitos com estromatólitos, intercaladas com camadas pelíticas; e a sequência Morro Grande metapelítica com metaritmitos e metarenitos ricos em material orgânico preservado.

As rochas calcárias na Formação Capiru são constituídas predominantemente por dolomitos dominantes e pequenas lentes de calcários subordinadas. São mapeados pela Mineropar (2006) metacalcários dolomíticos e metadolomitos com finas intercalações de quartzitos e metacherts (PSacd). Na região do Morro Grande, a assembleia mineral é composta por dolomita e, em menor proporção, por quartzo e traços de iilita, grafita e zircão, apresentando fácies de mudança de ambiente de intermaré à supramaré (- 1,32 a -0,81‰ δ¹³C e -8,17 a -6,25‰ δ¹⁸O) para lagoas de supramaré (-1,35 a -0,41‰ δ¹³C e -8,20 a -5,49‰ δ¹⁸O) (Lange, 2018).

Fiori (1992) ainda diferencia essas ocorrências dessas rochas no conjunto Rio Branco e na base do conjunto Morro Grande. No Rio Branco os marmores possuem composição essencialmente dolomítica, podendo se apresentar como corpos homogêneos ou estratificados plano-paralelos e cruzados, de cores claras a acinzentados, sendo reconhecida presença de brechas intradeformacionais, estruturas estromatolíticas e até fendas de ressecamento. Já na base do conjunto Morro Grande aparecem dois níveis de mármore dolomíticos cinzas que apresentam bandamento sedimentar bem desenvolvido e níveis abundantes de estruturas estromatolíticas, com espessuras de 100 metros cada um, separados por um banco de quartzito.

Com diminuição do grau de deformação para nordeste, a Formação Capiru apresenta movimentação subhorizontal ao longo dos planos de foliação, devido a transpressão durante a convergência oblíqua de placas (Soares, 1987; Campanha, 1991; Fassbinder, 1996). Resumidamente, sua estruturação ocorre como uma faixa alongada de direção NE-SW em forma de anticlinório falhado em relação ao embasamento e

intensamente deformado, em condições cisalhantes rúptis-dúcteis, que resultaram na lenticularização e rearranjo estratigráfico das camadas (Fiori, 1992).

Há aloctonia evidenciada por Fiori (1992) na porção basal da formação em relação ao Complexo Atuba, fortemente deformada em sistemas de nappes, com estruturas em duplex e imbricamento de camadas (Soares, 1987; Basei et al., 1992; Campanha, 1991). Em afloramentos, podem ser reconhecidas estruturas de acamamento sedimentar (S0), com variação composicional e textural e preservação de estruturas sedimentares; clivagem ardósiana em ambiente dúctil (S1) contínua e incipiente; e clivagem disjuntiva em ambiente rúptil-dúctil (S2) incipiente e espaçada (Lange, 2015).

Não há consenso entre autores sobre a interpretação das determinações geocronológicas da Formação Capiru, no que diz respeito a época de deposição dessa unidade. Isso ocorre devido à ausência de rochas vulcânicas, que impossibilitam estudos isotópicos precisos e determinações absolutas. Análises atuais U-Pb em cristais de zircão detritico definem novos picos de idades entre Paleo e Mesoproterozóico, caracterizando-as do Riaciano (entre 2,2-2,1 Ga), como coetâneo às principais fontes, e Estenianas (entre 1,08-1,20 Ga), como idade máxima para sedimentação (Cury et al., 2017).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Fundamentação bibliográfica

A fim de obter melhor compreensão sobre as principais unidades relacionadas ao projeto, assim como contexto geológico e tectônico ao qual se inserem, o levantamento bibliográfico foi aplicado com a análise de artigos científicos e apresenta uma etapa importante para o desenvolvimento do estudo. Sua aplicação também é relevante para o entendimento das novas hipóteses que propõem o objetivo do presente estudo e dos métodos analíticos aplicados ao mesmo.

4.2 Trabalho de campo e coleta das amostras

O trabalho de campo ocorreu com o principal objetivo de efetuar o reconhecimento litoestratigráfico e estrutural-deformacional das Formações Votuverava e Capiru, assim como a coleta de amostras para as análises petrográficas e isotópicas. Concentrou-se em um perfil próximo a NW-SE na Rodovia dos Minérios (PR-092) e entorno próximo, perpendicular ao contato das duas sequências de estudo. Entre o município de Rio Branco do Sul e Curitiba, foram levantados 11 pontos de pesquisa, sendo 7 deles à norte (ICM-01 a ICM-07) e 4 à sul (ICM-08 a ICM-11) da Z.C. Lancinha (Tabela 1).

Tabela 1: Pontos de estudo - Coordenadas em UTM, Datum Sirgas 2000.

Ponto	Coordenada E	Coordenada N	Litologia	Relação geográfica
ICM-01	663664	7223385	sericita filito	norte da ZCL
ICM-02	663642	7222780	rocha metabásica alterada	norte da ZCL
ICM-03	664401	7222448	ardósia	norte da ZCL
ICM-04	665062	7221478	filito	norte da ZCL
ICM-05	666154	7220033	filito (05B) com lentes metareníticas (05A)	norte da ZCL
ICM-06	668427	7217262	filito intercalado com metarenito (06A)	norte da ZCL
ICM-07	668522	7217031	filito silicificado	norte da ZCL
ICM-08	671231	7200099	filito intercalado com metassedimentos (08A) e pacote quartzítico (08B)	sul da ZCL
ICM-09	671303	7200279	clorita-sericita filito	sul da ZCL
ICM-10	672680	7200468	filito intercalado com quartzito subordinado	sul da ZCL
ICM-11	673256	7214626	quartzito	sul da ZCL

Para a descrição, registro e referenciamento geográfico dos pontos, foram utilizados materiais como martelos petrográficos e marreta, bússolas tipo Clar, cadernetas para anotações, camera fotográfica digital e equipamento de localização espacial (GPS). As amostras coletadas para posteriores estudos foram identificadas de acordo com seu ponto de coleta, utilizando-se fita adesiva, caneta permanente e sacos plásticos.

4.3 Análise petrográfica e estrutural

A análise petrográfica foi realizada com o objetivo de descrever, detalhadamente, a mineralogia das rochas aflorantes em campo, suas características microestruturais e o processo de metamorfismo associado. Para tanto, foram analisadas lâminas de amostras coletadas em campo, confeccionadas no laboratório de laminação no Instituto de Geociências (USP), através de microscópios petrográficos Olympus BX-40 de luz transmitida no mesmo Instituto.

As amostras analisadas são referentes aos pontos ICM-01, ICM-03, ICM-06, ICM-07 e ICM-11. Também foram analisadas lâminas petrográficas pertencentes aos pontos ICM-08, ICM-09 e ICM-10, cedidas pela coorientadora do trabalho.

A partir das medidas obtidas em campo dos pontos à sul e à norte da ZCL, foi realizado o estudo comparativo das unidades por estereogramas das principais estruturas identificadas, através do tratamento dos dados pelo software OpenStereo.

4.4 Análise geocronológica

Estudos de proveniência a partir de determinações geocronológicas em zircão detritico têm sido uma ferramenta moderna cada vez mais utilizada em reconstituições paleogeográficas através da determinação de idades máximas de deposição e das possíveis áreas fontes de metassedimentos. Eles auxiliam na compreensão da influência dos mecanismos sedimentares e de sua relação com os diferentes ambientes tectônicos, durante seu transporte e sedimentação de grãos e fragmentos de rocha, assim como a diversidade das áreas de origem e as transformações físico-químicas sofridas durante os processos de erosão e deposição (Dickinson & Suczek, 1979).

A datação de grãos isolados de cristais de zircão pelo método U-Pb para estudos de proveniência das rochas é considerada uma das mais precisas para identificar idades de cristalização, uma vez que, após a formação de sua estrutura cristalina, o mineral mantém permanentemente sua constituição química e resiste às altas temperaturas em praticamente todos processos metamórficos, além da erosão e abrasão durante seu transporte por longas distâncias.

Para tanto, as análises isotópicas U-Pb foram realizadas 6 amostras, sendo três para cada formação, com a finalidade de obter representatividade das mesmas para melhor observar as diferenças ressaltadas. Ressalta-se que os estudos deste TF tiveram início durante a iniciação científica da aluna, com parte da pesquisa realizada exclusivamente no trabalho de formatura.

4.5.1 Preparo das amostras

O processo de preparação das amostras consiste na concentração dos zircões detriticos. O procedimento foi executado segundo procedimento padrão estabelecido pelo Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) do Instituto de Geociências (USP).

A separação inicia-se após a Trituração da amostra em um britador de mandíbulas, seguido pela passagem das mesmas pela moagem em moinho de disco. Posteriormente, é peneirada em uma bateria de peneiras e concentrado nas frações $100 < x < 250$ "mesh" e < 250 "mesh". Ambas granulometrias passam pela mesa vibratória para concentração dos minerais pesados que, posteriormente, são concentrados pelo separador magnético Frantz.

A fração não magnética ou menos magnética de interesse é passada nos líquidos densos, inicialmente uma solução com bromofórmio ($2,85 \text{ g/cm}^3$) e, posteriormente iodeto de metileno ($3,2 \text{ g/cm}^3$), com o intuito de concentrar minerais como zircão, monazita, titanita e, ocasionalmente, baddeleyita. O concentrado é purificado em ácido nítrico (HNO_3) ou ácido clorídrico (HCl) para retirada da cobertura de óxidos, sulfetos e eventuais apatitas, e levado novamente ao separador magnético Frantz em até 1.5A , obtendo-se frações com diferentes suscetibilidades magnéticas.

Ao término da etapa de preparação, há catação de cerca dos 200 cristais menos alterados com auxílio da lupa binocular de luz transmitida. Depois, são efetuados *mounts*, de diâmetro próximo a 2,5 cm, a ser utilizado pelas etapas posteriores.

4.5.2 Imageamento eletrônico de varredura

Os *mounts* com os cristais de zircão foram imageados no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), localizado no Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências (USP). Sua obtenção foi relevante para selecionar os melhores locais nos grãos a serem datados.

O MEV emite um feixe de elétrons em alta energia, que é trabalhado por lentes magnéticas até atingir a superfície do *mount*. As bobinas de varredura movem o feixe da direita para a esquerda e de cima para baixo, em uma leitura com tradução ponto a ponto e linha por linha. A formação da imagem se sucede a partir do fluxo de dados em série do padrão retangular da varredura, onde cada ponto iluminado gera um contraste diferente a partir da intensidade de interação com o feixe. Um detector de elétrons recolhe os sinais da amostra e os converte em fôtons, além de amplifica-los e transformá-los em sinais elétricos, que resultam em imagens eletrônicas.

Os dois imageamentos produzidos pelo MEV relevantes para o projeto são de catodoluminescência (CL) e de elétrons secundários (ES). Com a CL é possível mapear as concentrações de urânio no grão em uma escala de branco a preto, em que os tons mais escuros representam valores com maior porcentagem do elemento, assim como ressalta o zoneamento de crescimento do zircão e sobrecrecimentos por recristalizações. Já o imageamento ES ressalta aspectos da aparência tridimensional do grão e exibe feições nítidas na superfície do grão, como inclusões e fraturas.

4.5.3 LA-ICP-MS

A análise geocronológica compreendeu a datação U-Pb em cristais de zircão detritico, realizada através da técnica LA-ICP-MS (*Laser Ablation Associated with Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) em espectrômetro multicoletor tipo *Neptune* (*Thermo*) a Laser 193 nm *Excimer* (*Photon Machines*), no Centro de Pesquisas em Geocronologia e Geoquímica Isotópica (CPGeo) no Instituto de Geociências (IGc-USP).

Combinando as imagens de CL e ES, assim como da lupa binocular de luz transmitida, foram escolhidos os melhores locais dos cristais para a locação dos pontos de ablação, tais como porções sem inclusões e fraturas, evitados locais com altos teores de U e, preferencialmente, zoneamentos de crescimento do cristal. Além disso, as escolhas dos cristais a serem datados foi aleatória dentre o conjunto, evitando desvios do real padrão de idades da amostra.

A ablação dos cristais foi realizada em séries de 40 segundos, 32 µm na frequência de 6 Hz e intensidade de 7mJ. O material ablado foi transportado por um fluxo gasoso de Ar (0,7 L/min) e He (0,6 L/min).

Para uma melhor representatividade de toda população detritica do estudo de proveniência, foram realizadas 100 análises de zircão para cada amostra, incluindo as idades eventualmente descartadas. A amostra ICM-06A possui ressalva pois, devido grãos muito finos que saltaram quando o laser os tocava, foram obtidos dados somente de 19 grãos.

4.5.4 Tratamento dos dados

Na espectroscopia ICP-MS, os resultados dos zircões mais antigos permitem a definição da idade de cristalização das rochas-fonte dos sedimentos que formaram as sequências de interesse. A identificação dos picos populacionais pode indicar as idades de cristalização das principais áreas fontes e os valores intermediários processos relacionados as modificações da idade original, devido a atuação de regimes tectônicos e consequentes transformações das áreas de proveniência (Gehrels, 2014).

No mesmo sentido, as famílias mais jovens de zircões podem ser relacionadas às idades dos processos deposicionais e diagenéticos sedimentares formados pelas rocha-fonte. Ao relacionar picos mais jovens em uma deposição estratigráfica, podem ser determinadas correlações e progressões do processo de sedimentação. Caso não haja correlações entre as distribuições de idades, é possível supor a existência de diversas áreas fontes de contribuição (Gehrels, 2014).

Análises com os teores de chumbo comum acima de 6% e com discordância superando 10% foram descartadas. No caso de zircões com idades inferiores a 1.300 Ma, foram utilizadas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e, para os zircões mais antigos que 1.300 Ma as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Para a discussão dos dados geocronológicos, as distribuições das principais populações e idades obtidas foram avaliadas considerando:

- Histogramas das estimativas de densidade de Kernel (Vermeesch, 2012), calculadas no software Density Plotter com erro 2σ , considerando sua maior confiabilidade estatística;
- Gráficos de pizza do Excel com a comparação, em porcentagem, das idades representadas em períodos dos Éons Arqueano e Proterozóico;
- Teste estatístico de adesão Kolmogorov-Smirnov (K-S), que compara a distribuição cumulativa de zircões detriticos entre pares de amostras para estimar suas semelhanças e discrepâncias com 95% de confiança, estimadas por P, em função macro do Excel (Guynn & Gehrels, 2010); e

- Curvas das funções de distribuição cumulativa (CDF), executadas em mesma macro do teste K-S, que reforçam graficamente as probabilidades de semelhanças e diferenças de idades entre as amostras.

5. RESULTADOS

5.1 Análises petrográficas

Microscopicamente, o filito sericítico acinzentado do ponto ICM-01 possui foliação (S2) definida por quartzos recristalizados e sericitas orientadas em textura grano-lepidoblástica com granulometria muito fina. Podem ser observados aglomerados de minerais opacos e de óxidos de ferro concordantes com a foliação S2, além de veios de quartzo com óxidos de ferro e opacos oblíquos a ela. Alguns veios e aglomerados de opacos apresentam-se deformados junto ao acamamento, além de *tension gash* indicando uma cinemática com movimento dextral (Figura 5A).

No ponto ICM-03, foi identificada ardósia composta por material sílico-argiloso e poucas magnetitas milimétricas. São preservadas estruturas de estratificação (S0) e primeiro evento de deformação (S1), com S1 plano axial ao S0 (Figura 5B) e oblíqua à clivagem ardosiana (S2).

Continuamente ao ponto ICM-05, o ICM-06 relaciona, intercaladamente, composições filítica e metareníticas de coloração clara em camadas de contatos abruptos e gradacionais, com variação de espessuras milimétricas a centimétricas, subparalelas verticalmente e contínuas lateralmente. Em lâmina petrográfica (Figura 5C), as bandas são diferenciadas pela cor e granulometria, sendo as metareníticas mais claras e lepido-granoblasticas com grãos de quartzo recristalizados muito finos, enquanto a filítica é marrom avermelhada extremamente fina. Tais feições estão relacionadas a um provável padrão de sedimentação turbidítico na bacia sedimentar, que interfere na formação do bandamento (S0) das rochas. Também é observado o mesmo padrão estrutural do ICM-03, com S0 paralelo à superfície metamórfica S1 e cortado por uma clivagem oblíqua S2.

Como o último ponto do perfil na Formação Votuverava, o ICM-07 apresenta um filito silicificado bem preservado, de maior dureza e coloração cinza escura. A rocha é composta por uma matriz fina a extremamente fina, diferentemente dos outros filitos vistos até então. Possui grãos de quartzo recristalizados e grãos finos em baixa porcentagem de muscovita, biotita, sericita, turmalina e óxidos. Ocorrem também veios, aglomerados e grãos individuais de quartzo muito finos a finos, recristalizados ou não.

Duas foliações podem ser observadas através da orientação de muscovitas, onde algumas das turmalinas se encontram concordantes à S2. Apresenta pequenas ondulações, dobras e pequenos falhamentos rúpteis (Figura 5D). Ao ICM-07, o evento primário de

falhamento rúptil deu-se com a entrada de fluidos e formação dos veios de quartzo, sucedido por um evento dúctil que eleva o grau metamórfico, cristalizando biotitas, e posterior deformação de todo o conjunto.

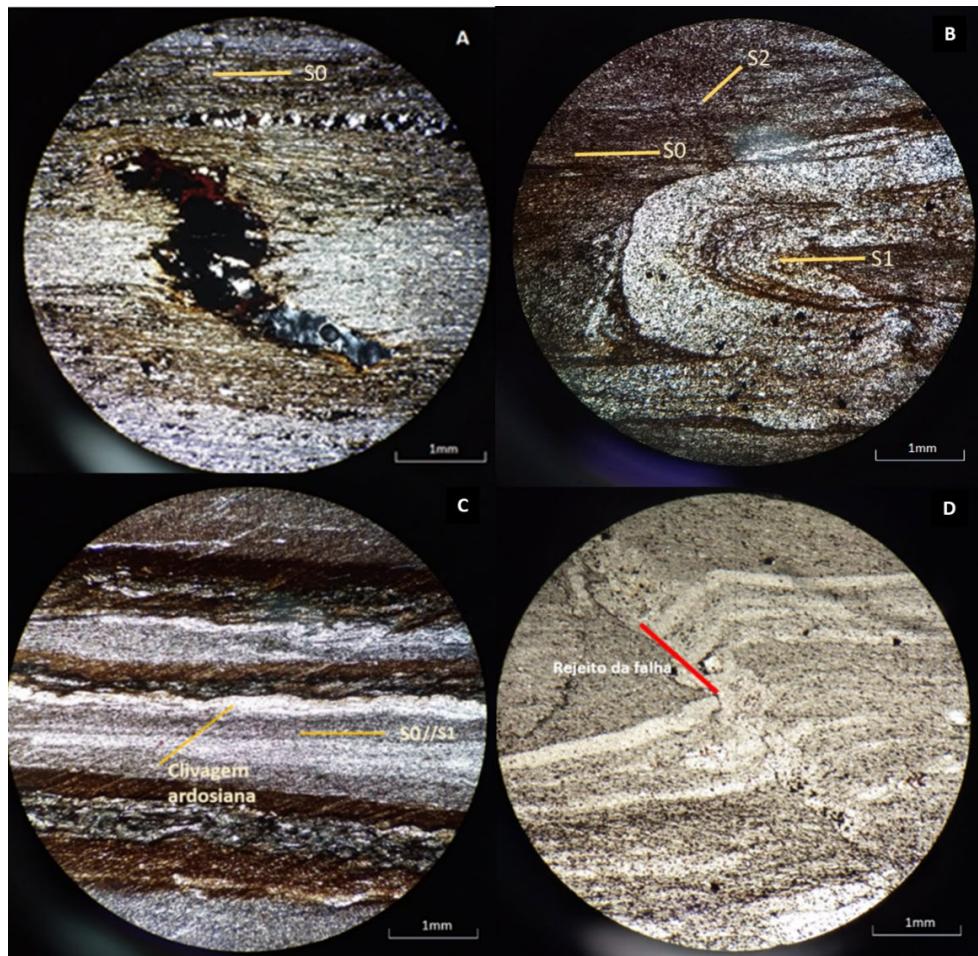


Figura 5: A- Imagem da lâmina petrográfica do ponto ICM-01, em pol. // e objetiva 4x, com *tension gash* sigmoidal cortando S0; B- Imagem da lâmina petrográfica do ponto ICM-03, em pol. // e objetiva 4x, com dobra em estado dúctil plano axial ao S0; C- Imagem da lâmina petrográfica do ponto ICM-06, em pol. // e objetiva 4x, da fácies de intercalação filito e metarenito, com destaque para suas características estruturais conforme indicado; D- Imagens da lâmina petrográfica do ponto ICM-07, em pol. // e objetiva 4x; com destaque para falha microscópica em estado rúptil-dúctil.

Localizado no flanco sul da sinforma do Morro Grande, o primeiro ponto realizado na Formação Capiru comprehende duas fácies: quartzito intercalado esbranquiçados com metassedimentos acinzentados (ICM-08A) e pacote quartzítico (ICM-08B). Dispostos em bandas paralelas e de espessuras milimétricas a centimétricas, destacava-se no ritmito no ICM-08A uma clivagem ardosiana (S2), com sericita não pervasiva, oblíqua ao acamamento S0. Seguindo a sucessão estratigráfica, o pacote quartzítico de coloração clara se encontrava em maior grau de alteração, não sendo preservadas suas estruturas originais em quase sua totalidade. Em lâmina (Figura 6A), o ponto ICM-08B é essencialmente composto de quartzo fino a médio, em grãos de tamanhos submilimétricos (0,3 a 0,4 mm, em média) subarredondados e angulosos a subangulosos, com poucos grãos grossos, de 1 a 4 mm, bastante alterados por óxidos e hidróxidos de ferro.

Sobreposto ao pacote quartzítico, a foliação granolepidoblástica no ICM-09 exibe composição quartzo-feldspática muito fina e cristais de clorita e sericita finas orientadas. Nota-se em várias porções da rocha a distinção de bandamento filítico, caracterizado pela orientação paralela de sericita, e de outra camada com quartzo e feldspatos finos. No bandamento siliciclástico, por vezes ocorrem concentrados em forma circular de grãos extremamente finos a finos, que exibem baixo grau metamórfico pela migração de borda de grão, causando deformação na foliação S1 ao seu redor (Figura 6B). No geral, a foliação S1 encontra-se paralela à S0 e, pontualmente, apresenta padrões “SC”.

No ponto ICM-10, os filitos intercalados com quartzitos subordinados são, litologicamente, muito similares aos que afloram no ponto ICM-08A. Quando analisados em microscópios (Figura 6C), observa-se xistosidade em foliação S1 de bandas filossilicáticas, com micas e cloritas finas a muito finas e quartzofeldspáticas de grãos recristalizados finos a médios, dobradas e onduladas conjuntamente com a rocha. A foliação S1 é paralela a S0, já a clivagem S2 é oblíqua a S0 com cristalização de minerais filossilicáticos em xistosidade fina a média.

Por fim, quartzito avermelhado e bastante alterado do ponto ICM-11 é essencialmente composto por quartzo sacaroidal, em diferentes graus de arredondamento, e com porções conglomeráticas. Microscopicamente (Figura 6D), é possível observar grãos subarredondados a subangulosos finos a médios de quartzo em matriz com grãos de quartzo muito finos, sericita e óxidos cimentados.

Imagens dos afloramentos em campo, amostras de mão e demais figuras da análise petrográfica encontram-se compiladas no **Apêndice A**.

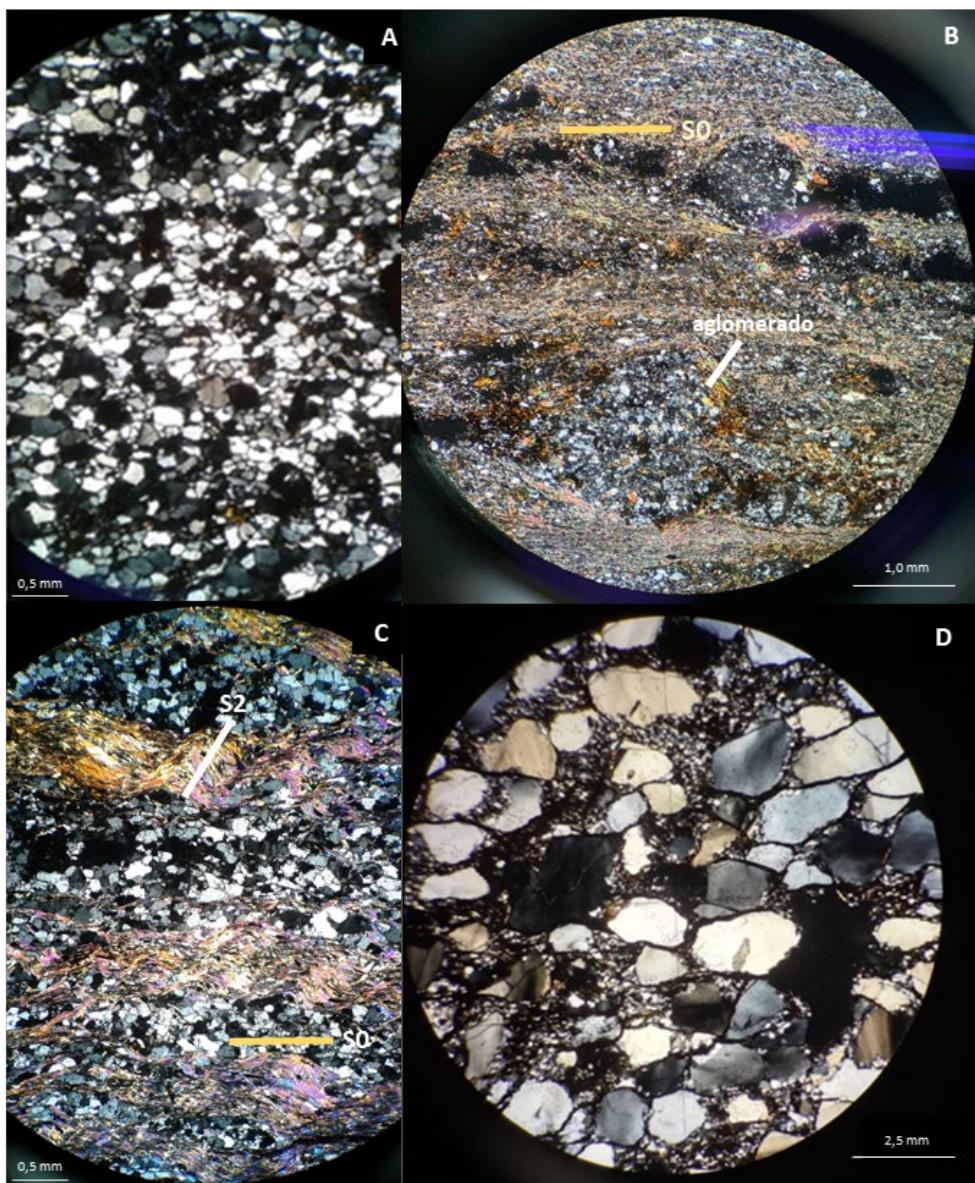


Figura 6: A- Imagem da lâmina petrográfica do ponto ICM-08B, em pol. // e objetiva 4x, exibindo a fácie quatzítica; B- Imagem da lâmina petrográfica do ponto ICM-09, em pol. // e objetiva 4x, com clorita-sericit filito e foliação marcada pelas sericitas, além de concentrados siliciclásticos que deformam a foliação; C- Imagem da lâmina petrográfica do ponto ICM-10, em pol. // e objetiva 4x, da fácie de intercalação filito e quartzito, com destaque para o acamadamento (S0) e crenulação (S2) oblíqua; D- Imagens da lâmina petrográfica do metarenito no ponto ICM-11, em pol. // e objetiva 10x; com grãos médios a finos de quartzo em matriz muito fina, predominantemente quartzosa.

5.2 Análise estrutural

Durante a etapa de campo, a medida das principais estruturas encontradas nos afloramentos representou uma importante etapa para o entendimento do contexto tectônico que compreende o TA e a MC. Na maioria das vezes, a depender do nível de alteração, pôde ser identificada as mesmas microestruturas vistas nas lâminas petrográficas.

Iniciando o perfil na Fm. Votuverava, o filito encontrado no ICM-01 (Figura 7A) possuía foliação principal (S2) com mergulhos médios para NW (337/52), um sistema de crenulação oblíqua posterior (S3) e lineação de intersecção posterior à crenulação (LCr2). O

afloramento também expôs o contato do filito com veios de quartzos sobressaltados, que inferem em prováveis diques de metassomatismo, e contato com rocha metabásica. O mesmo filito foi reconhecido no ICM-04, porém sua foliação principal se encontrava mergulhando em alto grau (132/78). Notou-se também uma lineação de intersecção entre as superfícies da foliação principal (S2) e a superfície posterior dobrada (S3), onde havia estiramento mineral sericítico, além de muitos veios dobrados, possivelmente associados ao mesmo processo de deformação da S3.

No ponto ICM-03 (Figura 7B), prevalecia a ardósia em afloramento de baixo a médio grau de alteração, com clivagem ardosiana (S2) em alto grau de mergulho para NW (314/78), além da preservação das estruturas de estratificação (S0) e da superfície da primeira deformação (S1).

Em médio grau de alteração, o afloramento do ponto ICM-05, com aproximadamente 2,5 metros de altura, relacionava uma composição filítica e de metarenito em camadas centimétricas a métricas, subparalelas na vertical e contínuas lateralmente, com mergulhos baixos (063/25). De modo oposto, o mesmo padrão litológico que continua até o ponto ICM-06 com camadas de espessuras centimétricas a milimétricas em grau médio de mergulho no acamamento (340/60). O mergulho seguiu aumentando até o ICM-07, onde o filito silicificado apresentou S2 mergulhando para NW com altitude 317/86.

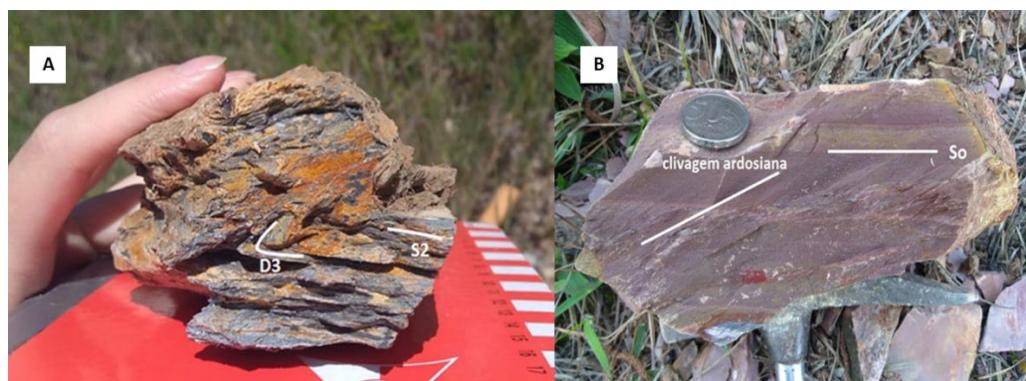


Figura 7: A- Imagem da amostra de mão do filito do ponto ICM-01, com destaque para a foliação (S2) e a dobra de deformação posterior (D3); B- Amostra de mão da ardósia do ponto ICM-03, com indicação para o plano de estratificação (S0) e a clivagem ardosiana (S2) oblíqua.

Quanto aos pontos relacionados à Fm. Capiru, no ICM-08A (Figura 8A) o acamamento (S0) dos metassedimentos possuía mergulhos muito altos a subverticais para NW (323/85) e a clivagem (S2) formava um plano oblíquo ao S0 com mergulhos altos para SE (171/74). A interseção entre esses dois planos define uma lineação de intersecção (L1), contida na superfície S0, com mergulhos médios para SW (41/236). A cerca de 200 metros do ICM-08, o clorita-sericita filito no ICM-09 (Figura 8B) apresentava foliação principal S2 definida pela sericita e deformada em padrão assimétrico, com S3 plano axial, mergulhando em grau médio para SE (159/53).

No ICM-10, os filitos intercalados com quartzitos subordinados, em bandas milimétricas a centimétricas, possuem foliação S2 em 172/54 com dobramentos plano axiais fechados D1 e uma crenulação Cr2 (281/80) paralela à superfície S1 (293/70) e ao acamamento S0 (286/68). Em certas porções pontuais do afloramento, são observadas em planta indicadores cinemáticos, tais como o delta dextral, e outras que representam o segundo processo deformacional de tensão, como os *gashveins* e estruturas “SC”, assim como uma crenulação posterior (Cr2) que pode ser observada na Figura 8C. As medidas obtidas pressupõem que Cr2 é plano axial a S0, a S1 e às estruturas “SC”, sendo essas últimas perpendiculares ao esforço que definiu os *gashveins* (030/60) e as estruturas cinemáticas de delta, o que prenuncia dois processos diferentes. Além dessas, nota-se a *shearband* em contato abrupto com a Cr2 e com os *gashveins* (Figura 8D), indicando o último esforço sofrido pelas rochas.

O último ponto, ICM-11, aflora com fácies quartzítica em um canal de estrada onde são mapeados quartzitos intercalados com mármores dolomíticos. O quartzito avermelhado é essencialmente composto por quartzo sacaroidal em diferentes graus de arredondamento com porções conglomeráticas, com atitude de S2 mergulhando em médio a alto grau para SW (224/70).

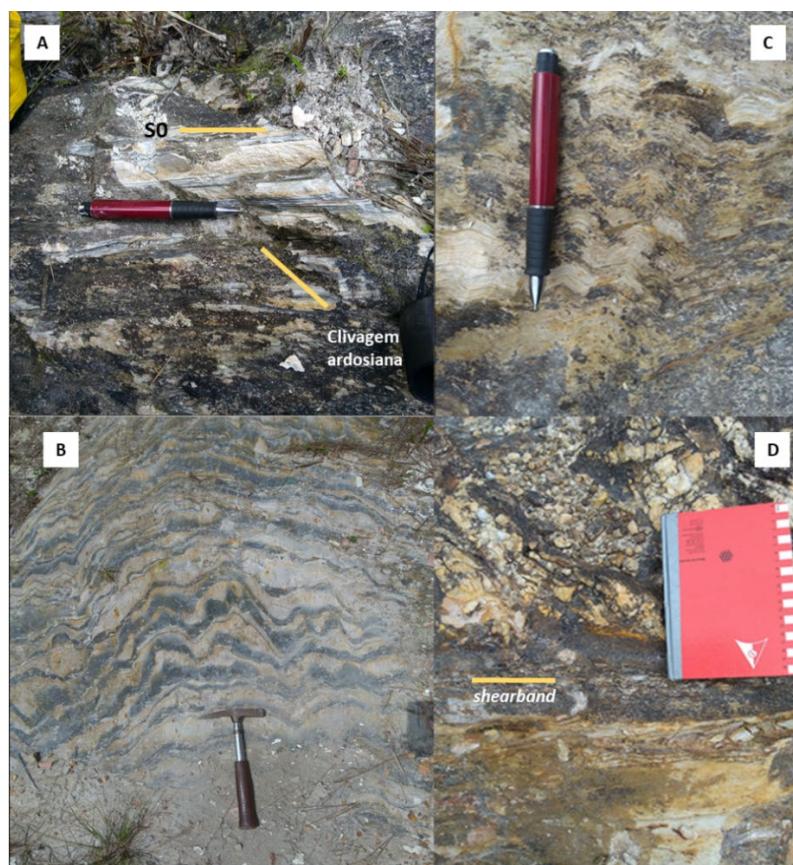


Figura 8: A- Afloramento do ponto ICM-08A com intercalação de bandas filíticas e quartzíticas, com escala de lapiseira; B: Afloramento em planta do clorita-sericitita filito deformado no ICM-09, com martelo médio de escala; C: Filito intercalado com quartzito intensamente crenulado do ICM-10, com escala de lapiseira; D: *Gashveins* pegmatíticos transpostos por *shearband* (ICM-10).

No geral, as principais estruturas encontradas em comum no campo para todos os pontos foram o acamamento (S0), formado durante a deposição dos sedimentos em bacias, e a foliação (S2), resultante do principal processo de convergência e colagem dos terrenos em questão. Para a análise estrutural, o tratamento das medidas de S2 e S0 foi realizado através do software OpenStereo, permitindo o estudo comparativo dos estereogramas por setores, diferenciando-se medidas a sul e norte da ZCL e, consequentemente, as formações Votuverava e Capiru.

Plotadas as atitudes obtidas no trabalho de campo, foram calculados os planos médios, também reconhecidos com planos ortogonais aos polos das medidas de S2 e S0. Como pode observado no estereograma da Figura 9A, a atitude da foliação principal (S2) dos pontos a norte e sul da ZCL possuem direção NE-SW semelhante e mergulhos opostos. Na região norte a atitude média é N323°/68°NW, com mergulhos mais altos para NW, e na porção a sul a atitude média é N165°/57°SE, apresentando mergulhos médios para SE. Para a atitude dos acamamentos S0, o estereograma comparativo (Figura 9B) mostra atitudes mais distintas entre as Formações, sendo para a Votuverava N43°/23°NE e para a Capiru N304°/66°NW.

A partir da dispersão dos polos de S0, foram construídos no estereograma planos AC para os dois conjuntos de medidas (Figura 9C), onde foi exposta uma direção semelhante entre ambas em NW-SE e mergulhos para quadrantes opostos. Tal configuração, dada pelos planos N219°/67°SW a norte e N72°/36°NE a sul, e indica um dobramento comum, com eixo b axial construído em direção NE-SW pelos polos dos planos AC.

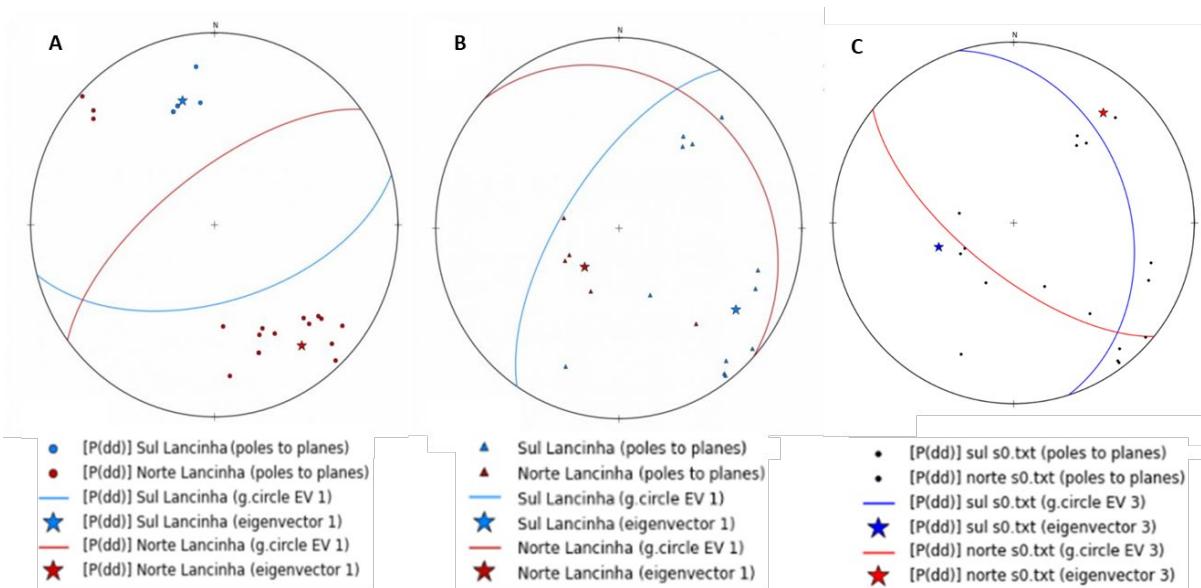


Figura 9: Estereogramas comparativo das foliações S2 (A) e acamamentos S0 (B) entre pontos situados a norte (em vermelho) e a sul (em azul) da ZCL, com destaque para os planos médios dos polos das atitudes calculadas; Estereogramas comparativos para planos AC (C) obtidos para os polos das medidas de S0 a norte e a sul da ZCL.

Em um estereograma que contrapõe os planos médios obtidos da foliação e os planos AC, observa-se uma aproximação muito grande entre o plano médio de S2 a norte da ZCL e os polos dos planos AC (Figura 10A), que constituem os eixos b. Admitindo que esse plano médio contenha os eixos b dos planos AC, ele representa o plano axial da dobra formado contemporaneamente ao evento de deformação de S0.

Considerando que as foliações S2 em ambas as formações são originárias de mesmo estágio de deformação, a mesma afirmação não pode ser atribuída no mesmo grau de certeza para as rochas a sul da ZCL (Figura 10B). No entanto, não se pode descartar a hipótese do mesmo evento tectônico ter afetado as Formações Capiru e Votuverava para a formação de S2 e deformação de S0, uma vez que a movimentação de uma zona de cisalhamento altera padrões de correlação ao colocar lado a lado diferentes porções das dobras.

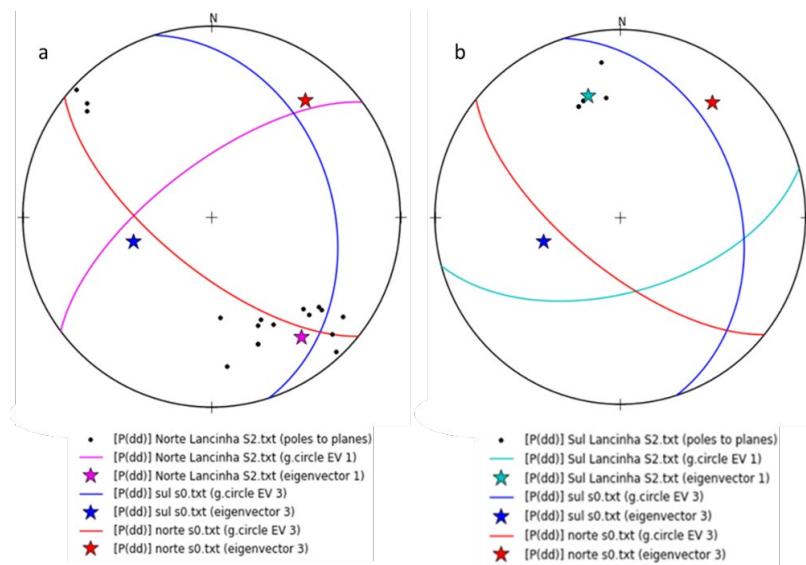


Figura 10: Estereogramas de correlação dos planos AC e das foliações S2 obtidos para os polos das medidas de S0 a norte (a) e a sul (b) da ZCL.

A partir das leituras dos estereogramas, pode-se apontar:

- As atitudes de S0 e S2 são opostas na Fm. Votuverava, NW-SE e NE-SW respectivamente, assim como apresentam mergulhos em graus e direções diferentes;
- As direções para S0 e S2 coincidem na Fm. Capiru, NE-SW, diferenciando-se as medidas pelos graus de mergulho, que são mais altos para o acamamento;
- Há um dobramento comum entre as formações, que as confere planos AC similares em direção NW-SE e cimentos opostos, além de admitir provável contemporaneidade ao evento de deformação de S0 e formação de S2 na Formação Votuverava.

Assim, interpreta-se que, em um primeiro momento, o processo deposicional dos acamadamentos das duas Formações foram distintos. Além disso, entende-se a hipótese de um único processo deformacional D2 para ambas e que, dentro do modelo tectônico colisional associado à justaposição das mesmas, foi compressivo em NW-SE com movimentação de massa para SE.

5.3 Análises geocronológicas

As análises geocronológicas do estudo foram baseadas em três amostras de metassedimentos para cada unidade, totalizando 6 amostras. As datações dos zircões detriticos foram executadas pelo método U-Pb no LA-ICP-MS (*Laser Ablation Associated with Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*), do Centro de Pesquisas em Geocronologia e Geoquímica Isotópica (CPGeo) no Instituto de Geociências (IGc-USP). No **Apêndice B** encontram-se tabelados os resultados isotópicos das amostras.

Visando detalhar a abundância relativa das diferentes populações etárias, foi calculada a estimativa de densidade de Kernel (Vermeesch, 2012), através do software *Density Plotter*. A distribuição das idades por densidade de probabilidade é representada por histogramas (Figura 11), onde são evidenciadas as contribuições das principais populações/famílias de zircões detriticos das amostras. A partir deste gráfico, montou-se a Tabela 2 com as idades relativas das principais populações, calculadas com erro 2σ pelo mesmo representar um maior intervalo de confiança estatístico, e as idades datadas dos zircões mais jovens e mais antigos, com erro 1σ , para cada ponto de estudo.

Analizando as amostras da Fm. Votuverava, os histogramas das amostras ICM-05A e ICM-05B evidenciam simetria e um único pico em, aproximadamente, 2182 Ma e idades próximas para os zircões mais jovens e antigos. Diferentemente dessas, a ICM-06 possui dois picos de contribuição detritica, com pico principal em 592 ± 15 Ma e um segundo mais próximo do pico principal das amostras ICM-05, apresentando ainda os grãos mais jovem (576 ± 6 Ma) e mais antigo (2982 ± 15 Ma) dos três espécimes em questão.

De certa forma, é possível inferir pelos histogramas um maior grau de similaridade entre as amostras da Formação Capiru, diante da proximidade das idades relativas calculadas para seus picos principais. Suas diferenças são sobressaltadas quando analisadas as populações mais jovens e antigas. São observadas três populações mais jovens em relação à população principal: a mais jovem em 1226 ± 8 Ma, identificada somente na amostra ICM-08B; a família em 1748 ± 10 Ma, somente registrada na ICM-08A; e a mais próxima ao pico principal das três amostras, próxima a 1961 ± 50 na ICM-08B e ICM-11. As populações mais antigas são observadas na ICM-08B, em 2987 ± 20 Ma, e na ICM-11, sendo esta última a que apresenta a população e o zircão mais antigos da formação, com 3010 ± 12 Ma e 3402 ± 17 Ma, respectivamente.

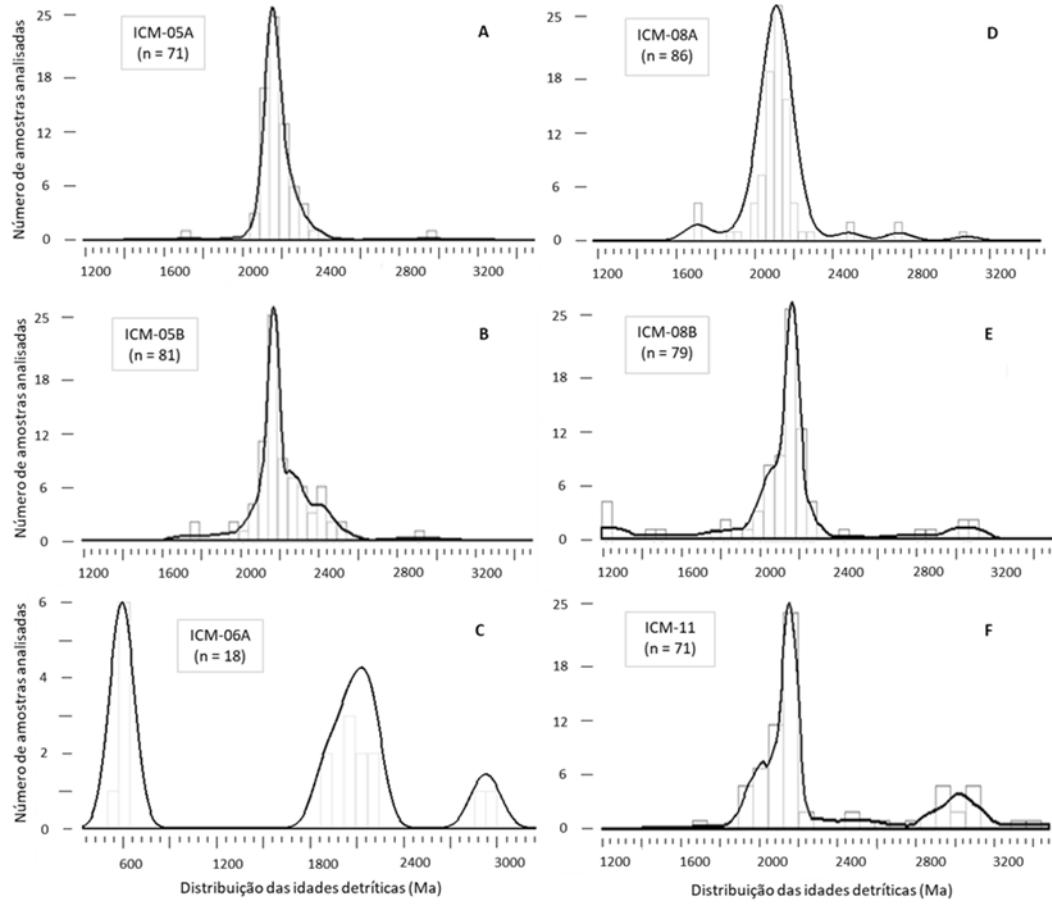


Figura 11: Histograma das estimativas de densidades das idades de cristais detriticos.

Tabela 2: Resultados isotópicos, com destaque para as famílias que representam o pico principal.

Localização	Amostra	Grão mais jovem (Ma)	Populações (Ma)			Grão mais antigo (Ma)
Norte da ZCL	ICM-05A	1740 ± 33	2168 ± 9			2960 ± 28
	ICM-05B	1774 ± 34	2196 ± 8			2915 ± 20
	ICM-06A	576 ± 6	592 ± 15		2101 ± 25	2982 ± 15
Sul da ZCL	ICM-08A	1741 ± 43	1748 ± 10		2148 ± 8	3126 ± 32
	ICM-08B	1226 ± 8	1238 ± 13	1961 ± 50	2169 ± 14	2987 ± 20
	ICM-11	1740 ± 28	1958 ± 25	2154 ± 9	3010 ± 12	3402 ± 17

A partir dos gráficos de pizza da Figura 12, as datações dos zircões detriticos são comparados, em porcentagem, aos seus respectivos períodos geocronológicos, definidos entre os Éons Arqueano e Proterozóico pelo *International Chronostratigraphic Chart* de 2016. Observa-se, para todas as amostras, uma relevante contribuição de zircões Paleoproterozóicos. Dentre os períodos, as proveniências riacianas são apresentadas em maior porcentagem para as amostras, chegando a representar 90% dos zircões datados na ICM-05A. – amostras

No geral, a Fm. Votuverava apresenta idades principalmente paleoproterozóicas, mas no geral condicionadas do Estateriano ao Mesoarqueano (ICM-05B e ICM-06A), com destaque para proveniências siderianas (ICM-05A e ICM-05B) em comparação ao Capiru. A exceção ocorre na ICM-06A, que possui maior amplitude de contribuição no tempo geológico entre todas as seis amostras consideradas no estudo, com a principal delas dada por fontes ediacaranas.

Assim como também é evidenciado nos histogramas, os gráficos para as fácies à sul da ZCL mostram maior distribuição das idades nas amostras, apresentando as únicas amostras do trabalho que contemplam períodos como o Ectasiano e Caliminiano na ICM-08B e o Paleoarqueano na ICM-11, sendo a Era Arqueana representada na formação por 11,9% dos zircões detriticos. Ressalta-se que a amostra que abrange mais períodos distintos é a ICM-08B, relacionada a fácie quartzítica e identificado na etapa de campo em pacote espesso com até dezenas de metros.

Para avaliar a hipótese de fontes distintas para as duas unidades de interesse, foi realizado o teste de adesão Kolmogorov-Smirnov (K-S). A comparação da distribuição cumulativa dos zircões detriticos é feito em macro do Excel e calculada separadamente para cada par de amostra. Medindo-se as distâncias máximas (D) entre duas curvas função de distribuição cumulativa (CDFs), são ressaltadas suas semelhanças e discrepâncias, estimadas por P. Quando obtido $P > 0,05$, é indicada probabilidade da distância máxima D representando 95% de confiança (Guynn & Gehrels, 2010) e, se o teste for aplicado a estudos de proveniência sedimentar, pode ser inferida fonte comum às amostras em questão. Na Tabela 3, os valores com distância máxima indicando 95% de confiança são destacados em amarelo.



Figura 12: Gráficos de pizza com detalhamento dos períodos no tempo geológico-estratigráfico, indicando a quantidade de amostras que representam a porção destacada.

Tabela 3: Resultados do teste K-S, com estimativa de semelhança entre as amostras (P values) e valores da distância entre as CDFs (D values).

K-S P-values using error in the CDF						
	ICM-05A	ICM-05B	ICM-06A	ICM-8A	ICM-08B	ICM-11
ICM-05A		0,413	0,000	0,238	0,024	0,023
ICM-05B	0,413		0,000	0,007	0,014	0,064
ICM-06A	0,000	0,000		0,003	0,024	0,007
ICM-08A	0,238	0,007	0,003		0,557	0,069
ICM-08B	0,024	0,014	0,024	0,557		0,177
ICM-11	0,023	0,064	0,007	0,069	0,177	

D-values using error in the CDF						
	ICM-05A	ICM-05B	ICM-06A	ICM-8A	ICM-08B	ICM-11
ICM-05A		0,144	0,586	0,165	0,243	0,251
ICM-05B	0,144		0,535	0,261	0,250	0,213
ICM-06A	0,586	0,535		0,470	0,389	0,447
ICM-08A	0,165	0,261	0,470		0,123	0,208
ICM-08B	0,243	0,250	0,389	0,123		0,180
ICM-11	0,251	0,213	0,447	0,208	0,180	

Os resultados do teste K-S apresentam boas correlações de uma mesma fonte para as amostras ICM-05A e ICM-05B, enquanto a ICM-06 se diferencia do conjunto das demais amostras a norte da ZCL. Também é ressaltada similaridade em menor grau de confiança entre a ICM-05A e a ICM-08A, sendo ambas relacionadas às fácies metassedimentares mais arenosas, e para as amostras ICM-05B e ICM-11, porém com valor muito próximo ao limite que confere confiabilidade de semelhança.

A equivalência para admissão de uma mesma proveniência sedimentar é ressaltada para a Formação Capiru, na qual todas as amostras apresentam semelhanças entre si. A ICM-11 ocorre como a mais distinta, sendo que para um nível de 98% de confiança suas analogias às amostras ICM-08 não se sustentariam.

6. DISCUSSÃO

Diante dos conjuntos litológicos reconhecidos em campo, é possível relacionar o perfil dos pontos, em ordem, com a estratigrafia definida na literatura para a Formação Votuverava. O pacote de filitos avermelhados, que predomina do ICM-01 ao ICM-04, é sobreposto por uma sequência turbidítica que se inicia no ICM-05 e se torna mais expressiva no ICM-06, correlata a um ambiente deposicional de talude distal que se torna mais proximal. É sugerido que os litotipos observados no ponto ICM-07 estejam relacionados a um ambiente plataforma raso por ser identificado como um filito distinto dos vistos na unidade, com coloração cinza escura e matriz muito fina, localizado próximo às rochas carbonáticas mapeadas, originárias de ambiente plataforma mais raso, encerrando

um perfil evolutivo transgressor marinho. Também correspondendo ao último conjunto estratigráfico, ocorre a metabásica no ICM-02 concordante à foliação principal do filito.

Apesar da amostra ICM-06A ser coerente à sequência litoestratigráfica, suas idades mostram um padrão que difere muito das demais na unidade, registrando a maior amplitude de idades do Votuverava. Devido as complicações tectônicas, ela pode ser considerada como uma sequência mais jovem, talvez relacionada ao conjunto do ponto ICM-07 por encontrar-se após a Falha do Votuverava, imbricada em meio aos demais conjuntos da formação. Porém, também é considerada a hipótese de suas idades mais jovens serem relacionadas a finas camadas de tufo em meio ao metarenito amostrado, com fonte associada a vulcanismos contemporâneos, como por exemplo no caso da Fm. Antinha (Basei et al., 2008) ou do vulcanismo explosivo observado na Bacia de Campo Alegre datado de 598–604 Ma (Basei et al., 1998b).

Com ausência do conjunto Juruqui mais antigo, o levantamento dos pontos de pesquisa do Capiru permite associar o ICM-11 à sequência Rio Branco, pois o mesmo se encontra geograficamente no contato dos quartzitos intercalados com mármore mapeados (Mineropar, 1985), e os demais pontos (ICM-08 ao ICM-10) ao Conjunto Morro Grande. Na evolução deposicional das duas unidades em questão, o ambiente plataformal raso de águas calmas é sucedido por uma sequência proximal com maior aporte de sedimentos terrígenos, com filitos intercalados com metassedimentos e quartzitos.

A ICM-11 representa a amostra com maior concentração de idades arqueanas da formação, provavelmente associada à sua proximidade estratigráfica com as rochas do embasamento. Diferentemente das amostras ICM-08, as idades observadas nos componentes detriticos tem registro somente até o Paleoproterozoico. A ausência de amostras a partir do Mesoproterozoico está em concordância com um ambiente plataformal infra a intermaré, onde são reconhecidos estromatólitos e esteiras algálicas (Leandro, 2016).

Quanto ao último conjunto litoestratigráfico, é inferido um ambiente de sedimentação próximo a um estuário ou ambiente de água rasa, com grande aporte detritico, retrabalhado por maré. A ICM-08B registra a maior contribuição de diferentes períodos geocronológicos datados no Capiru, fato favorecido por representar uma amostra de canal com origem continental direta. Na parte superior, o ICM-10 representa um ambiente lagunar mais raso, caracterizada por filitos carbonosos acinzentados (Leandro, 2016), no caso intercalados com quartzito subordinado.

A partir dos dados obtidos em campo sobre as estruturas sedimentares e deformacionais preservadas e as litologias reconhecidas com as interpretações de seus ambientes sedimentares, construiu-se um perfil geológico (Figura 13). Sua elaboração considerou a distribuição espacial das sequências observadas no mapa geológico (Figura 4) e as principais estruturas regionais, como as falhas de cisalhamento mapeadas.

Interpretando o perfil baseado no modelo de Basei et al., (1992) a Formação Capiru, cobertura da Microplaca Curitiba, é justaposta a Formação Votuverava. Esse processo envolve a formação dos sistemas de *nappes* e transporte tectônico da Formação Votuverava de NW para SE. Por fim, a zona de sutura torna-se uma zona transcorrente com movimento dextral (ZCL). Ressalta-se que o modelo considerado elucida tanto as *nappes* propostas por Fiori (1992) quanto os eventos transpressivos Cubatão e Lanchinha de Fassbinder (1990).

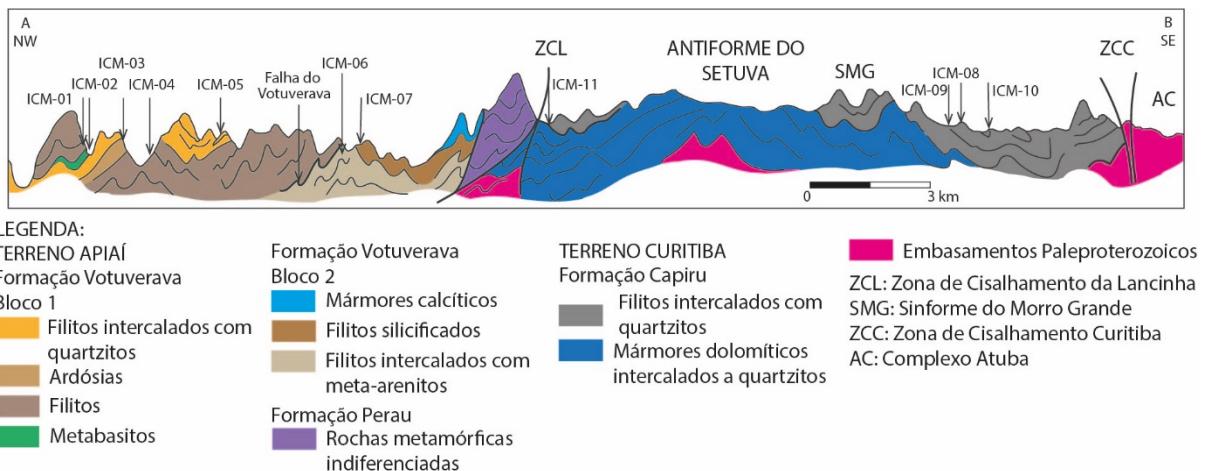


Figura 13: Perfil geológico da área de estudo.

Em discussões iniciais sobre os ambientes deposicionais, em que é considerada uma mesma bacia para ambas as unidades de interesse, a Fm. Votuverava representa o desenvolvimento em porção profunda e a Capiru uma porção mais rasa (Fiori & Gaspar, 1993). Tal teoria é coerente com os pontos levantados em campo e com seus ambientes deposicionais interpretados. Um ambiente turbidítico mais profundo (ICM-05 e ICM-06) pode ocorrer simultaneamente ao ambiente de mais raso plataforma (ICM-11). Seguindo na estratigrafia, um ambiente plataforma raso (ICM-07) no Votuverava pode ser correlacionado aos leques deltaicos retrabalhados por maré (ICM-08, ICM-09 e IC-10).

Em questão de proveniência, ocorre uma importante contribuição Riaciana em todas as amostras, de ± 2100 Ma, que pode ser entendida como uma fonte comum de contribuição continental em fração mais arenosa. Ainda, as sequências dispostas atualmente mais ao centro das formações (ICM-05A e ICM-08A), representadas pelos filitos intercalados com metarenitos/metassedimentos, parecem ter recebido contribuição da uma mesma fonte de idade Estateriano ao Mesoarqueano, em suas frações mais arenosas, conforme indicado pelo teste K-S.

No entanto, considerando os zircões mais jovens datados para cada formação como idades máximas de sedimentação, e excluindo os Neoproterozóicos da ICM-06A, são obtidas maturações próximas de 1750 Ma para o Votuverava e de 1220 Ma para o Capiru. A comparação entre as idades resulta em uma diferença aproximada de 530 Ma, o que torna a teoria de evolução contemporânea das unidades em uma mesma bacia bastante

inverossímil. Essa conclusão é reforçada pelos dados da literatura que sugerem diferenças para a química dos carbonatos, predominantemente calcíticos no Votuverava e dolomíticos no Capiru (Mineropar, 2005; Lange, 2018).

Com a mesma função macro utilizada no teste K-S, as CDFs são agora comparadas em diagramas juntamente ao gráfico de configuração tectônica definida por Cawood (2012) na Figura 14. De acordo com o artigo do autor, a distribuição dos espectros de zircões detritícios reflete a configuração da bacia em que foram depositados. Assim, as curvas cumulativas das idades de cristalização (formação) dos cristais de zircão subtraídos da idade de deposição da unidade ilustram seus respectivos tipos de bacia sedimentares, que podem ser agrupados em três configurações tectônicas principais: (A) convergente, (B) colisional e (C) extensional. O campo de configurações convergentes inclui bacias em zona de supra-subducção, estendendo-se do *trench* até a bacia de *back-arc*; as configurações de colisão correspondem a bacias formadas durante e após a colisão continental, como bacias de *foreland*, apresentando sedimentos que podem compreender a distância do local atual até o local de fechamento do oceano; e o campo de ambiente extensional incorpora bacias de margem passiva, *rifte pós-rift*, assim como bacias intracratônicas.

Para a análise do CDF, foi definida a idade máxima de sedimentação de 580 Ma para as amostras da Fm. Votuverava, de forma a abranger todos os dados obtidos no trabalho e de compreender a população mais jovem datada para a unidade pela ICM-06A. Ainda, foi utilizada a idade de 800 Ma para as amostras da Fm. Capiru, sendo esta uma média entre a idade Esteniana de 1.08 Ga, datada pelo zircão mais jovem de metassedimentos, e Ediacarana de \pm 600 Ma para os sistemas microbiais e estromatolíticos neoproterozóicos (Cury et al. 2017).

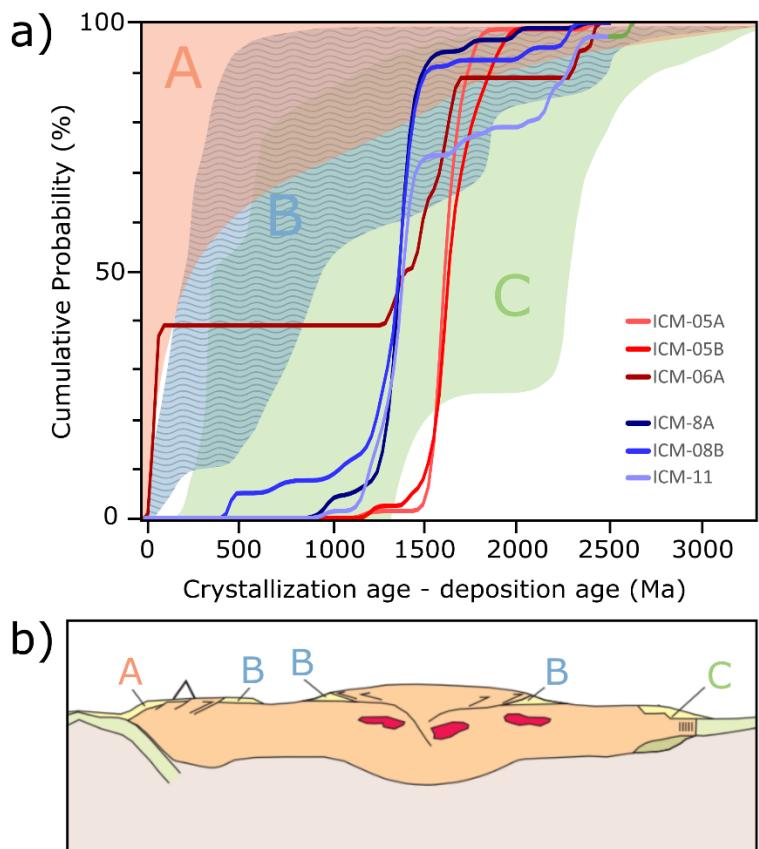


Figura 14: Imagem de CDF com os ambientes deposicionais possíveis de Cawood (2012): a) curvas função de distribuição cumulativa; b) ilustração dos ambientes tectônicos (A) convergente, (B) colisional e (C) extensional.

Através do comportamento das curvas, é possível identificar três *trends* e afirmar que as duas unidades de interesse correspondem a depósitos de margens passivas em ambiente extensional. As inflexões das curvas mostram que os dois conjuntos são semelhantes, corroborando com a evidência de uma mesma contribuição principal para as populações detriticas. Mesmo assim, é possível distinguir que a Fm. Votuverava apresenta um intervalo menor de distribuição de idades que a Fm. Capiru, tanto de idades mais antigas quanto de idades mais jovens.

Quanto a amostra ICM-06A, há compatibilidade com o modelo tectônico B que sugere fonte associada a uma bacia de ante-arco, podendo ser correlacionada a hipótese de deposição de tufo vulcânico em meio aos sedimentos. No entanto, não se exclui a possibilidade de tratar-se de depósitos sin-orogênicos relacionados a colisão dos dois conjuntos, imbricados tectonicamente em meio as sequências metassedimentares da Fm. Votuverava.

7. NOTAS GERAIS

A etapa de campo prevista para o trabalho de formatura não foi realizada, devido a situação atual de pandemia por Covid-19. Tal dificuldade enfrentada impossibilitou novos estudos estruturais pretendidos para a Zona de Cisalhamento Lancinha e a coleta de novas amostras. Por isso, a apresentação de dados relacionada a essa etapa foi baseada no trabalho de campo da Iniciação Científica da aluna, em bolsa de estudos concedida FAPESP, a qual foi desenvolvida entre 01/08/2018 a 30/11/2019 a partir dos mesmos objetivos do TF.

De acordo com as atividades propostas originalmente no projeto inicial, não foram realizadas as análises geocronológicas e geoquímicas pretendidas às rochas carbonáticas de ambas as unidades de interesse, uma vez que para estas ainda seria necessária a obtenção das amostras. Adicionalmente, o retorno tardio do funcionamento dos laboratórios contribuiu para que as análises não pudessem ser realizadas a tempo da finalização do projeto, não restando tempo suficiente dentro do prazo estipulado para desenvolver a programação prevista.

Apesar das dificuldades encontradas, o trabalho de formatura não sofreu alterações em seu objetivo principal de caracterizar a proveniência das Formações Votuverava e Capiru. Ainda, a partir das informações e materiais preexistentes, conseguiu-se debater sobre as possíveis implicações tectônicas associadas às unidades e adicionar novos dados geocronológicos para a discussão central do modelo evolutivo que comprehende a porção sul do Cinturão Ribeira.

8. CONCLUSÕES

A partir da discussão, é possível afirmar que existe concordância entre os dados obtidos no presente trabalho e os estudos recentes. De forma semelhante, as características estruturais, metamórficas e isotópicas das unidades Votuverava e Capiru apoiam a sugestão de uma evolução distinta para essas unidades.

Alguns estudos mostram outras relações entre as litofácies das formações em pequenas áreas, a exemplo de Lange (2015, 2016) e Leandro (2016a, 2016b), que apresentam colunas estratigráficas locais detalhadas na Formação Capiru de extrema importância para a evolução de um modelo geológico mais abrangente. Outros trabalhos regionais, como de Basei et al. (2008), colaboraram para o entendimento em macroescala através da reconstituição paleogeográfica do Cinturão Ribeira Meridional. Porém, ainda não há dados suficientes que permitam correlações mais precisas entre os conjuntos litológicos e estratigráficos das sequências Votuverava e Capiru, assim como também para as demais unidades da Faixa Apiaí não abordadas nesta pesquisa.

Assim, somente com as informações geradas e relacionadas neste Trabalho de Formatura não é possível confirmar, de forma irrefutável, a hipótese de justaposição dos Terrenos Apiaí e Curitiba como foi apresentado por Basei et al. (1992). No entanto, a pesquisa reforça as evidências do modelo tectônico proposto, o qual propõe que ambas as unidades de interesse evoluíram em margens opostas e foram colocadas lado a lado tardivamente no Cinturão Ribeira durante a Orogenia Brasiliana/ Pan-Africana.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.F.M., 2004. Geologia do Continente Sul-Americanano. São Paulo: Ed. Beca.
- Basei, M.A.S., Siga Jr., O., Machiavelli, A., Mancini, F., 1992. Evolução tectônica dos terrenos entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano - PR-SC. Revista Brasileira de Geociências, v. 22:21, p. 6-221.
- Basei, M.A.S., McCreath, L., Siga Jr., O., 1998a. The Santa Catarina Granulite Complex of Southern Brazil: A Review. Gondwana Research, v.1, p. 383-391.
- Basei M.A.S., Citroni S.B., Siga Jr. O. 1998b. Stratigraphy and age of Fini-Proterozoic basins of Paraná and Santa Catarina states, southern Brazil. Boletim IG-USP. Série Científica, v. 29, p. 195-216.
- Basei, M.A.S., Frimmel, H.E.; Nutman, A.P., Preciozzi, F., 2008. West Gondwana amalgamation based on detrital zircon ages from Neoproterozoic Ribeira and Dom Feliciano belts of South America and comparison with coeval sequences from SW Africa, West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., de Brito Neves, B.B., de, M.J.W.I.T. (Eds.), Geological Society London, Special Publication. London, v. 294, p. 239–256.
- Basei, M.A.S, Neves, B.B.B., Siga Jr., O., Babinsk, M., Pimentel, M.M., Tassinari, C.C.G., Holanda, M.H.B., Nutman, A., Cordani, U.G., 2010. Contribution of SHRIMP U–Pb zircon geochronology to unravelling the evolution of Brazilian Neoproterozoic fold belts. Precambrian Research, v. 183 (1), p. 112-144.
- Campanha, G.A.C., 1991. Tectônica proterozóica do Alto e Médio Vale do Ribeira, estados de São Paulo e Paraná. Tese de Doutoramento. IG-USP, São Paulo, v. 296.
- Campanha, G.A.C. & Sadowski, G.R., 2002. Determinações da deformação finita em rochas metassedimentares da Faixa Ribeira na região de Iporanga e Apiaí (SP). Revista Brasileira de Geociências, v. 32(1), 107-118.
- Campanha, G.A.C., Faleiros, F.M., Basei, M.A.S., Tassinari, C.C.G., Nutman, A.P., Vasconcelos, P.M., 2015. Geochemistry and age of mafic rocks from the Votuverava Group, southern Ribeira Belt, Brazil: Evidence for 1490 Ma oceanic back-arc magmatism. Precambrian Research, v. 266, p. 530-550.
- Cury, L.F., Kaulfuss, G.A., Siga Jr., O., Basei, M.A.S., Harara, O.M.M., Sato, K., 2002. Idades U-Pb (Zircões) de 1.75 Ga em Granitóides Alcalinos Deformados dos Núcleos

Betara e Tigre: Evidências de Regimes Extensionais do Estateriano na Faixa Apiaí. Revista do Instituto de Geociências Geol. USP, Série Científica, v. 2, p. 95-108.

Cury, L.F., Santos, L.R., Leandro, R., Lange, L., Rumbelssperger, A.B., 2017. EP13A-1576: Stenian stuarine system and early neoproterozoic microbial records of Capiru Formation, South Ribeira Belt. AGU Fall Meeting.

Faleiros, F.M., 2008. Evolução de terrenos tectono-metamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP, PR). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. São Paulo.

Faleiros, F.M., Campanha, G.A.C., Bello, R.M.S., Fuzikawa, K., 2010. Quartz recrystallization regimes, c-axis texture transitions and fluid inclusion reequilibration in a prograde greenschistto amphibolite facies mylonite zone (Ribeira Shear Zone, SE Brazil). *Tectonophysics*, v. 485, p. 193–214.

Faleiros, F.M., Campanha, G.A.C., Martins, L., Vlach, S.R.F., Vasconcelos, P.M., 2011a. Ediacaran High-Pressure Collision Metamorphism and Tectonics of the southern Ribeira Belt (SE Brazil): Evidence for terrane accretion and dispersion during Gondwana assembly. *Precambrian Research*, v. 189, p. 263-291.

Faleiros, F.M., Ferrari, V. C., Costa, V.S., Campanha, G.A.C., 2011b. Geoquímica e Petrogênese de Metabasitos do Grupo Votuverava (Terreno Apiaí, Cinturão Ribeira Meridional): Evidências de uma Bacia Retroarco Calimiano. Revista do Instituto de Geociências – USP: Geologia USP, Série Científica São Paulo, v. 11, n. 2, p. 135-155.

Fassbinder, E., 1990. Análise estrutural da Falha da Lancia, Estado do Paraná. [Dissertação de Mestrado]: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo.

Fassbinder, E., 1996. A unidade Água Clara no contexto do Grupo Açuengui: um modelo transpressivo de colisão oblíqua no Neoproterozóico paranaense. [Tese de Doutorado]: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo.

Fiori, A.P., 1985. Avaliação preliminar do deslocamento dúctil das falhas da Lancia e de Morro Agudo no Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 36, p. 15-30.

Fiori, A.P., 1992. Tectônica e estratigrafia do Grupo Açuengui - PR. *Boletim IG-USP: Série Científica*, v. 23, p. 55-74.

Fiori, A.P. & Gaspar, L.A, 1993. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Açuengui (Proterozóico Superior), Paraná, sul do Brasil. Série Científica, Instituto de Geologia, Universidade de São Paulo, v. 24: p.1-19.

Gehrels, G.E., 2014. Detrital Zircon U-Pb Geochronology Applied to Tectonics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 42 (1), p. 127-149.

Guynn J. & Gehrels G., 2010. Comparison of detrital zircon age distributions using the KS test. Tucson: Arizona LaserChron Center, University of Arizona.

Heilbron, M., Valeriano, C.M., Tassinari, C.C.G., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M., Siga Junior, O., Trouw, R.A.J., 2008. Correlation of Neoproterozoic Terrenes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African Counterpart: Comparative Tectonic Evolution and

Open Questions. Geological Society Special Publication-Edited by R. J. Pankhurst; R. A. J. Trouw; B. B. De Brito Neves; M. J. Dew Wit; v. 294, p. 211-238.

Lange, L.L., 2015. Análise do registro sedimentar e tectônico das unidades siliciclásticas da Formação Capiru, porção central de Almirante Tamandaré- PR. [Trabalho de Conclusão de Curso]: Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, departamento de Geologia, Curitiba.

Lange, L.L., 2018. Quimioestratigrafia e sedimentologia dos metadolomitos da Formação Capiru na região de Colombo - PR: Implicações Tectonoestratigráficas. [Dissertação de Mestrado]: Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências da Terra, departamento de Geologia, Curitiba (PR).

Leandro, R., 2016. Caracterização tectonoestratigráfica da Formação Capiru na região de Morro Grande, Colombo- PR. [Dissertação de Mestrado]: Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências da Terra, departamento de Geologia, Curitiba (PR).

Mineropar. 1985. Mapa geológico – Folha Curitiba, escala 1:250.000. Minerais do Paraná S/A, Paraná.

Mineropar, 2006. Rochas calcárias do Paraná. Minerais do Paraná S/A: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=31> (Acessado em março de 2020).

Passarelli, C.R., Basei, M.A.S., Wemmer, K., Siga Jr., O., Oyhantçabal, P., 2011. Major shear zones of southern Brazil and Uruguay: escape tectonics in the eastern border of Rio de La plata and Paranapanema cratons during the Western Gondwana amalgamation. International Journal Earth Science (Geol. Rundsch), v. 100, p. 391–414.

Ricardo, B.S., Faleiros, F.M., Moraes, R., Siga Jr., O., Campanha, G.A.C., 2020. Tectonic implications of juxtaposed high- and low-pressure metamorphic field gradient rocks in the Turvo-Cajati Formation, Curitiba Terrane, Ribeira Belt, Brazil. Precambrian Research, v. 345, 105766.

Sadowski, G.R., 1984. Estado da Arte do Tema: Geologia Estrutural de Grandes Falhamentos. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4, p. 1767-1793.

Silva L.C., McNaughton N.J., Armstrong R., Hartmann L.A., Fletcher I.R., 2005. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections: a zircon-based U-Pb geochronologic subdivision for the Brasiliano/Pan-African systems of orogens. Precambrian Research, v. 136, p. 203- 240.

Siga Jr., O., 2010. Geocronologia da porção sul do Terreno Apiaí: Implicações Tectônicas. [Tese de Livre-Docência]: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo.

Siga Jr., O., Basei, M.A.S., Nutman, A., Sato, K., McReath, I., Passarelli, C.R., Liu, D., 2011. Extensional and collisional magmatic records in the Apiaí Terrane, South-Southeastern Brazil: Integration of geochronological U-Pb zircon ages. Geologia USP, v. 11, p. 149-175.

Soares, P.C., 1987. Sequências tecto-sedimentares e tectônica deformadora no centro-oeste do escudo paranaense. Simpósio Brasileiro Sul de Geologia, Curitiba. Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, p. 743-771.

Vermeesch, P., 2012. On the visualization of detrital age distributions. Chemical Geology, v. 312-313, p. 190-194.

**APÊNDICE A: FIGURAS DO TRABALHO DE CAMPO, AMOSTRAS DE MÃO E DEMAIS
IMAGENS DAS LÂMINAS PETROGRÁFICAS**

APÊNDICE B: TABELAS DE RESULTADOS GEOCRONOLÓGICOS

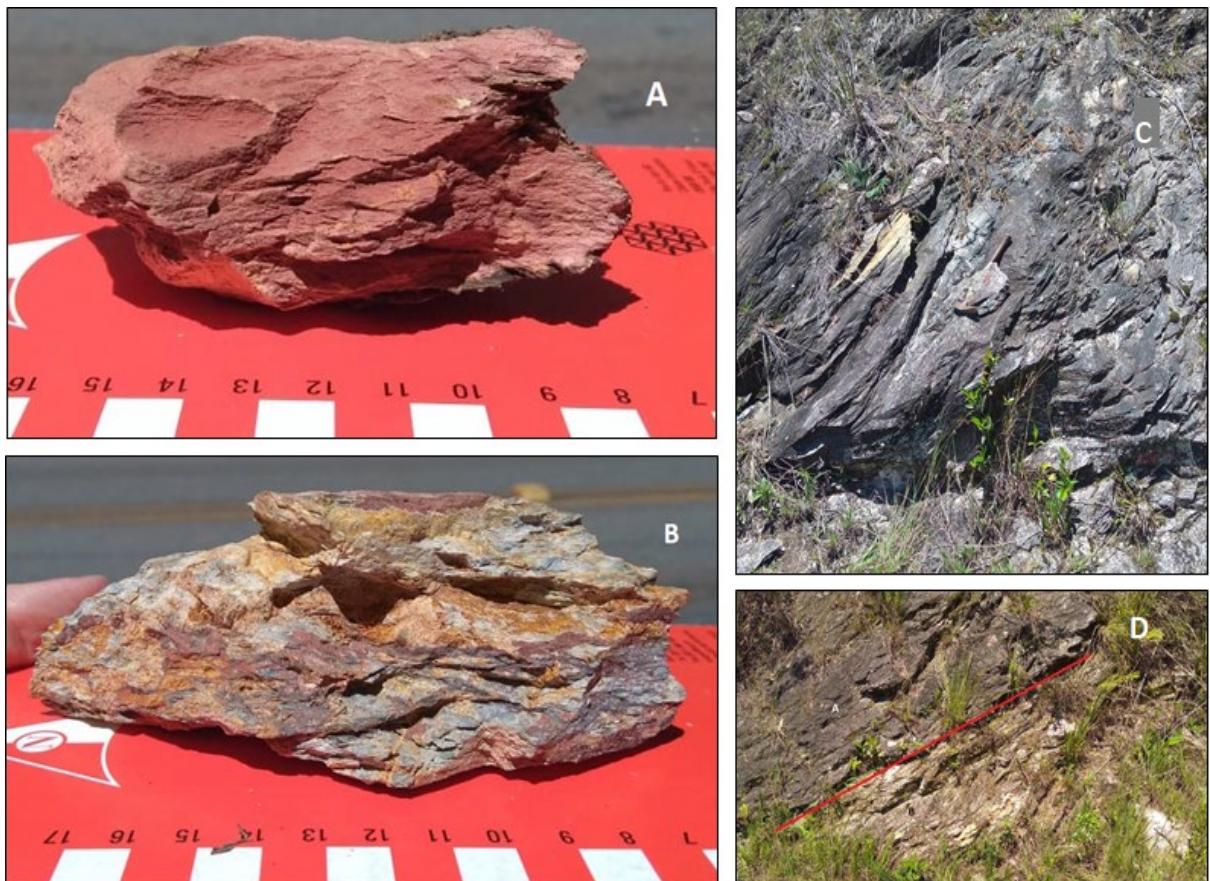


Figura 1: Imagens de campo do ponto ICM-01 - A: Variação do filito com maior grau de alteração; B: Variação do filito com intercalações de quartzito; C: Aparência geral do afloramento de filito sericítico cinza; D: Contato do filito com rocha metabásica.



Figura 2: Imagem de campo do afloramento do ponto ICM-02, que apresentava variação de rocha metabásica alterada – ponto de controle.



Figura 3: Imagens de campo do ponto ICM-03 da porção do afloramento amostrada.

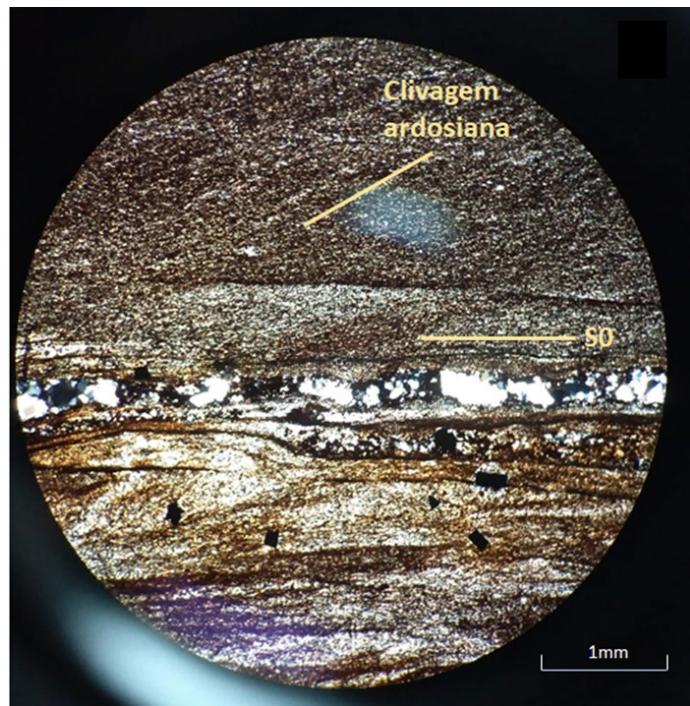


Figura 4: Imagem da lâmina petrográfica do ponto ICM-03, em pol. // e objetiva 4x, com destaque para a clivagem ardosiana (S_2) oblíqua ao acamamento (S_0) na ardósia.



Figura 5: Imagem de campo do afloramento do ponto ICM-04, que apresentava filito muito próximo ao visto no ponto PM-01 – ponto de controle estrutural.

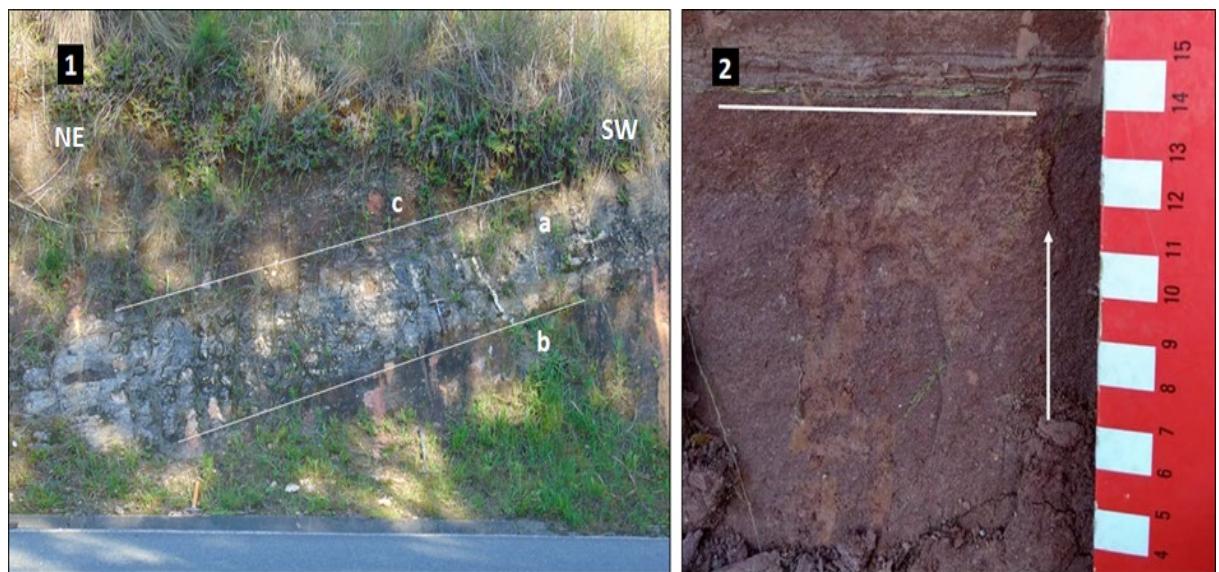


Figura 6: 1- Afloramento orientado com subdivisão de fácies no ponto ICM-05, sendo composto por camada lenticular arenítica de cor esbranquiçada (a), porção arenítica avermelhada (b) e porção filítica a argilosa de coloração avermelhada; 2- Indicação da fácie B de granodecrescência e do bandamento reliquiar subhorizontal.



Figura 7: Imagem de campo do ponto ICM-06, onde o afloramento em perfil indica a camada arenítica.



Figura 8: Imagem de campo do afloramento do filito silicificado do ponto ICM-07 (a), com escala de 20 cm; e a amostra de mão do mesmo (b), em escala de grafite.

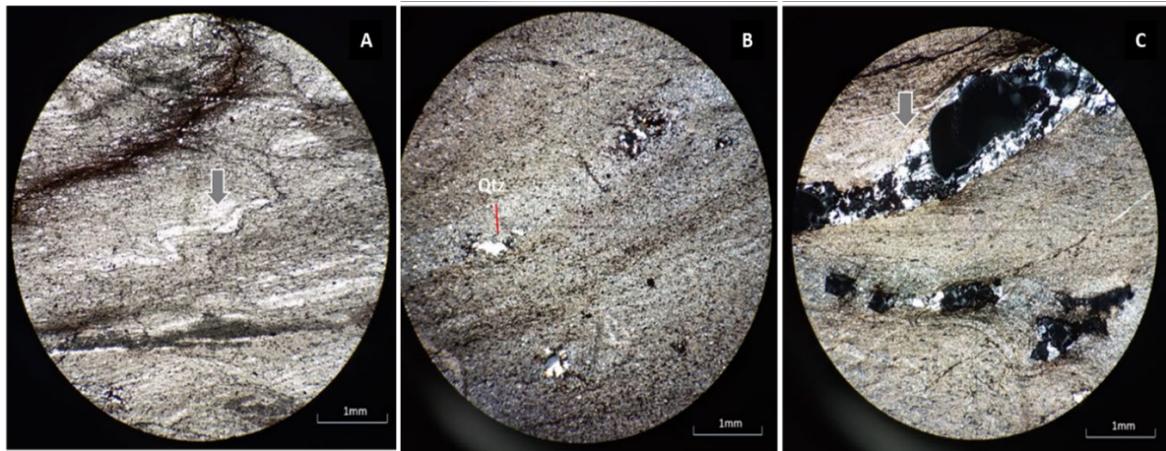


Figura 9: Imagens da lâmina petrográfica do ponto ICM-07, em pol. // e objetiva 4x; A- Falha microscópica em estado rúptil-dúctil; B- Fraturamento da rocha com percolação de fluidos com dobra em estado dúctil; C- Grãos de quartzo, individuais e em aglomerados, preservados ou recristalizados; D- Veio de quartzo e fraturas dobradas.



Figura 10: Imagens de campo do ponto ICM-08 – A: Afloramento com bússola Clar como escala; B: Amostra de mão com bandas centimétricas, com destaque para a clivagem oblíqua.

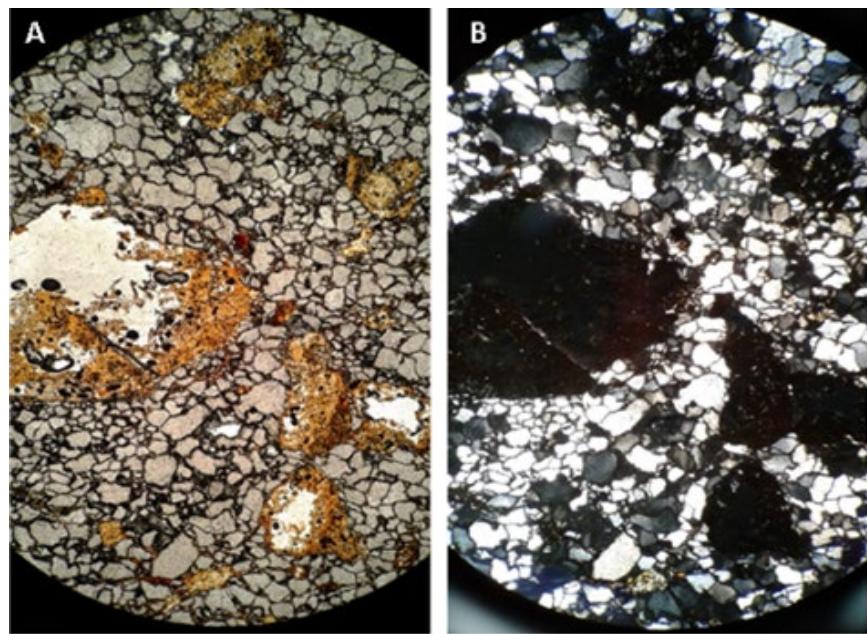


Figura 11: Imagens petrográficas da amostra ICM-08B, revelando grãos de quartzo grossos em matriz essencialmente quartzosa fina a média (A- em nicóis paralelos; B- em nicóis cruzados).

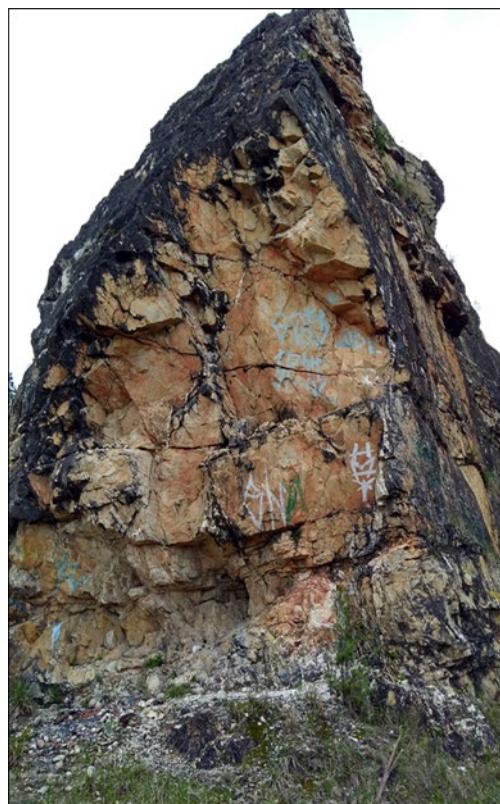


Figura 12: Topo do Morro Grande, local do ponto ICM-09, onde há dobra anticlinal com plano axial subverticalizado.

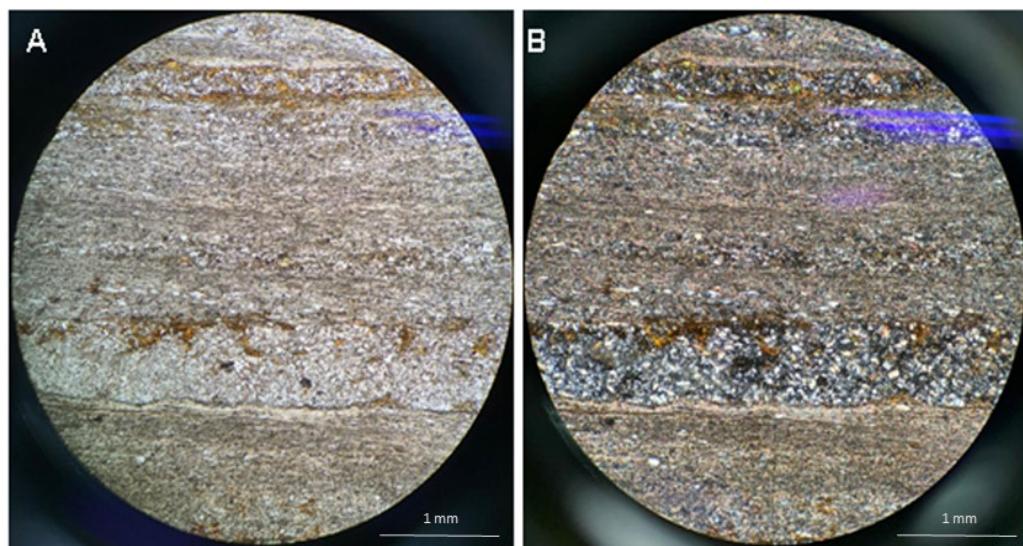


Figura 13: Imagens de lâmina petrográfica da amostra ICM-09, em pol. // e objetiva 4x, onde podem ser observadas S1 paralela ao bandamento composicional (em A com nicóis paralelos e em B com nicóis cruzados).

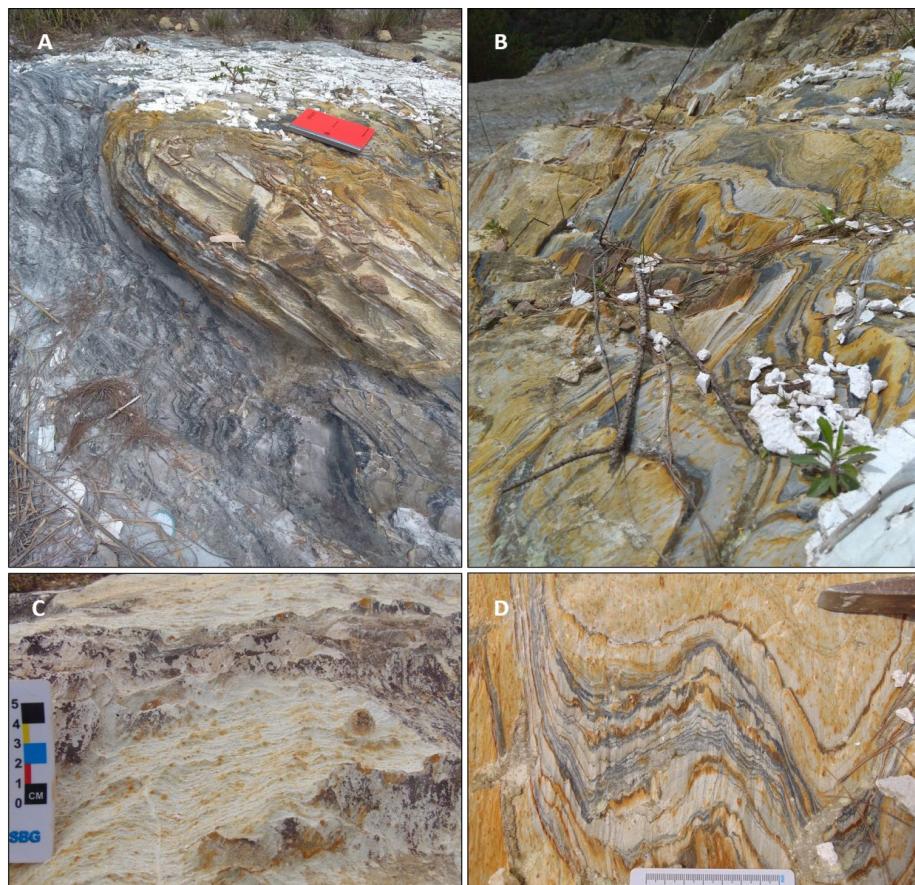


Figura 14: Imagens de campo do ponto ICM-10 – A: Dobra fechada com escala de 20 centímetros para metamarga bandada com dobras assimétricas parasíticas no flanco; B: Dobramento com acamadamento bandado subverticalizado, mergulhando para SE, e clivagem plano axial ao bandamento; C: Crenulação (Cr1) em detalhe oblíqua ao acamadamento; D: Dobramentos (D1) em detalhe com escala centimétrica e clivagem plano axial bastante desenvolvida.



Figura 15: Imagens de campo do ponto ICM-10 – A: Delta dextral em escala de 20 centímetros, com destaque para sentido de movimentação e vestígios de fraturamento posterior a deformação rúptil do *gashveins*.

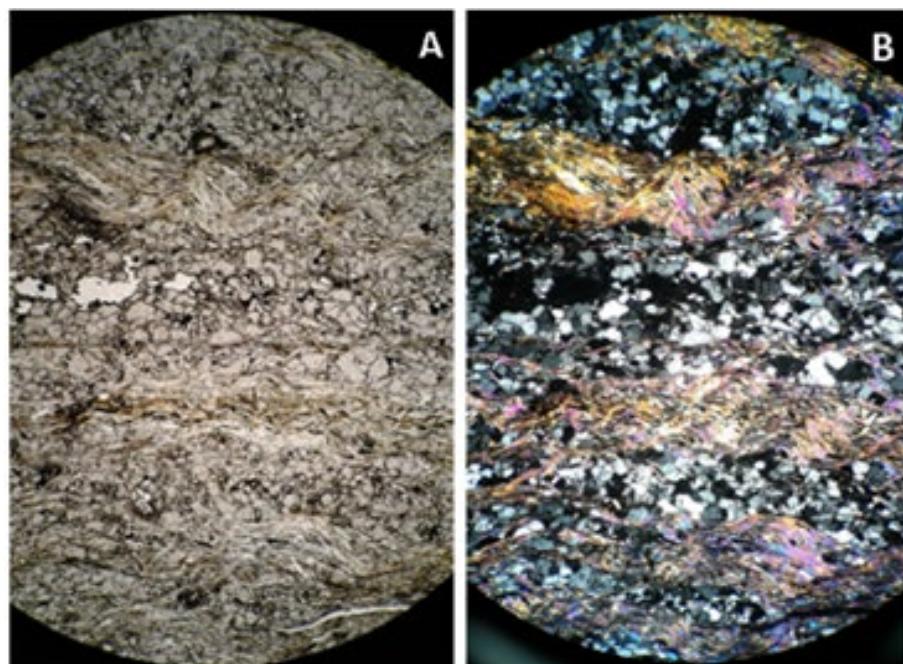


Figura 16: Imagens de lâmina do ponto ICM-10 - Acamadamento S0 e foliação metamórfica S1 subparalelos, em objetiva 4x com nicóis paralelos em A e cruzados em B, e crenulação S2 obliqua.

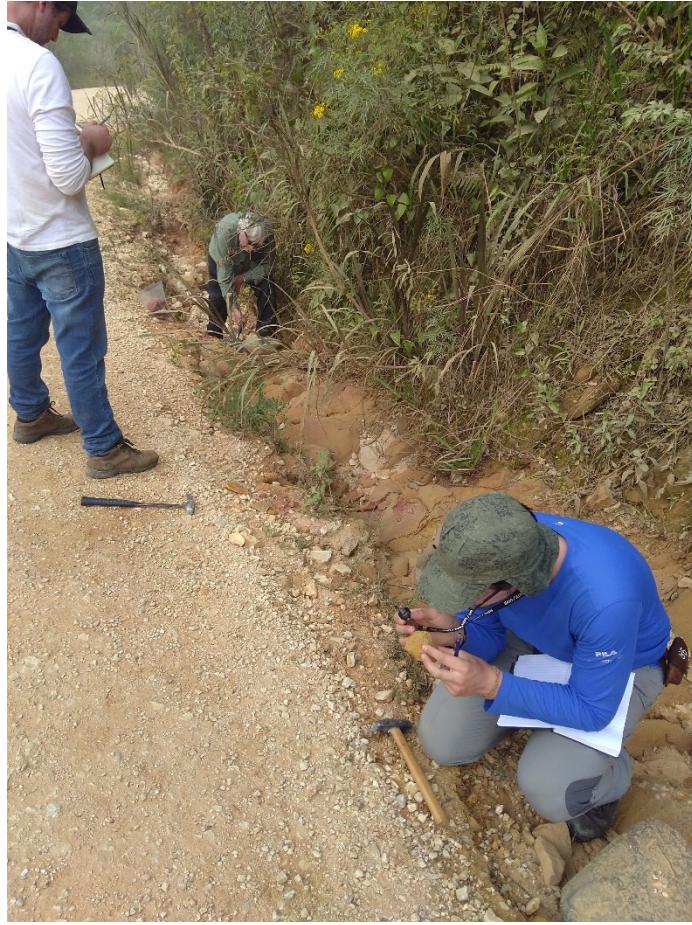


Figura 17: Imagem de campo do ponto ICM-11 e coleta de amostra.

Tabela 1: Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-05A.

ICM-05A		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	AGES						Conc.	Conc.		
							comum	ppm	ppm	ppm	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma		
							SPOT	%								
SPL2962	100,1	4,60	36	322	155	2,09	1692	10	1714	16	1740	33	98	97		
SPL2962	43,1	1,04	122	197	359	0,55	1920	11	2007	16	2097	28	95	91		
SPL2962	91,1	1,95	92	249	268	0,93	1932	12	2022	13	2114	31	95	91		
SPL2962	93,1	0,27	71	53	181	0,29	1971	11	2054	14	2138	32	95	92		
SPL2962	30,1	2,57	88	146	272	0,54	2034	14	2085	11	2136	21	97	95		
SPL2962	61,1	0,05	55	123	130	0,95	2048	11	2052	12	2056	26	99	99		
SPL2962	85,1	3,45	39	27	87	0,32	2071	12	2112	13	2151	28	98	96		
SPL2962	70,1	1,03	60	340	141	2,42	2079	13	2105	16	2130	28	98	97		
SPL2962	82,1	9,02	86	473	533	0,89	2080	12	2111	16	2140	29	98	97		
SPL2962	72,1	1,97	110	258	295	0,88	2082	12	2140	16	2197	28	97	94		
SPL2962	87,1	2,24	41	94	101	0,93	2094	11	2097	14	2101	28	99	99		
SPL2962	2,1	0,53	31	92	73	1,26	2108	20	2114	18	2120	34	99	99		
SPL2962	47,1	8,40	27	142	92	1,53	2114	14	2143	17	2171	30	98	97		
SPL2962	10,1	3,07	47	85	120	0,71	2130	15	2137	17	2144	32	99	99		
SPL2962	49,1	4,07	85	239	222	1,08	2132	12	2125	14	2118	28	100	100		
SPL2962	73,1	0,78	24	25	59	0,43	2141	15	2138	20	2136	34	100	100		
SPL2962	8,1	0,64	62	74	149	0,50	2142	19	2150	16	2159	31	99	99		
SPL2962	27,1	1,29	40	73	90	0,80	2147	17	2152	16	2157	29	99	99		
SPL2962	62,1	3,21	41	212	140	1,52	2152	10	2163	12	2174	26	99	99		
SPL2962	39,1	1,71	13	30	28	1,08	2153	16	2184	21	2213	42	98	97		
SPL2962	15,1	0,84	53	91	121	0,75	2156	16	2160	18	2164	33	99	99		
SPL2962	75,1	0,54	27	66	57	1,15	2170	13	2161	18	2153	31	100	100		
SPL2962	59,1	0,04	29	55	67	0,81	2177	12	2194	13	2209	27	99	98		
SPL2962	67,1	2,15	66	279	143	1,95	2177	12	2167	17	2157	32	100	100		
SPL2962	26,1	0,00	93	229	261	0,88	2182	16	2154	14	2128	26	101	102		
SPL2962	51,1	0,33	87	162	193	0,84	2184	13	2171	14	2160	27	100	101		
SPL2962	7,1	0,57	48	91	108	0,84	2185	20	2184	18	2182	33	100	100		
SPL2962	83,1	2,37	51	81	116	0,70	2188	15	2175	16	2163	29	100	101		

Tabela 1 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-05A.

ICM-05A		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	AGES						Conc.	Conc.	
							comum	ppm	ppm	ppm	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	
							SPOT	%							
SPL2962		40,1	0,99	70	49	181	0,27	2189	14	2183	17	2178	31	100	100
SPL 2962		14,1	2,98	27	34	63	0,54	2190	16	2179	17	2168	33	100	100
SPL 2962		1,1	1,82	12	38	27	1,44	2192	25	2206	20	2219	42	99	98
SPL 2962		65,1	1,70	38	102	80	1,28	2194	14	2188	18	2183	36	100	100
SPL 2962		4,1	4,07	12	29	26	1,13	2195	27	2222	20	2247	43	98	97
SPL 2962		25,1	0,73	66	121	148	0,82	2198	17	2170	14	2144	28	101	102
SPL 2962		84,1	0,19	64	79	160	0,49	2202	15	2160	16	2119	29	101	103
SPL 2962		3,1	1,19	33	31	80	0,39	2207	24	2189	18	2173	36	100	101
SPL 2962		96,1	0,73	81	178	186	0,96	2207	12	2171	14	2136	24	101	103
SPL 2962		16,1	3,88	13	34	26	1,32	2209	21	2212	18	2215	34	99	99
SPL 2962		79,1	0,25	63	158	144	1,09	2212	13	2178	17	2146	29	101	103
SPL 2962		28,1	0,22	156	20	397	0,05	2212	15	2149	11	2089	21	102	105
SPL 2962		17,1	0,93	18	58	38	1,53	2213	31	2199	18	2187	42	100	101
SPL 2962		9,1	1,65	45	31	104	0,30	2215	17	2221	18	2227	34	99	99
SPL 2962		64,1	0,90	23	32	52	0,62	2215	16	2197	20	2181	39	100	101
SPL 2962		41,1	2,65	45	73	103	0,71	2218	14	2224	18	2229	33	99	99
SPL 2962		69,1	0,00	25	65	53	1,23	2218	17	2205	19	2193	34	100	101
SPL 2962		20,1	0,18	73	98	178	0,55	2219	15	2175	11	2134	21	102	103
SPL 2962		90,1	2,18	23	111	43	2,60	2222	19	2211	17	2200	38	100	100
SPL 2962		98,1	1,23	28	85	57	1,49	2223	14	2194	16	2168	30	101	102
SPL 2962		23,1	6,37	66	61	183	0,33	2224	17	2208	15	2192	27	100	101
SPL 2962		74,1	1,29	15	62	25	2,45	2232	20	2200	26	2170	48	101	102
SPL 2962		97,1	0,26	100	87	243	0,36	2240	14	2192	15	2147	26	102	104
SPL 2962		33,1	0,29	37	60	80	0,75	2240	16	2242	13	2244	25	99	99
SPL 2962		12,1	0,32	60	171	118	1,45	2247	16	2206	17	2168	34	101	103
SPL 2962		92,1	1,05	24	53	49	1,08	2257	16	2228	18	2201	39	101	102
SPL 2962		78,1	0,45	79	208	169	1,24	2260	15	2226	17	2195	30	101	102
SPL 2962		13,1	1,52	29	28	67	0,42	2265	17	2243	19	2223	36	100	101

Tabela 1 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-05A.

ICM-05A		SPL2962 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.	AGES										Conc.	Conc.	
			Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma		
			comum	ppm	ppm	ppm								206/238	206/238
SPOT		%												207/235	207/206
SPL 2962	99,1	2,37	27	90	73	1,24	2275	14	2264	16	2254	28	100	100	
SPL 2962	44,1	1,21	27	24	68	0,36	2278	13	2259	17	2241	27	100	101	
SPL 2962	5,1	1,78	25	63	50	1,25	2278	21	2281	19	2285	36	99	99	
SPL 2962	45,1	0,59	50	89	112	0,80	2280	13	2227	18	2179	30	102	104	
SPL 2962	71,1	0,40	79	168	166	1,02	2285	14	2277	17	2270	27	100	100	
SPL 2962	56,1	2,88	30	81	58	1,39	2292	16	2285	13	2278	27	100	100	
SPL 2962	11,1	0,13	32	70	63	1,11	2302	18	2272	18	2245	34	101	102	
SPL 2962	37,1	5,82	21	48	54	0,90	2303	18	2291	18	2280	34	100	101	
SPL 2962	38,1	1,01	55	155	108	1,43	2304	14	2300	19	2296	33	100	100	
SPL 2962	80,1	8,91	71	379	365	1,04	2307	13	2324	16	2340	26	99	98	
SPL 2962	60,1	4,99	60	191	142	1,35	2328	12	2358	12	2383	26	98	97	
SPL 2962	76,1	0,56	172	282	545	0,52	2340	14	2341	16	2342	27	99	99	
SPL 2962	50,1	2,18	38	76	72	1,05	2346	14	2338	17	2331	31	100	100	
SPL 2962	18,1	0,78	33	46	71	0,65	2470	17	2390	12	2323	21	103	106	
SPL 2962	68,1	5,38	62	206	184	1,12	2789	15	2889	17	2960	28	96	94	

Tabela 2: Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-05B.

ICM-05B	SPOT	AGES												Conc.
		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma		
		comum	ppm	ppm	ppm									206/238
		%												207/235
SPL 2963	68,1	0,68	28	117	74	1,59	1613	12	1684	16	1774	34	95	
SPL 2963	109,1	2,42	203	522	1105	0,47	1622	8	1783	13	1978	28	90	
SPL 2963	20,1	1,22	116	339	361	0,94	1687	8	1863	11	2066	22	90	
SPL 2963	82,1	2,01	139	442	428	1,03	1762	11	1922	15	2100	31	91	
SPL 2963	7,1	0,36	67	135	207	0,66	1762	13	1768	10	1774	23	99	
SPL 2963	101,1	1,80	98	562	308	1,82	1774	10	1970	15	2182	33	90	
SPL 2963	40,1	6,91	55	255	155	1,65	1801	13	1931	10	2073	25	93	
SPL 2963	46,1	1,89	107	323	321	1,01	1825	13	1951	13	2087	29	93	
SPL 2963	38,1	2,11	107	101	275	0,37	1838	13	1997	10	2166	24	92	
SPL 2963	48,1	3,03	31	54	75	0,72	1847	15	2023	15	2208	31	91	
SPL 2963	86,1	0,42	75	167	165	1,01	1864	12	1998	16	2141	33	93	
SPL 2963	104,1	0,50	160	469	436	1,07	1865	10	1964	14	2071	30	94	
SPL 2963	89,1	1,07	161	247	438	0,56	1889	12	1929	6	1972	18	97	
SPL 2963	108,1	7,06	33	112	87	1,30	1907	12	2041	17	2179	35	93	
SPL 2963	33,1	2,88	64	278	192	1,45	1959	10	2068	13	2179	29	94	
SPL 2963	42,1	0,53	40	74	91	0,81	1969	15	2080	10	2191	25	94	
SPL 2963	83,1	2,31	38	176	81	2,17	1973	12	2058	17	2144	34	95	
SPL 2963	103,1	1,13	114	319	273	1,17	1987	10	2085	15	2184	30	95	
SPL 2963	79,1	1,50	48	86	115	0,74	1989	13	2066	17	2144	32	96	
SPL 2963	99,1	3,55	60	208	212	0,98	1995	12	2058	13	2122	25	96	
SPL 2963	41,1	0,57	56	82	133	0,62	2001	15	2056	10	2112	25	97	
SPL 2963	98,1	1,17	43	96	90	1,07	2012	13	2109	13	2205	28	95	
SPL 2963	77,1	0,62	136	458	325	1,41	2012	12	2073	17	2134	31	97	
SPL 2963	56,1	3,22	102	342	292	1,17	2017	21	2109	18	2199	24	95	
SPL 2963	37,1	1,55	89	359	263	1,36	2046	14	2095	9	2144	24	97	
SPL 2963	94,1	0,70	51	125	109	1,14	2047	13	2113	13	2178	27	96	

Tabela 2 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-05B.

ICM-05B	SPL2963 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.	AGES											Conc.
		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	
		comum	ppm	ppm	ppm								
		SPOT	%										
SPL 2963	39,1	3,07	44	134	124	1,08	2063	14	2121	11	2178	26	97
SPL 2963	30,1	1,30	24	59	57	1,05	2063	12	2086	13	2110	24	98
SPL 2963	100,1	1,09	40	28	95	0,30	2086	14	2111	17	2136	36	98
SPL 2963	93,1	0,97	43	138	84	1,64	2094	14	2141	12	2186	26	97
SPL 2963	71,1	2,69	51	88	113	0,78	2097	14	2165	15	2229	29	96
SPL 2963	91,1	1,57	38	72	81	0,89	2099	14	2130	8	2160	21	98
SPL 2963	76,1	1,36	60	100	143	0,70	2107	11	2063	16	2019	29	102
SPL 2963	54,1	0,05	61	134	134	1,00	2112	23	2139	19	2164	27	98
SPL 2963	107,1	1,08	102	152	234	0,65	2114	11	2139	14	2163	29	98
SPL 2963	45	0,90	37	147	68	2,16	2115	17	2144	16	2172	31	98
SPL 2963	36	1,62	20	53	41	1,29	2124	20	2181	18	2236	39	97
SPL 2963	4	3,15	16	37	33	1,12	2131	19	2164	14	2195	31	98
SPL 2963	12	1,82	55	97	123	0,79	2151	12	2165	13	2178	26	99
SPL 2963	1,1	0,68	32	57	72	0,79	2168	15	2172	12	2177	23	99
SPL 2963	63,1	0,23	45	56	107	0,52	2173	14	2179	12	2186	21	99
SPL 2963	3,1	0,16	89	166	202	0,82	2183	15	2165	10	2148	21	100
SPL 2963	61,1	2,84	46	196	133	1,48	2183	17	2322	14	2446	25	94
SPL 2963	5,1	0,38	35	63	79	0,79	2187	16	2192	12	2198	25	99
SPL 2963	17,1	1,73	63	19	155	0,12	2191	11	2195	11	2198	23	99
SPL 2963	78,1	0,26	111	207	209	0,99	2192	13	2294	17	2385	29	95
SPL 2963	28,1	0,50	32	61	76	0,80	2193	13	2196	11	2200	21	99
SPL 2963	2,1	0,10	55	102	130	0,79	2199	16	2185	10	2173	21	100
SPL 2963	6,1	0,00	58	43	131	0,33	2199	15	2233	11	2264	22	98
SPL 2963	31,1	0,72	52	88	118	0,74	2204	12	2198	14	2192	30	100
SPL 2963	8,1	0,44	128	212	283	0,75	2205	15	2214	10	2222	20	99
SPL 2963	65,1	2,02	42	99	82	1,21	2213	14	2228	12	2243	20	99

Tabela 2 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-05B.

ICM-05B							AGES											
							Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Conc.
							comum	ppm	ppm	ppm							206/238	
							SPOT	%									207/235	
SPL 2963	10,1	4,43	44	262	161	1,63	2218	15	2274	16	2325	32	97					
SPL 2963	51,1	1,20	53	58	120	0,48	2226	22	2232	18	2236	24	99					
SPL 2963	64,1	4,55	14	25	30	0,82	2226	27	2202	18	2179	33	101					
SPL 2963	21,1	2,50	21	27	47	0,57	2229	15	2251	14	2270	29	99					
SPL 2963	29,1	1,90	32	8	70	0,12	2233	16	2296	13	2353	24	97					
SPL 2963	11,1	1,32	42	55	102	0,54	2238	13	2247	14	2256	28	99					
SPL 2963	60,1	3,61	23	49	44	1,11	2246	25	2263	18	2279	33	99					
SPL 2963	18,1	1,35	32	44	67	0,66	2252	13	2315	13	2371	23	97					
SPL 2963	23,1	1,95	14	35	36	0,97	2255	14	2275	14	2293	24	99					
SPL 2963	58,1	1,91	31	119	54	2,22	2258	23	2212	21	2170	38	102					
SPL 2963	66,1	1,13	23	42	47	0,91	2262	17	2287	17	2310	30	98					
SPL 2963	84,1	1,09	50	56	108	0,52	2262	14	2271	16	2278	32	99					
SPL 2963	44,1	1,01	45	96	86	1,11	2278	18	2309	15	2336	33	98					
SPL 2963	25,1	1,18	23	60	47	1,28	2279	15	2291	14	2301	27	99					
SPL 2963	35,1	0,24	62	126	126	1,00	2286	11	2293	14	2299	29	99					
SPL 2963	73,1	3,87	61	167	131	1,28	2293	12	2353	17	2404	32	97					
SPL 2963	24,1	0,37	135	85	331	0,26	2302	11	2262	11	2225	19	101					
SPL 2963	32,1	0,48	81	84	179	0,47	2303	12	2303	14	2302	29	100					
SPL 2963	105,1	0,74	60	77	119	0,65	2305	13	2363	16	2413	31	97					
SPL 2963	9,1	3,22	92	326	365	0,89	2322	15	2319	14	2318	30	100					
SPL 2963	106,1	4,10	24	8	46	0,18	2407	13	2285	16	2178	34	105					
SPL 2963	55,1	0,97	28	56	50	1,12	2413	32	2470	23	2518	30	97					
SPL 2963	14,1	1,26	36	51	71	0,72	2419	13	2422	14	2425	26	99					
SPL 2963	52,1	0,64	49	73	100	0,73	2422	24	2410	18	2400	24	100					
SPL 2963	85,1	0,00	63	181	103	1,76	2467	17	2475	16	2481	31	99					
SPL 2963	49,1	0,37	108	88	206	0,43	2483	17	2462	14	2445	28	100					

Tabela 2 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-05B.

ICM-05B	SPL2963 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.	AGES											
		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Conc.
		comum	ppm	ppm	ppm								206/238
SPOT		%											207/235
SPL 2963	53,1	0,72	36	30	70	0,42	2483	29	2509	21	2531	27	98
SPL 2963	62,1	1,62	60	177	135	1,31	2578	20	2771	14	2915	20	93
SPL 2963	27,1	0,51	46	40	90	0,45	2593	15	2533	12	2485	20	102

Tabela 3: Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-06A.

ICM-6A		Pb total comum	Pb rad ppm	Th ppm	U ppm	Th/U	AGES					Conc. 206/238 207/235	
							T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206		
SPL3253 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100%(0.89J/cm2) Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.	SPOT	%											
Minerais muito finos, a maioria foram arrancados no polimento ou furaram durante a análise													
SPL 3253	16,1	0,0	16	55	169	0,3	576	6	586	8	627	39	98
SPL 3253	2,1	0,0	20	205	180	1,1	586	4	613	10	711	41	95
SPL 3253	4,1	0,3	32	341	288	1,2	597	4	601	10	619	40	99
SPL 3253	12,1	9,5	51	272	515	0,5	599	4	610	7	652	25	98
SPL 3253	8,1	1,6	14	133	120	1,1	607	5	627	13	699	55	96
SPL 3253	15,1	0,0	18	299	137	2,2	610	7	610	16	610	75	100
SPL 3253	5,1	1,4	16	119	152	0,8	614	5	626	9	673	37	97
SPL 3253	6,1	0,9	36	21	132	0,2	1552	10	1698	12	1884	21	91
SPL 3253	11,1	0,3	95	160	264	0,6	1747	10	1833	11	1932	17	95
SPL 3253	7,1	0,0	29-		86	0,0	1862	12	1954	13	2053	20	95
SPL 3253	17,1	0,0	2	22-	-		1948	13	2012	18	2078	38	96
SPL 3253	18,1-	-		32-	-		2042	12	2038	17	2033	34	100
SPL 3253	10,1	0,0	30	91	62	1,5	2055	16	2114	15	2172	26	97
SPL 3253	9,1	0,0	29	78	63	1,2	2069	15	2113	14	2156	25	97
SPL 3253	1,1	1,4	26	77	55	1,4	2128	13	2164	15	2199	22	98
SPL 3253	3,1	0,4	39	78	81	1,0	2168	13	2198	13	2227	18	98
SPL 3253	14,1	6,0	76	175	129	1,4	2762	16	2891	12	2982	15	95
SPL 3253	13,1	0,0	-	-	-	1,9	2917	16	2897	12	2884	13	100

Tabela 4: Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-08A.

ICM-08A		Pb total comum	Pb rad ppm	Th ppm	U ppm	Th/U	AGES					Conc. 206/238 207/235	
							T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206		
							SPOT	%					
SPL3256	67,1	1,5	80	380	351	1	1719	10	1895	15	2094	29	90
SPL3256	45,1	3,6	43	137	248	1	1720	10	1879	14	2059	28	91
SPL3256	34,1	2,4	26	80	69	1	1727	10	1742	16	1761	37	99
SPL3256	15,1	1,0	41	220	114	2	1741	13	1741	24	1742	52	99
SPL3256	31,1	2,3	64	238	232	1	1744	8	1895	16	2066	32	91
SPL3256	59,1	2,5	145	598	609	1	1760	10	1829	17	1909	31	96
SPL3256	16,1	0,3	70	203	181	1	1820	14	1784	20	1741	43	102
SPL3256	62,1	4,3	21	33	60	1	1838	10	1898	14	1965	34	96
SPL3256	20,1	7,7	29	33	171	0	1863	16	2009	23	2162	50	92
SPL3256	82,1	2,2	26	89	84	1	1906	14	1988	16	2073	33	95
SPL3256	80,1	1,2	82	653	273	2	1938	11	2033	13	2131	28	95
SPL3256	98,1	2,6	21	62	47	1	1958	13	2043	18	2130	33	95
SPL3256	30,1	4,9	19	56	42	1	1959	10	2007	14	2056	34	97
SPL3256	38,1	0,9	60	148	138	1	1972	8	2011	11	2052	25	98
SPL3256	19,1	5,0	27	201	41	5	1994	21	2017	31	2041	64	98
SPL3256	61,1	0,1	19	66	41	2	1995	16	2055	19	2116	34	97
SPL3256	35,1	1,2	37	74	85	1	1999	9	2033	15	2067	29	98
SPL3256	73,1	0,0	52	101	133	1	2009	9	1887	12	1755	27	106
SPL3256	90,1	2,0	37	44	97	0	2011	10	2085	12	2159	25	96
SPL3256	1,1	3,6	41	67	136	0	2018	16	2082	17	2146	35	96
SPL3256	32,1	1,5	18	51	61	1	2022	14	2093	22	2163	44	96
SPL3256	96,1	0,4	35	50	88	1	2041	15	2066	20	2090	37	98
SPL3256	78,1	0,7	66	189	279	1	2043	10	2097	11	2150	22	97
SPL3256	89,1	0,2	16	81	27	3	2047	13	2102	11	2156	24	97
SPL3256	99,1	0,2	80	187	187	1	2049	12	2083	13	2118	23	98

Tabela 4: Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-08A.

ICM-08A	SPOT						AGES					Conc.	
							Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U		
							comum	ppm	ppm	ppm			
			%									206/238	
SPL3256 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100%(0.89J/cm2) Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.												207/235	
SPL 3256	36,1	0,8	20	88	40	2	2067	13	2067	19	2067	39	100
SPL 3256	26,1	0,4	25	56	53	1	2073	15	2106	13	2138	33	98
SPL 3256	41,1	1,4	35	74	75	1	2076	8	2121	13	2165	27	97
SPL 3256	54,1	0,3	68	210	142	1	2078	12	2090	12	2101	28	99
SPL 3256	55,1	4,4	4	11	9	1	2081	25	2102	36	2122	81	99
SPL 3256	46,1	1,7	35	81	75	1	2083	10	2100	12	2118	22	99
SPL 3256	77,1	1,1	69	89	177	1	2083	9	2106	11	2128	22	98
SPL 3256	44,1	1,7	14	34	32	1	2089	17	2105	21	2122	38	99
SPL 3256	71	2,4	28	103	54	2	2094	14	2140	18	2185	33	97
SPL 3256	58	0,3	26	101	51	2	2096	17	2127	21	2157	39	98
SPL 3256	25	0,6	9	38	18	2	2099	21	2110	22	2121	54	99
SPL 3256	66	0,8	28	69	56	1	2102	11	2152	17	2199	31	97
SPL 3256	68,1	0,6	43	151	88	2	2104	13	2156	17	2206	31	97
SPL 3256	27,1	1,6	39	122	102	1	2109	11	2123	12	2137	28	99
SPL 3256	64,1	0,3	103	194	222	1	2112	8	2121	10	2130	22	99
SPL 3256	40,1	0,4	59	63	159	0	2112	8	2124	12	2135	26	99
SPL 3256	4,1	2,8	10	20	21	1	2113	43	2167	28	2217	67	97
SPL 3256	29,1	0,6	50	76	110	1	2119	10	2149	11	2176	25	98
SPL 3256	49,1	0,0	22	89	40	2	2122	16	2147	13	2170	33	98
SPL 3256	81,1	0,6	79	113	178	1	2123	12	2143	12	2163	26	99
SPL 3256	43,1	1,3	24	46	52	1	2123	13	2166	14	2206	25	98
SPL 3256	37,1	2,6	27	36	69	1	2125	11	2152	14	2177	30	98
SPL 3256	11,1	1,9	18	65	33	2	2125	24	2149	38	2171	87	98
SPL 3256	53,1	0,7	10	34	19	2	2131	18	2137	19	2142	45	99
SPL 3256	7,1	0,8	34	131	71	2	2133	16	2142	20	2150	39	99

Tabela 4 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-08A.

ICM-08A	SPOT					Th/U	AGES					Conc.	
							Pb total	Pb rad	Th	U	T206/238	1 sigma	
							comum	ppm	ppm	ppm			
			%										207/235
SPL 3256	75,1	2,4	31	129	54	2	2136	11	2147	13	2158	29	99
SPL 3256	87,1	2,2	8	15	15	1	2137	15	2210	17	2279	32	96
SPL 3256	57,1	0,8	62	263	143	2	2140	14	2141	19	2143	34	99
SPL 3256	6,1	0,2	15	48	30	2	2147	24	2156	28	2164	55	99
SPL 3256	23,1	1,2	25	8	52	0	2150	14	2179	23	2206	43	98
SPL 3256	100,1	0,6	46	234	79	3	2151	17	2144	17	2138	30	100
SPL 3256	76,1	0,5	37	143	71	2	2151	9	2147	11	2144	23	100
SPL 3256	14,1	1,8	12	41	23	2	2152	29	2198	40	2242	90	97
SPL 3256	74,1	1,6	22	59	49	1	2153	14	2160	14	2165	28	99
SPL 3256	83,1	0,9	32	121	62	2	2154	16	2172	14	2189	31	99
SPL 3256	95,1	0,3	35	61	77	1	2156	16	2171	18	2185	33	99
SPL 3256	3,1	0,1	22	58	44	1	2159	20	2134	23	2111	48	101
SPL 3256	10,1	0,8	56	153	149	1	2170	14	2199	25	2226	54	98
SPL 3256	56,1	0,6	35	112	70	2	2176	16	2170	22	2164	39	100
SPL 3256	9,1	0,3	70	330	131	3	2192	15	2189	26	2186	58	100
SPL 3256	51,1	2,1	14	31	28	1	2194	16	2193	16	2192	39	100
SPL 3256	93,1	0,6	64	204	132	2	2202	14	2185	18	2169	30	100
SPL 3256	21,1	1,1	59	130	115	1	2204	14	2192	22	2181	41	100
SPL 3256	69,1	0,0	20	30	42	1	2205	14	2197	20	2190	33	100
SPL 3256	24,1	0,7	30	74	61	1	2205	16	2184	25	2164	48	100
SPL 3256	92,1	2,6	13	45	23	2	2209	20	2186	25	2165	50	101
SPL 3256	22,1	1,0	28	44	58	1	2215	14	2206	25	2197	48	100
SPL 3256	91,1	4,6	7	19	12	1	2222	26	2213	31	2205	60	100
SPL 3256	52,1	0,5	48	41	129	0	2235	13	2282	12	2325	29	97

Tabela 4 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-08A.

ICM-08A	SPOT	AGES											Conc.
		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	
		comum	ppm	ppm	ppm								206/238
		%											207/235
SPL 3256	13,1	1,0	34	59	72	1	2275	14	2243	27	2214	56	101
SPL 3256	5,1	1,7	57	70	124	1	2281	17	2218	16	2161	32	102
SPL 3256	12,1	6,8	11	24	20	1	2347	57	2273	42	2208	118	103
SPL 3256	84,1	1,4	23	38	42	1	2481	15	2506	17	2526	33	99
SPL 3256	85	0,1	23	23	43	1	2513	19	2518	16	2522	32	99
SPL 3256	47	0,4	49	65	76	1	2719	12	2747	12	2767	18	99
SPL 3256	48	0,2	49	51	79	1	2749	13	2776	12	2796	18	99
SPL 3256	2	1,3	25	47	30	2	3104	24	3117	21	3126	32	99
SPL 3256	8,1	1,2	14	33	28	1	2235	22	2236	24	2237	51	99
SPL 3256	86,1	0,0	24	27	56	0	2248	14	2254	16	2260	33	99
SPL 3256	97,1	1,9	32	73	70	1	2134	15	2130	18	2126	33	100
SPL 3256	94,1	2,9	26	30	59	1	2050	15	2078	18	2105	33	98

Tabela 5: Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-08B.

ICM-08B	SPOT	AGES												Conc.	Conc.	
		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Conc.			
		comum	ppm	ppm	ppm								206/238	206/238		
SPL2964 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.		%											207/235	207/206		
SPL 2964	45,1	0,00	30	123	139	0,89	1226	8	1224	16	1220	42	100	100		
SPL 2964	37,1	0,41	52	199	229	0,87	1240	9	1224	14	1196	43	101	103		
SPL 2964	87,1	0,44	89	212	452	0,47	1246	7	1217	10	1167	25	102	106		
SPL 2964	68,1	0,09	45	195	206	0,95	1251	8	1251	11	1253	32	99	99		
SPL 2964	83,1	1,96	14	108	41	2,66	1482	12	1493	19	1508	50	99	98		
SPL 2964	35,1	0,93	21	105	69	1,52	1537	10	1507	16	1466	37	101	104		
SPL 2964	20,1	1,75	22	35	67	0,53	1827	13	1826	17	1825	33	100	100		
SPL 2964	64,1	0,33	64	294	172	1,71	1846	11	1809	17	1766	37	102	104		
SPL 2964	92,1	0,34	74	227	196	1,16	1866	15	1854	16	1840	31	100	101		
SPL 2964	3,1	1,24	45	168	109	1,54	1922	10	1911	13	1900	29	100	101		
SPL 2964	57,1	0,66	25	72	59	1,22	1988	11	1976	13	1964	25	100	101		
SPL 2964	39,1	0,89	86	233	225	1,04	1992	13	2040	17	2089	35	97	95		
SPL 2964	18,1	1,67	26	37	69	0,54	1997	14	2053	15	2110	30	97	94		
SPL 2964	75,1	0,61	19	48	50	0,95	2022	16	2011	21	2000	41	100	101		
SPL 2964	71,1	0,31	65	273	146	1,88	2029	13	2034	14	2038	30	99	99		
SPL 2964	24,1	0,52	61	162	185	0,87	2037	10	2033	12	2030	27	100	100		
SPL 2964	1,1	0,86	69	128	178	0,72	2044	11	2036	13	2029	29	100	100		
SPL 2964	66,1	0,14	50	126	124	1,01	2046	12	2046	14	2046	27	99	99		
SPL 2964	70,1	1,72	56	161	135	1,19	2051	12	2040	13	2029	28	100	101		
SPL 2964	98,1	2,27	16	46	32	1,41	2065	18	2064	17	2063	32	100	100		
SPL 2964	5,1	3,84	5	7	12	0,55	2067	19	2067	26	2068	54	99	99		
SPL 2964	73,1	1,16	25	53	64	0,83	2068	13	2040	16	2011	31	101	102		
SPL 2964	21,1	0,37	53	93	134	0,70	2072	10	2066	12	2061	28	100	100		
SPL 2964	60,1	0,88	17	49	37	1,31	2081	13	2117	16	2151	34	98	96		
SPL 2964	26,1	5,11	6	8	15	0,52	2095	23	2098	20	2100	50	99	99		
SPL 2964	29,1	2,35	25	71	60	1,19	2101	12	2107	12	2113	25	99	99		

Tabela 5 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-08B.

ICM-08B	SPOT	AGES												Conc.	Conc.	
		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Conc.			
		comum	ppm	ppm	ppm								206/238	206/238		
SPL2964 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.	SPL 2964	%											207/235	207/206	98	96
		77,1	0,35	63	140	151	0,92	2115	15	2150	16	2183	31	98	96	
		44,1	0,90	54	107	184	0,58	2125	10	2143	17	2160	29	99	98	
		48,1	1,43	10	61	17	3,52	2126	25	2155	26	2182	52	98	97	
		34,1	1,83	39	193	82	2,35	2126	14	2148	14	2168	25	98	98	
		23,1	0,85	32	66	76	0,88	2129	11	2107	16	2086	33	101	102	
		42,1	2,13	34	145	68	2,14	2130	14	2136	17	2142	34	99	99	
		85,1	1,23	52	153	142	1,08	2134	12	2135	13	2136	23	99	99	
		4,1	0,71	14	32	33	0,95	2137	16	2150	18	2163	38	99	98	
		40	3,56	21	43	48	0,90	2138	17	2110	19	2082	41	101	102	
		15	0,00	6	13	12	1,11	2139	26	2211	23	2279	42	96	93	
		99	1,07	28	155	48	3,25	2145	17	2134	14	2123	28	100	100	
		55	1,47	71	122	185	0,66	2153	11	2142	12	2132	22	100	100	
		53,1	0,34	43	145	88	1,64	2160	13	2163	12	2165	22	99	99	
		2,1	0,23	65	165	143	1,16	2162	11	2157	14	2153	28	100	100	
		63,1	0,86	49	266	92	2,90	2167	15	2157	17	2149	36	100	100	
		96,1	0,91	29	54	66	0,82	2170	13	2163	13	2156	24	100	100	
		86,1	4,70	49	125	142	0,88	2171	13	2150	13	2130	23	100	101	
		79,1	1,22	12	51	22	2,31	2180	13	2192	19	2203	35	99	98	
		25,1	1,09	21	70	45	1,57	2188	15	2193	14	2197	31	99	99	
		50,1	1,30	16	33	36	0,92	2191	16	2177	23	2164	37	100	101	
		58,1	0,18	30	136	58	2,36	2191	13	2177	18	2165	37	100	101	
		93,1	0,18	15	77	26	2,94	2196	28	2189	28	2182	54	100	100	
		82,1	1,75	18	81	37	2,19	2197	13	2189	16	2181	28	100	100	
		33,1	0,44	42	120	90	1,34	2199	15	2169	13	2141	27	101	102	
		27,1	5,16	5	11	11	1,05	2200	22	2196	30	2191	56	100	100	
		67,1	1,38	23	30	58	0,52	2201	16	2194	16	2188	32	100	100	

Tabela 5 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-08B.

ICM-08B	SPOT	AGES												Conc.	Conc.
		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma			
		comum	ppm	ppm	ppm								206/238	206/238	
		%											207/235	207/206	
SPL 2964	16,1	0,00	15	52	30	1,73	2201	17	2219	20	2236	36	99	98	
SPL 2964	13,1	4,60	7	19	14	1,34	2202	28	2216	24	2229	48	99	98	
SPL 2964	38,1	1,35	13	29	27	1,09	2204	22	2198	23	2193	48	100	100	
SPL 2964	78,1	0,36	51	84	122	0,69	2205	13	2219	16	2233	27	99	98	
SPL 2964	59,1	0,43	28	118	54	2,21	2210	14	2193	19	2178	38	100	101	
SPL 2964	6,1	1,25	27	43	57	0,75	2213	14	2218	15	2222	33	99	99	
SPL 2964	89,1	0,41	79	168	177	0,95	2214	16	2200	16	2186	27	100	101	
SPL 2964	100,1	3,15	19	68	44	1,52	2220	17	2176	18	2135	32	102	103	
SPL 2964	17	0,05	30	59	63	0,93	2222	15	2212	15	2202	25	100	100	
SPL 2964	74	0,78	39	173	101	1,71	2225	17	2113	19	2006	37	105	110	
SPL 2964	80	0,19	75	231	153	1,51	2226	10	2195	14	2167	26	101	102	
SPL 2964	81	0,33	32	121	63	1,92	2231	13	2210	16	2191	32	100	101	
SPL 2964	32,1	1,08	28	119	61	1,95	2245	18	2197	17	2153	31	102	104	
SPL 2964	28,1	0,00	27	111	53	2,08	2247	12	2219	12	2194	26	101	102	
SPL 2964	31,1	0,03	17	44	38	1,16	2262	13	2225	15	2190	30	101	103	
SPL 2964	12,1	0,33	27	50	56	0,89	2269	15	2267	15	2264	30	100	100	
SPL 2964	54,1	0,32	56	144	115	1,25	2281	15	2220	15	2164	27	102	105	
SPL 2964	10,1	1,98	18	39	36	1,08	2292	16	2273	15	2256	29	100	101	
SPL 2964	19,1	0,62	47	167	97	1,72	2300	16	2284	14	2269	24	100	101	
SPL 2964	62,1	0,37	36	191	65	2,96	2317	14	2245	19	2179	38	103	106	
SPL 2964	8,1	0,59	39	47	77	0,61	2498	15	2465	12	2438	24	101	102	
SPL 2964	11,1	0,48	76	151	116	1,31	2851	16	2826	12	2809	22	100	101	
SPL 2964	65,1	0,31	37	66	58	1,13	2905	17	2873	13	2851	24	101	101	
SPL 2964	94,1	0,30	57	70	89	0,78	2955	21	3024	14	3071	21	97	96	
SPL 2964	88,1	0,18	33	43	45	0,97	3028	22	3060	18	3081	26	98	98	
SPL 2964	41,1	0,29	21	27	32	0,84	3112	19	3072	18	3045	31	101	102	

Tabela 5 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-08B.

ICM-08B	SPOT	AGES														
		Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Conc.	Conc.		
		comum	ppm	ppm	ppm								206/238	206/238		
		%											207/235	207/206		
SPL 2964	9,1	4,93	37	78	88	0,89	3129	19	3088	14	3062	23	101	102		

Tabela 6: Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-11.

ICM-11	SPOT	SITE	Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	AGES						
			comum	ppm	ppm	ppm		T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	
			%										Conc.	
SPL2965 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.													206/238	
													207/235	
SPL 2965	26,1		8,10	17	62	37	1,706	1616	14	1759	16	1933	38	91
SPL 2965	36,1		3,29	75	438	276	1,589	1673	11	1802	16	1955	27	92
SPL 2965	63,1		0,05	50	71	128	0,552	1679	16	1810	14	1964	26	92
SPL 2965	53,1		1,76	32	205	80	2,566	1685	11	1820	19	1978	42	92
SPL 2965	46,1		2,50	53	315	168	1,872	1687	10	1871	14	2083	26	90
SPL 2965	54,1		2,35	59	378	176	2,142	1713	14	1853	17	2014	37	92
SPL 2965	48,1		1,50	92	382	275	1,388	1743	10	1894	13	2064	26	92
SPL 2965	24,1		1,88	56	111	162	0,683	1767	14	1942	16	2134	34	90
SPL 2965	60,1		0,88	106	239	314	0,762	1785	10	1764	14	1740	28	101
SPL 2965	28,1		2,41	82	366	174	2,107	1807	8	1941	13	2087	25	93
SPL 2965	78,1		0,00	71	274	166	1,645	1826	14	1999	16	2183	26	91
SPL 2965	75,1		2,10	11	31	37	0,841	1868	15	1998	18	2135	30	93
SPL 2965	50,1		1,49	75	434	185	2,354	1913	13	2014	18	2119	35	94
SPL 2965	44,1		0,92	14	57	27	2,109	1919	16	1946	19	1974	41	98
SPL 2965	98,1		0,87	63	278	184	1,512	1921	15	1955	13	1991	23	98
SPL 2965	55,1		0,36	95	254	236	1,075	1952	12	2004	17	2057	32	97
SPL 2965	12,1		1,24	60	53	139	0,385	1952	12	2034	15	2119	25	95
SPL 2965	71,1		1,52	47	271	126	2,157	1970	15	2062	15	2155	26	95
SPL 2965	72,1		1,75	65	131	216	0,605	1974	16	1986	16	2000	30	99
SPL 2965	58,1		1,71	20	100	44	2,268	1977	13	1991	16	2005	34	99
SPL 2965	25,1		2,86	10	65	18	3,593	1982	18	2001	32	2021	64	99
SPL 2965	82,1		0,11	30	44	79	0,552	1999	15	2063	15	2128	26	96
SPL 2965	65,1		0,27	40	72	101	0,712	2000	18	2034	14	2069	27	98
SPL 2965	9,1		0,72	18	53	44	1,193	2006	14	2020	20	2034	36	99
SPL 2965	30,1		4,14	26	65	64	1,028	2048	11	2103	15	2158	28	97
SPL 2965	20,1		1,91	18	100	50	1,987	2065	16	2091	16	2117	34	98

Tabela 6 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-11.

ICM-11	SPOT	SITE	Pb total comum %	Pb rad ppm	Th ppm	U ppm	Th/U	AGES						Conc. 206/238 207/235
								T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	
SPL2965 , Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.														
SPL 2965	19,1		0,15	26	82	56	1,456	2080	12	2100	17	2119	36	99
SPL 2965	57,1		2,53	33	74	65	1,132	2085	19	2134	19	2182	40	97
SPL 2965	49,1		1,01	40	51	86	0,593	2092	14	2124	14	2154	27	98
SPL 2965	95,1		0,00	38	118	83	1,424	2112	20	2194	17	2272	34	96
SPL 2965	99,1		1,70	32	74	57	1,284	2121	16	2143	13	2164	24	98
SPL 2965	88,1		0,15	32	174	100	1,738	2123	17	2149	12	2175	22	98
SPL 2965	6,1		2,26	33	166	90	1,842	2124	15	2155	13	2185	27	98
SPL 2965	76,1		0,33	51	107	103	1,031	2128	19	2149	19	2170	30	98
SPL 2965	8		1,89	13	26	30	0,878	2133	14	2125	18	2117	32	100
SPL 2965	84		0,49	45	104	100	1,037	2137	22	2162	14	2186	27	98
SPL 2965	89		0,77	23	35	56	0,635	2138	25	2163	14	2186	27	98
SPL 2965	93		0,67	67	22	176	0,126	2141	13	2154	14	2166	27	99
SPL 2965	33,1		2,05	16	27	37	0,72	2143	18	2157	19	2171	34	99
SPL 2965	96,1		0,58	68	229	135	1,703	2144	14	2173	13	2201	28	98
SPL 2965	51,1		0,56	43	115	91	1,273	2149	17	2159	18	2170	34	99
SPL 2965	35,1		1,41	35	68	76	0,897	2152	16	2157	19	2162	32	99
SPL 2965	67,1		1,10	30	78	63	1,239	2155	19	2170	15	2185	28	99
SPL 2965	21,1		2,32	35	67	74	0,898	2155	16	2185	15	2213	32	98
SPL 2965	90,1		0,24	42	84	92	0,907	2164	14	2187	15	2208	31	98
SPL 2965	83,1		0,87	47	129	102	1,27	2165	18	2189	15	2212	25	98
SPL 2965	5,1		1,41	17	31	39	0,784	2171	15	2177	15	2183	29	99
SPL 2965	13,1		0,65	68	143	155	0,918	2174	12	2180	13	2185	22	99
SPL 2965	74,1		0,42	65	146	142	1,027	2175	16	2169	15	2164	24	100
SPL 2965	7,1		0,71	36	61	82	0,745	2180	17	2172	13	2165	26	100
SPL 2965	14,1		0,40	24	42	51	0,814	2194	12	2190	15	2187	32	100
SPL 2965	10,1		4,02	12	37	24	1,557	2229	18	2243	20	2255	32	99

Tabela 6 (Continuação): Resultados da análise geocronológica dos cristais de zircão detritico da amostra ICM-11.

ICM-11	SPOT	SITE	AGES												Conc.
			Pb total	Pb rad	Th	U	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma		
			comum	ppm	ppm	ppm									206/238
SPL2965, Analyte Excite 193nm Excimer Laser Ablation System, 6Hz, 6mJ, 20mm, 100% Energia, Hélio: MFC1=0.300L/min, MFC2=0.300L/min.			%												207/235
SPL 2965	16,1		0,93	26	77	45	1,704	2382	14	2463	15	2531	33	96	
SPL 2965	73,1		0,46	95	352	160	2,205	2451	18	2551	16	2631	22	96	
SPL 2965	32,1		0,67	57	142	99	1,438	2489	18	2474	17	2461	27	100	
SPL 2965	97,1		0,54	50	89	88	1,009	2496	19	2475	14	2457	24	100	
SPL 2965	15,1		1,33	54	188	104	1,8	2571	14	2776	14	2929	27	92	
SPL 2965	81,1		3,43	108	1046	362	2,893	2648	18	2830	14	2962	19	93	
SPL 2965	66,1		2,12	116	681	393	1,734	2697	22	2844	14	2949	22	94	
SPL 2965	3,1		0,36	42	91	71	1,281	2797	20	2817	14	2832	22	99	
SPL 2965	41,1		0,67	77	116	133	0,872	2878	18	3016	16	3109	25	95	
SPL 2965	92,1		0,20	72	95	100	0,953	2931	17	3002	15	3050	25	97	
SPL 2965	69,1		0,16	114	133	170	0,784	2961	25	2966	14	2969	22	99	
SPL 2965	4,1		1,48	71	413	164	2,51	2963	22	2963	13	2963	22	99	
SPL 2965	56,1		0,82	50	90	65	1,383	2974	18	3054	18	3108	28	97	
SPL 2965	40,1		1,14	43	44	62	0,71	2989	19	3079	17	3138	26	97	
SPL 2965	17,1		0,39	39	46	53	0,879	2998	19	3035	15	3060	30	98	
SPL 2965	2,1		1,30	27	44	40	1,103	3042	23	3066	15	3081	21	99	
SPL 2965	18,1		0,64	32	39	49	0,811	3144	17	3106	14	3081	30	101	
SPL 2965	11,1		1,94	30	59	33	1,8	3348	20	3369	15	3381	21	99	
SPL 2965	87,1		0,43	108	175	135	1,291	3374	27	3392	13	3402	17	99	