

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

**Geocronologia da passagem Ediacarano-Cambriano na Formação Tamengo,
Grupo Corumbá.**

Beatriz Stenico Corrêa

Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren (Orientador)

Rio Claro - SP

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

BEATRIZ STENICO CORRER

**GEOCRONOLOGIA DA PASSAGEM EDIACARANO-
CAMBRIANO NA FORMAÇÃO TAMENGO, GRUPO
CORUMBÁ**

Orientador: Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Geólogo.

Rio Claro - SP
2023

C824g Correr, Beatriz Stenico
Geocronologia da passagem Ediacarano-Cambriano na Formação
Tamengo, Grupo Corumbá / Beatriz Stenico Correr. -- Rio Claro,
2023
60 f. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e
Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Lucas Veríssimo Warren

1. Plataformas carbonáticas. 2. Geocronologia. 3. LA-ICP-MS. 4.
Transição Ediacarano-Cambriano. 5. Formação Tamengo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

BEATRIZ STENICO CORRER

GEOCRONOLOGIA DA PASSAGEM EDIACARANO-CAMBRIANO NA FORMAÇÃO TAMENGO, GRUPO CORUMBÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren (orientador)

Dr. Rodrigo Irineu Cerri

Prof. Dr. Luciano Alessandretti

Rio Claro, 07 de dezembro de 2023

Assinatura do(a) aluno(a)

Assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Prof. Dr. Lucas Warren por todo apoio, conversas e conselhos durante estes anos de graduação, sua orientação foi de grande relevância para meu crescimento pessoal. Agradeço à Beatriz Christofolletti por todo auxílio nas etapas de laboratório e todas as conversas e descontrações para que os processos se tornassem mais leves, e ao Dr. Rodrigo Cerri, por toda paciência durante a etapa de análise dos dados, sem vocês a realização deste trabalho seria impossível.

Com este trabalho, encerro um ciclo importante, a concretização de um grande sonho. No entanto, essa conquista jamais teria sido alcançada sem o apoio incondicional da minha família. Aos meus pais, Evani e Pedro, que apostaram todas as fichas em mim e superaram desafios para tornar este sonho realidade. Ao meu irmão Vinícius, pela parceria e trocas constantes relacionadas às Ciências da Terra. Obrigada por tudo, amo vocês.

Aos meus avós e tios, especialmente à minha segunda mãe e madrinha Elaine, e meu tio Gustavo, pelas conversas, apoio emocional e celebração de cada conquista.

À República Sinta a Liga, meu lar e refúgio nos últimos anos, em especial a Ariane, Renata, Flávia, Ana Flávia, Nicolli, Ana Costa, Lucía, Julya e Juliana. Vocês são uma parte inextinguível dos momentos inesquecíveis na minha história, desde as festas animadas até os desafios superados. Agradeço por cada instante compartilhado.

Aos meus colegas de turma, com quem convivi e aprendi, por cada dia de incerteza, alegria compartilhada e conhecimento transmitido. Em especial aos Trapalhões (Alexandre, Ariane e Renata) e a Flávia e Pedro, obrigada por serem parte essencial dessa jornada.

Ao meu grande amigo e amor, Alexandre, por sua presença constante, amor incondicional e apoio incansável. Agradeço pelas risadas, horas de ócio e ombro amigo nos momentos difíceis. Você foi uma das peças mais significativas nesta jornada.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para o meu desenvolvimento ao longo dessa trajetória, especialmente aos professores durante esses cinco anos. À UNESP, seus docentes, funcionários e colegas, meu profundo agradecimento por tornarem este ambiente propício para o desenvolvimento de cada aluno. Que o ensino público de qualidade prospere e perdure por muitas gerações!

RESUMO

A transição entre os períodos Ediacarano e Cambriano é um intervalo de tempo caracterizado por mudanças drásticas na dinâmica paleoambiental, paleoclimática e geotectônica do planeta. No entanto, a ausência de dados geocronológicos precisos dificulta sobremaneira o correto posicionamento temporal destas sucessões, bem como impede correlações estratigráficas refinadas. Neste contexto, o presente projeto teve como objetivo principal a datação geocronológica de um nível de tufo vulcânico estratigraficamente posicionado no topo da Formação (Grupo Corumbá), na região de Bonito, Mato Grosso do Sul. Petrograficamente, o nível de tufo apresenta feições características como *glass shards* e minerais como quartzo, feldspato e minerais opacos. Morfologicamente, os grãos de zircões obtidos da moagem, elutriação e seleção manual são, em sua maioria zonados, euédricos a subeuédricos e com hábitos prismáticos, reforçando sua origem vulcânica. A datação de 76 grãos de zircão por meio do LA-ICP-MS (*Laser Ablation - Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer*) resultou em idades U-Pb bastante próximas, e o nível de tufo obteve uma idade de $539,03 \pm 2,27$ Ma e com discordância entre os dados de 5%. Estes dados confirmam que o topo da Formação Tamengo foi depositado no intervalo da transição Ediacarano-Cambriano o que permite correlacioná-la com a Formação Tagatiya Guazu no Paraguai e outras seções coevas na Namíbia, México, Rússia e Estados Unidos da América.

Palavras-chave: Plataformas carbonáticas, geocronologia, LA-ICP-MS, transição Ediacarano-Cambriano, Formação Tamengo, Grupo Corumbá.

ABSTRACT

The transition between the Ediacaran and Cambrian periods is a time interval characterized by drastic changes in the planet's paleoenvironmental, paleoclimatic and geotectonic dynamics. However, the absence of precise geochronological data greatly complicates the correct positional timing of these successions, as well as preventing refined stratigraphic correlations. In this context, the main objective of this project was the geochronological dating of a volcanic tuff level stratigraphically positioned at the top of the Formation (Corumbá Group), in the Bonito region, Mato Grosso do Sul. Petrographically, the tuff level presents characteristic features such as glass shards and minerals such as quartz, feldspar and opaque minerals. Morphologically, the zircon grains obtained from milling, elutriation and manual selection are mostly zoned, euhedral to subeuhedral and with prismatic habits, reinforcing their volcanic origin. The dating of 76 zircon grains using LA-ICP-MS resulted in very close U-Pb ages, and the tuff level obtained an age of $539.03 \pm 2, 27$ Ma and with discordance between the data of 5%. These data confirm that the top of the Tamengo Formation was deposited in the Ediacaran-Cambrian transition interval, which allows it to be correlated with the Tagatiya Guazu Formation in Paraguay and other coeval sections in Namibia, Mexico, Russia and the United States of America.

Keywords: Carbonate platforms, geochronology, LA-ICP-MS, Ediacaran-Cambrian transition, Tamengo Formation, Corumbá Group.

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo e as principais vias de acesso. O modelo digital de elevação foi extraído do banco de dados da USGS e as rodovias foram obtidas pelo banco de dados do Geofabrik (2023) (https://earthexplorer.usgs.gov ; https://www.geofabrik.de/data/)	13
Figura 2: Equipamentos utilizados para britagem de amostras A) e B) Britador de mandíbulas para frações maiores; C) Britador de mandíbulas para frações menores.	15
Figura 3: Arranjo com vidraria para separação de minerais leves e pesados por uso de líquido denso (bromofórmio). Note os grãos mais densos descendo pelo tubo e se acumulando no fundo da vidraria (destacado em vermelho).	16
Figura 4: Zonas geotectônicas de Almeida (1984). Extraído de Sá (2009).	18
Figura 5: Subdivisão litoestratigráfica proposta por Boggiani (1998) do Grupo Corumbá no contexto de evolução de uma bacia do tipo rift.....	19
Figura 6: Reconstrução paleogeográfica do supercontinente Rodínia e o fechamento do Oceano Clymene. Extraído de Warren (2011).....	20
Figura 7: Seções colunares representativas da Formação Tamengo. Extraído de Amorim et al. (2020).	25
Figura 8: Esquema da configuração do sistema LA-ICP-MS. Extraído de Santos (2015).	27
Figura 9: A) Mapa geológico da região de estudo; B) Localização do afloramento onde a seção foi adquirida, pertencente ao Grupo Corumbá, onde é possível localizar tanto o nível de tufo da Formação Bocaina, quanto o da Formação Tamengo (em vermelho), objeto de estudo deste trabalho. Extraído de Parry et al. (2017).	29
Figura 10: Amostra de mão da rocha de material tufáceo. A) Imagem em planta da amostra laminada; B) Imagem da porção basal da amostra; C) Vista lateral da rocha mostrando o caráter maciço dela. É possível observar as famílias principais de fratura e a característica cor cinza homogênea.....	30
Figura 11: Fotomicrografia de lâmina delgada da amostra de tufo. GS - Glass Shard.....	31
Figura 12: Imagem da lâmina petrográfica do material tufáceo analisado. A) e B) Detalhe de estruturas vulcânicas do tipo glassh shard (Gs)e cristais de plagioclásio euhédricos (Pl); em B os nicóis estão cruzados; C) Detalhe de minerais opacos (Op) e veio preenchido por quartzo microcristalino (Vm); em D os nicóis estão cruzados.....	32
Figura 13: Imageamento realizado por catodoluminescência dos 77 grãos selecionados.	33

Figura 14: Classificação tipológica proposta por Pupin (1980), com a sinalização dos tipos P1 à P4, S3, S5, S9, S10, S15 para os zircões euédricos a subeuédricos, e os tipos AB2 e AB4 para os grãos arredondados (hachurados), da amostra de tufo vulcânico. Índice T – efeito da temperatura nos prismas; Índice A – relação $Al/(Na+K)$ que controla o desenvolvimento das pirâmides.....	34
Figura 15: Diagrama concórdia considerando toda a população dos 76 grãos datados sem filtragem por grau de confiabilidade.	35
Figura 16: Gráfico de idade média ponderada (weighted mean age) $^{206}Pb/^{238}U$ dos 53 grãos datados através do LA-ICP-MS e com discordância maior que 5%.	36
Figura 17: Imageamento dos 21 grãos (27,63%) de zircões escolhidos para análise do IsoplotR.	37
Figura 18: Gráfico de idade média ponderada (weighted mean age) $^{206}Pb/^{238}U$ dos grãos datados através do LA-	38
Figura 19: Diagrama de Concórdia dos 21 grãos com discordância igual ou inferior a 5%. MSWD: média quadrada dos desvios ponderados.....	39

Sumário

1. Introdução	10
1.1. Objetivos e Justificativa.....	12
1.2. Localização e acesso à área de estudo	12
2. Métodos e Etapas de trabalho	13
2.1. Leitura e análise crítica de bibliografia	13
2.2. Análise petrográfica.....	14
2.3. Produção do concentrado mineral, separação e montagem dos grãos em pastilhas de resina 14	
3. Geologia Regional	17
3.1. Faixa de dobramentos Paraguai- Araguaia	17
3.2. Grupo Corumbá	20
3.3. Formação Tamengo	21
4. Contextualização Teórica – o método de datação por LA-ICP-MS	26
5. Resultados	28
6. Discussão	39
7. Conclusões	41
8. Referências Bibliográficas	42

1. Introdução

Unidades sedimentares não detentoras de conteúdo fóssil são um problema histórico para as geociências pois dificilmente são posicionadas adequadamente no Tempo Geológico. Em unidades Ediacaranas este problema é ainda mais latente, pois a escassez e qualidade de fósseis com significado biostratigráfico dificulta sobremaneira a correlação entre seções, a definição de biozonas confiáveis e padrões geoquímicos reconhecíveis em escala global (Zhu *et al.*, 2006; 2017). Embora correlações regionais e globais entre sucessões ediacaranas sejam comuns, as sucessões Ediacaranas sem macrofósseis carecem de dados geocronológicos precisos e de intervalos datáveis, tais como níveis de cinzas vulcânicas. Consequentemente, direciona-se o foco para uma cronoestratigrafia baseada fortemente na quimioestratigrafia isotópica e na identificação de características litológicas, geoquímicas e bioestratigráficas que permitam diferenciar os estratos sedimentares antigos (Babinski, 2011). No entanto, o problema das datações “relativas” é que correlações baseadas em bio- ou quimioestratigrafia comumente apresentam divergência de idade deposicional (Kendall *et al.*, 2006).

A passagem do Neoproterozoico para o Cambriano é considerada o intervalo de tempo marcado por drásticas mudanças na dinâmica paleoambiental, paleoclimática e geotectônica do planeta. Precedendo esta transição ocorreu, por exemplo, o surgimento e desaparecimento dos primeiros metazoários da Fauna Ediacarana após o término da última glaciação Neoproterozoica (Bengston, 2002). Sincronamente à evolução destes organismos, ocorrem profundas mudanças nas dinâmicas dos ambientes sedimentares nas plataformas rasas das massas continentais que viriam a formar o supercontinente Gondwana (Bengston, 2002).

Grande parte do registro do Período Ediacarano (635 a 538,8 Ma) no mundo é caracterizado por sucessões depositadas em plataformas carbonáticas e mistas (Hoffman, 2002). No Brasil, o último período da Era Neoproterozoica é representado principalmente pelas rochas do Grupo Corumbá, na região da Serra da Bodoquena no Estado do Mato Grosso do Sul e pelo Grupo Bambuí, abarcando os estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia (Boggiani, 1998; Hidalgo, 2002; Gaucher *et al.*, 2003).

O Grupo Corumbá, foco deste trabalho, é constituído por sucessões carbonáticas e siliciclásticas e foi descrito pela primeira vez no final do século XIX por Castelnau (Boggiani, 1998). Esta unidade está inserida no contexto estrutural da Faixa Paraguai Sul, que segundo Almeida (1968), pode ser subdividida em três compartimentos: (i) o mais antigo representado por

rochas metamórficas na fácies xisto verde, do Grupo Cuiabá; (ii) o compartimento intermediário, representado pelos diamictitos da Formação Puga, que estão recobertos pelas sucessões carbonáticas do Grupo Corumbá, e (iii) o estágio superior, representado pelo Grupo Alto Paraguai marcado por sedimentação tipicamente continental (Boggiani, 1998). Estratigraficamente, o Grupo Corumbá é representado, da base para o topo, pelas formações Cerradinho, Bocaina, Tamengo e Guaicurus (Almeida, 1965).

A Formação Tamengo (Ediacarano terminal), objeto do presente estudo, apresenta espessura média de 80 a 100 metros, e é caracterizada pela predominância de calcários calcíticos carbonosos de coloração preta. Estas fácies carbonáticas são classificadas como *rudstones*, *wackestones*, *packstones*, ooide *grainstones* e *mudstones* (Boggiani, 1998; Amorim *et al.*, 2020). Ocasionalmente, ainda estão presentes ritmitos, quartzo-arenitos e brechas intraformacionais polimíticas na base da unidade (Boggiani, 1998). Quanto ao conteúdo fóssilífero, destaca-se a presença do fóssil esquelético *Cloudina* (Fairchild, 1978), que apresenta a forma de tubo de paredes lisas com a extremidade aberta mais larga e possivelmente constitui um dos mais antigos metazoários com esqueleto conhecidos no registro geológico (Grotzinger *et al.*, 1995).

Atualmente, a definição precisa do limite Ediacarano-Cambriano tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores, principalmente buscando amarrações geocronológicas, paleontológicas e geoquímicas em sucessões dispostas ao redor do globo (Bowyer *et al.*, 2021). A ausência da correlação de detalhe impede, entre outras coisas, a composição de um quadro paleoevolutivo adequado para a evolução da biota do Ediacarano terminal, bem como dificulta a identificação das forçantes paleoambientais que levaram a evolução destes organismos e a explosão devida no Período Cambriano (Cui *et al.*, 2016).

Considerando este panorama, e a importância da obtenção de idades para sucessões depositadas durante o Ediacarano Terminal, o foco deste estudo é realizar a datação radiométrica de amostras de tufo vulcânico encontrados nos estratos superiores da Formação Tamengo. A obtenção de idades deposicionais na Formação Tamengo será fundamental para a correlação desta com outras unidades supostamente coevas (e.g. Formação Tagatiya Guazu, Paraguai, Grupo Murciélagos, Bolívia, e Formação Sete Lagoas, Brasil) e refinar o entendimento da evolução paleoambiental das primeiras plataformas carbonáticas Pré-cambrianas do recém formado supercontinente Gondwana.

1.1. Objetivos e Justificativa

São escassas as informações geocronológicas confiáveis das bacias sedimentares depositadas durante os estágios terminais do Período Ediacarano, o que dificulta o correto posicionamento temporal dos eventos bioevolutivos e paleoclimáticos registrados nestas sucessões. Deste modo, a obtenção de idades absolutas que possibilitem refinar as correlações entre seções depositadas neste emblemático intervalo do Tempo Geológico é uma tarefa de grande importância. Tendo em vista este cenário em que faltam dados geocronológicos básicos, o objetivo principal deste projeto é a obtenção de idades deposicionais de um nível de tufo vulcânico localizado no topo da Formação Tamengo, Grupo Corumbá.

1.2. Localização e acesso à área de estudo

A área de estudo está localizada na porção sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul, e abrange afloramentos esparsos do topo da Formação Tamengo (Grupo Corumbá), localizados no município de Bonito (Figura 1). As principais vias de acesso ao afloramento são as Rodovias BR-060, MS-419 e MS-267. O acesso ao ponto em que o nível de tufo vulcânico foi amostrado (X: 519608,26 m E e Y: 7634717.67 m S) se dá por estrada vicinal de terra.

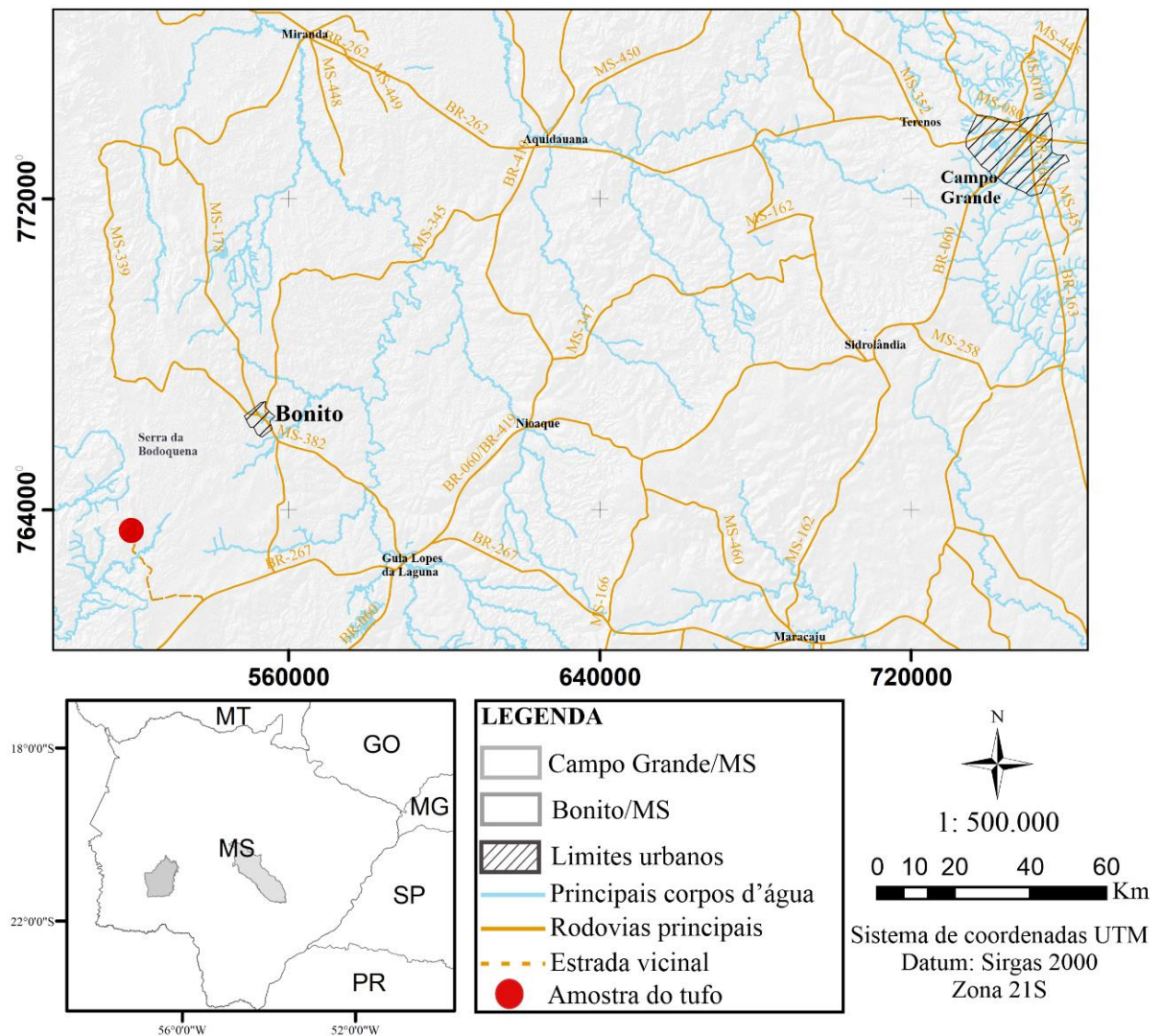


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo e as principais vias de acesso. O modelo digital de elevação foi extraído do banco de dados da USGS e as rodovias foram obtidas pelo banco de dados do Geofabrik (2023) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>; <https://www.geofabrik.de/data/>).

2. Métodos e Etapas de trabalho

A presente pesquisa pautou-se essencialmente na utilização de métodos de preparação de amostras para a análise geocronológica por LA-IPC-MS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*). Os equipamentos e laboratórios utilizados pertencem ao Departamento de Geologia (DG), do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da UNESP, campus de Rio Claro/SP.

2.1. Leitura e análise crítica de bibliografia

O levantamento bibliográfico foi realizado durante toda a etapa de pesquisa, com foco na leitura de trabalhos sobre aspectos geológicos da Formação Tamengo e bibliografia específica relativa à análise geocronológica por LA-IPC-MS.

2.2. Análise petrográfica

Com o intuito de realizar a caracterização petrográfica, foi utilizado como base o livro “*Sedimentary Petrology*” de Tucker (2023) e o microscópio petrográfico com luz transmitida pertencente ao Laboratório de Microscopia do Departamento de Geologia da UNESP, Campus de Rio Claro.

2.3. Produção do concentrado mineral, separação e montagem dos grãos em pastilhas de resina

A preparação, seleção e análise de grãos de zircão para datação por LA-IPC-MS abarca um conjunto de técnicas realizadas em diferentes etapas, a saber:

- i. *Preparação das amostras:* as amostras do tufo foram previamente coletadas pelo orientador em afloramentos de topo da Formação Tamengo no município de Bonito (MS). Posteriormente foram submetidas a processos de cominuição envolvendo britagem e moagem pelo uso de britadores de mandíbula (Figura 2).

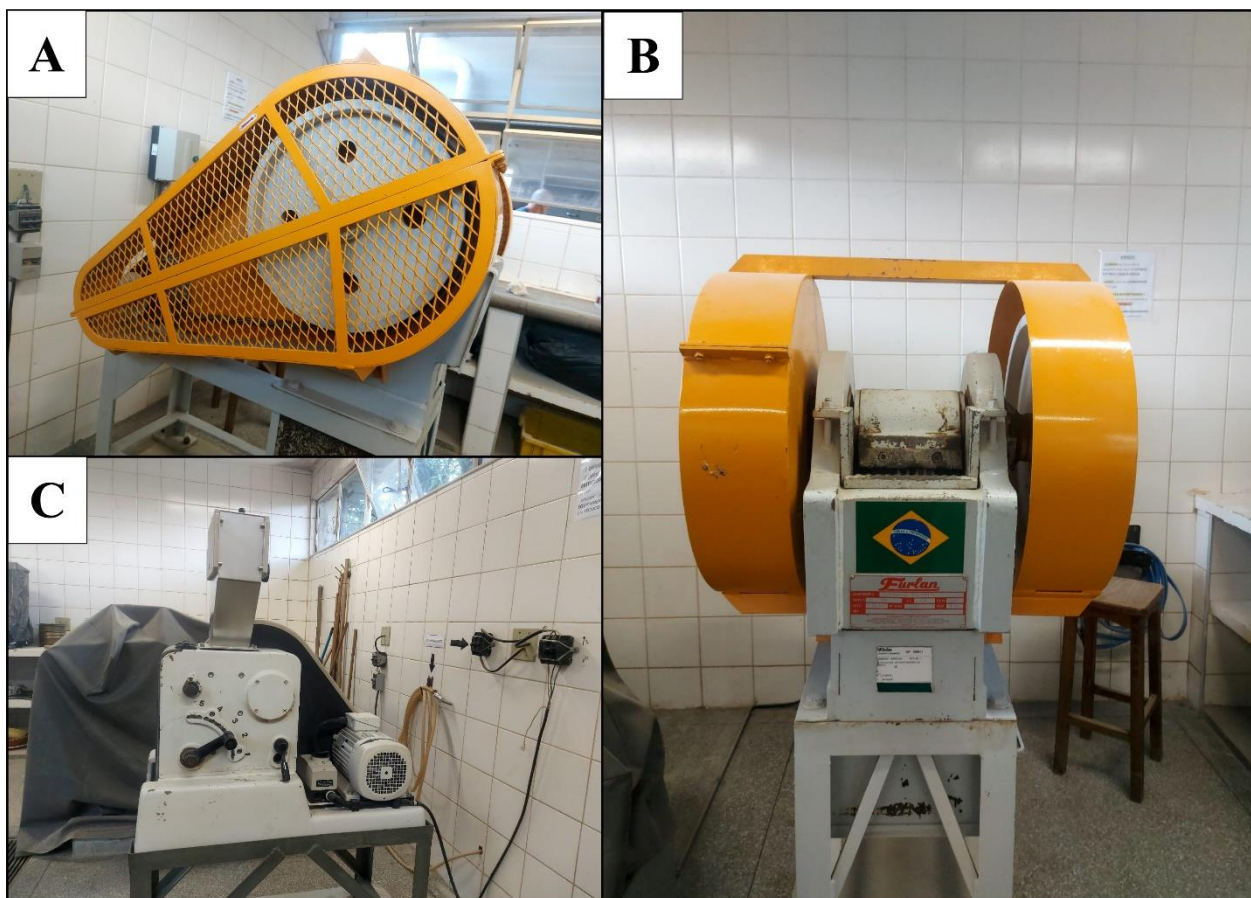


Figura 2: Equipamentos utilizados para britagem de amostras A) e B) Britador de mandíbulas para frações maiores; C) Britador de mandíbulas para frações menores.

Posteriormente, estas amostras particionadas em frações menores passaram por peneiramento a fim de separar as frações de granulação maiores e menores de 80#. Em seguida, este concentrado foi submetido à separação por gravidade em bateias mecanizadas para separar os minerais pesados dos leves que foram então secos em estufa e submetidos à separação de minerais magnéticos com imã de mão. Por fim, os minerais pesados foram separados através do Bromofórmio (CHBr_3), um líquido denso de base orgânica com densidade $2,89 \text{ g/cm}^3$. Dado que a densidade do zircão ($4,6 - 4,7 \text{ g/cm}^3$) é superior à do líquido denso, este mineral tende a se concentrar no fundo da vidraria (Figura 3), ao passo que minerais mais leves, como quartzo e feldspato, tendem a flutuar.

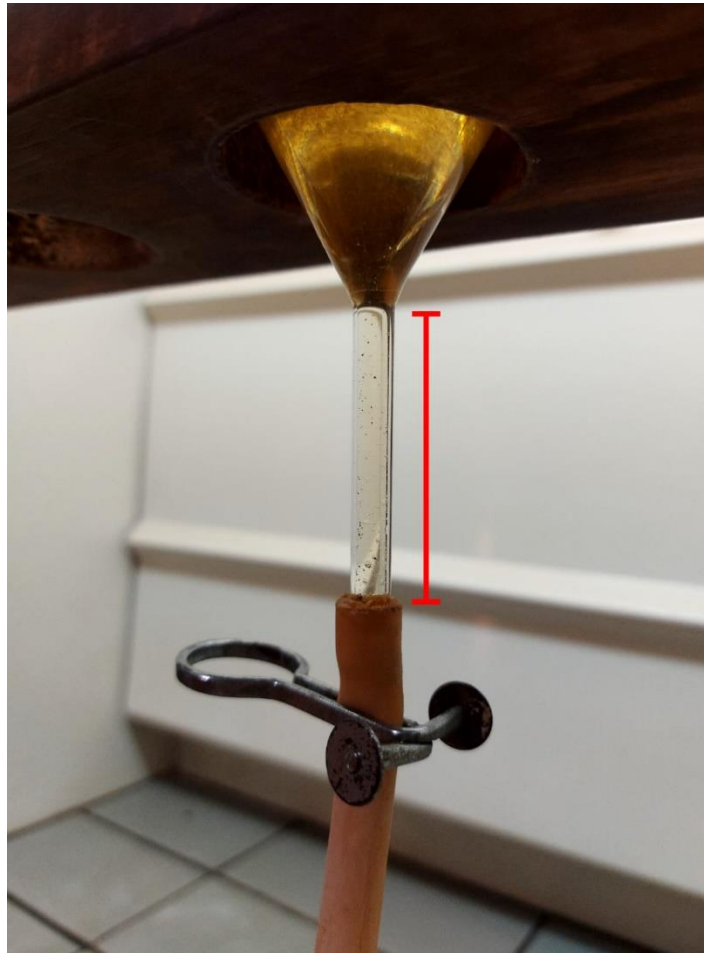


Figura 3: Arranjo com vidraria para separação de minerais leves e pesados por uso de líquido denso (bromofórmio). Note os grãos mais densos descendo pelo tubo e se acumulando no fundo da vidraria (destacado em vermelho).

- ii. *Separação dos grãos:* a partir do concentrado de minerais pesados, foram separados 77 grãos de zircão para a datação radiométrica. Estes foram selecionados manualmente com auxílio de lupa estereoscópica sem distinção de tamanho, cristalinidade, grau de arredondamento e cor, e subsequentemente montados em pastilhas de resina *Epoxy*.
- iii. *Obtenção de idades dos grãos de zircão pelo método LA-ICP-MS:* para a determinação da idade das rochas tufáceas se utilizou o método de datação U-Pb em grãos de zircão pelo uso do Espectômetro de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado com Sistema de Ablação por Laser (*Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer*, LA-ICP-MS), do Laboratório de Espectometria de Massa de Alta Resolução com Plasma Indutivamente Acoplado do Departamento de Geologia, IGCE, da UNESP-Campus de Rio

Claro/SP. Este método permite a obtenção das razões isotópicas *in situ* com resolução espacial de 15 a 60 μm .

3. Geologia Regional

3.1. Faixa de dobramentos Paraguai- Araguaia

A Faixa Paraguai-Araguaia corresponde a uma unidade geotectônica neoproterozoica situada na borda sul-sudeste do Cráton Amazônico e à leste do Bloco Rio Apa (Almeida & Hasui, 1984). Apresenta cerca de 1200 km de comprimento e possui formato curvo, apresentando zonas de empurrão frontal, cavalgamento e transcorrência (Almeida, 1968; Almeida & Hasui, 1984; Godoy, 2010).

A Faixa Paraguai-Araguaia apresenta-se subdividida em duas regiões principais, a setentrional, no Estado do Mato Grosso, e a meridional, aflorante no planalto da Bodoquena e maciço de Urucum (Corumbá), no Estado do Mato Grosso do Sul. Estas duas áreas são separadas pelas coberturas sedimentares da Bacia do Paraná (Paleozoica e Mesozoica) e da Bacia do Pantanal (Cenozoica) (Sá, 2009). Sua evolução tectônica está diretamente relacionada aos últimos eventos deformacionais brasileiros, ocorridos no final do Período Ediacarano envolvendo a colisão do cráton da Amazonia e o proto-Gondwana (Almeida, 1964; Boggiani, 1998; Sá, 2009). Segundo, Almeida (1968), a Faixa Paraguai-Araguaia apresenta três fases estruturais distintas distribuídas em faixas contínuas e paralelas, demarcadas por discordâncias e variações significativas de litologia.

A fase mais antiga é registrada pelo Grupo Cuiabá, composto por sedimentos predominantemente areníticos e pelíticos depositados em turbiditos, metamorfizados em fácies xisto verde e intensamente dobrados (Almeida, 1968; Sá, 2009). A segunda fase é composta por diamictitos da Formação Puga recobertos pelas sucessões carbonáticas do Grupo Corumbá e Araras (além do Grupo Itapucumi, no Paraguai). A última fase, por sua vez, compreende sedimentação pelítica e psamítica, representado pelo Grupo Alto Paraguai (Almeida, 1968; Sá, 2009).

Diversos trabalhos abrangem os eventos de deformação da Faixa Paraguai, como o de Nogueira *et al.* (1978), entretanto, a distinção através de litologia e estilo deformacional como proposto por Almeida (1984) e Alvarenga (1990), são as mais aceitas. Almeida (1984) segmentou a faixa de dobramentos em duas partes distintas, com direção norte-sul, denominadas Brasilides não metamórficas e Brasilides metamórficas, enquanto Alvarenga (1988) separou em faixas Externa e Interna (Figura 4).

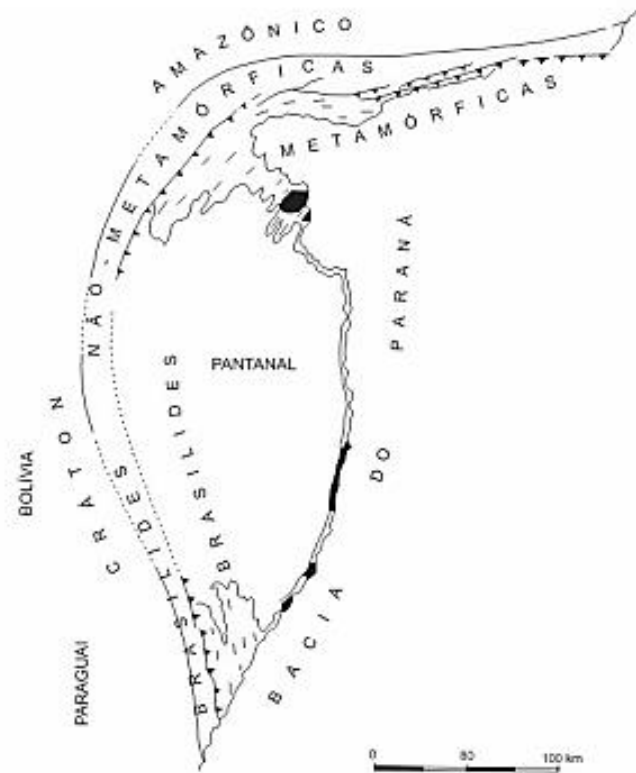


Figura 4: Zonas geotectônicas de Almeida (1984). Extraído de Sá (2009).

Segundo Almeida (1984), as Brasilides metamórficas desenvolvem-se continuamente fora da área cratônica e estão localizadas na porção leste. Compreendem as estruturas mais internas na faixa de dobramentos e inclui as rochas mais antigas da faixa sedimentar. As Brasilides não metamórficas, entretanto, compreendem a zona estrutural mais próximas ao cráton, à oeste da faixa, e está associada à dobramentos e falhamentos inversos (Almeida, 1984; Alvarenga, 1990).

A litostratigrafia da Faixa Paraguai-Araguaia foi definida originalmente por Almeida (1964, 1965), sendo posteriormente revisada por Figueiredo & Olivatti (1974) e Boggiani (1998), e pode ser definida em função da existência de duas províncias estruturais distintas. A primeira corresponde às rochas da zona interna, pertencentes ao Grupo Cuiabá, consideradas mais antigas que as do Grupo Corumbá, pertencente à zona externa e a cobertura cratônica. A segunda considera depósitos relativamente contemporâneos que formam a zona externa (Formação Puga e Bauxi).

Do ponto de vista de sua evolução tectono-sedimentar, a bacia do Grupo Corumbá foi interpretada como do tipo *rift-drift* (Figura 5). Outras interpretações a classificam como uma bacia do tipo *pull-apart* baseado na presença de tectônica extensional com movimentos oblíquos e conjugada contemporânea a estruturas transpressoriais (Mato Grosso do Sul, 2001).

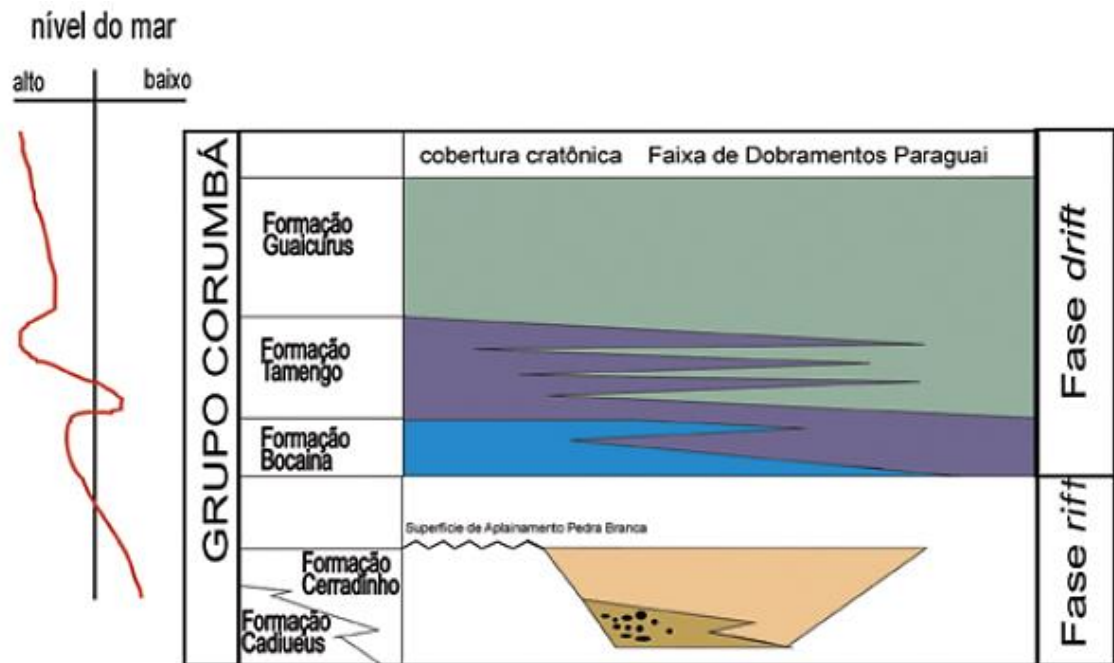


Figura 5: Subdivisão litoestratigráfica proposta por Boggiani (1998) do Grupo Corumbá no contexto de evolução de uma bacia do tipo *rift-drift*.

A deformação da Faixa Paraguai é principalmente atribuída aos eventos tardios do brasileiro, seguidos por intrusões graníticas pós-tectônicas (Almeida & Mantovani, 1975). Neste contexto, Tohver *et al.* (2006), propõe através de dados paleomagnéticos com idade de 520 Ma, a colisão dos crátons Amazônico – e Leste Africano com os blocos do Rio Apa e Pampia (Sá, 2009). Estas colisões teriam causado o fechamento do Oceano Clymene (Figura 6), e possibilitado a deformação das sucessões sedimentares ediacaranas da Faixa Paraguai, correspondendo ao último estágio da aglutinação sudoeste do supercontinente Gondwana (Warren, 2011).

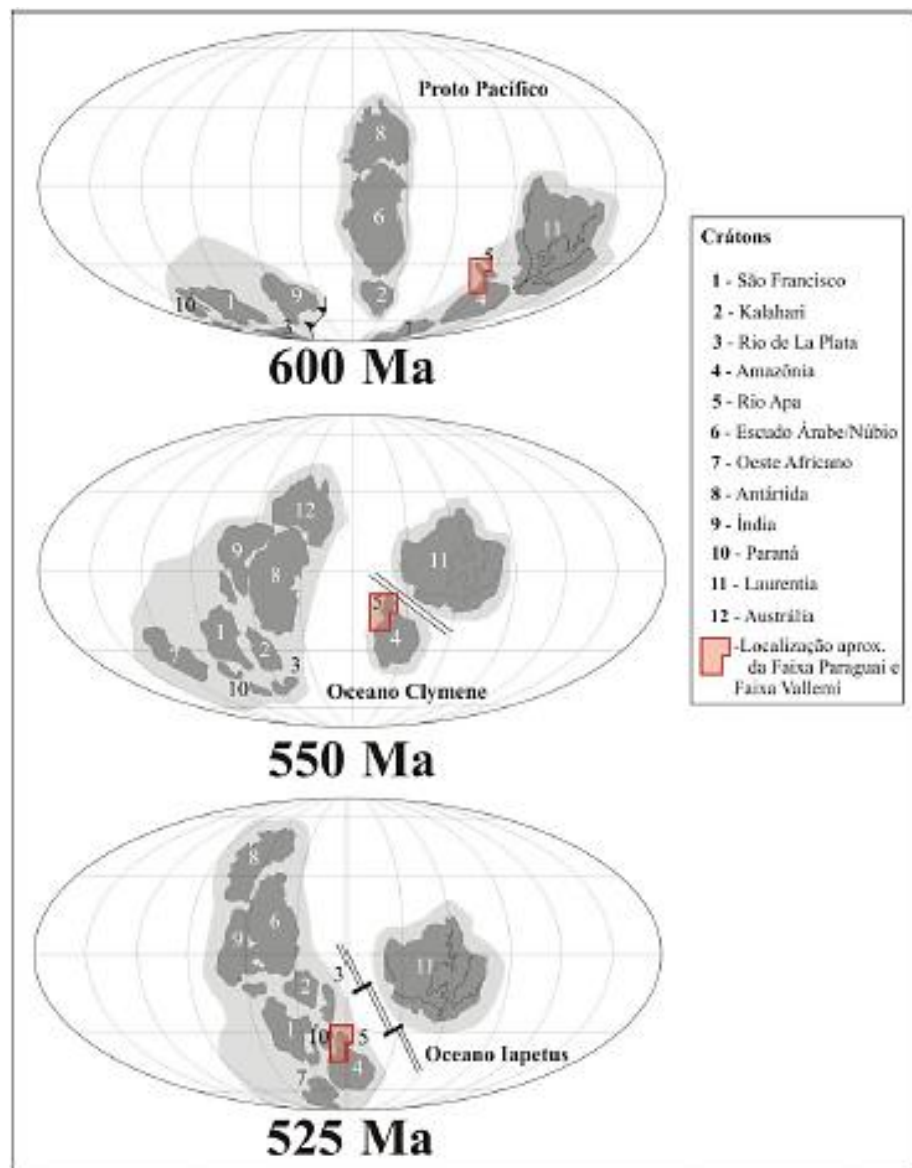


Figura 6: Reconstrução paleogeográfica do supercontinente Rodínia e o fechamento do Oceano Clymene. Extraído de Warren (2011).

3.2. Grupo Corumbá

O Grupo Corumbá representa um conjunto de unidades sedimentares carbonáticas, siliciclásticas e metassedimentares com aproximadamente 600 m de espessura (Gaucher *et al.*, 1993; Boggiani, 1998). Aflora na região centro-oeste e possui aproximadamente 600 km de comprimento, expondo seus pacotes de rochas nos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, incluindo as regiões da Serra da Bodoquena (MS), Corumbá (MS) e Serra das Araras (MT) (Boggiani *et al.*, 1992).

A unidade foi depositada em uma margem continental instável (Almeida, 1968; Boggiani *et al.*, 1993; Boggiani, 1998), e após os depósitos glaciais da Formação Puga, foram depositadas sequências siliciclásticas da Formação Cadieus. Esta, é representada por conglomerados e arcóseos interpretados como depositados em leques aluviais, além de folhelhos roxos de ambiente lacustre depositados em uma bacia do tipo *rift-drift*, com espessura aproximada de 300 metros (Boggiani, 1998). A Formação Cerradinho, sobreposta, é representada por arenitos, siltitos, argilitos, calcários e dolomitos com 15 m de espessura, e é interpretada como fácies distais de planície de maré, podendo ser interpretadas como a continuidade lateral da Formação Cadieus (Boggiani, 1998).

Sotoposta a estas unidades terrígenas basais, ocorre a Formação Bocaina, caracterizada por dolomitos com estromatólitos, oncólitos e ooides, carbonatos com estratificações cruzadas, brechas intraformacionais, *tepees*, e rochas fosfáticas. A espessura média para a Formação Bocaina é de cerca de 80 metros (Oliveira, 2010). No topo desta unidade, Parry *et al.* (2017) obteve idade U-Pb de $555,18 \pm 0,30$ Ma (Ediacarano terminal) para um tufo vulcânico intercalado a carbonatos.

A Formação Tamengo, compreende calcários carbonosos de cor preta, com intercalações de pelitos siliciclásticos com aproximadamente 100 m de espessura. Em sua base, apresenta brechas intraformacionais com clastos da Formação Bocaina e do embasamento, e no topo, fósseis de metazoários típicos da Fauna Ediacarana, tais como os organismos esqueléticos *Cloudina* e *Corumbella* (Zaine, 1991; Boggiani, 1998). A sucessão da Formação Tamengo compreende depósitos interpretados como sedimentados em uma rampa silicilástica-carbonática ocasionalmente atingida por tempestades (Amorim *et al.*, 2020). Faciológicamente a unidade é constituída por *mudstones*, oóide *grainstones*, *packstones*, *wackestones* e pacotes carbonáticos com *hummocky* e *swaley* intercalados com folhelhos pretos.

Por fim, a Formação Tamengo é recoberta pela Formação Guaicurus que é definida por um espesso pacote de folhelhos com cerca de 150 metros de espessura (Boggiani, 1998; Gaucher *et al.*, 1993). Boggiani (1998) interpreta as fácies desta unidade como depositadas em uma plataforma afogada por um evento de transgressão marinha.

3.3. Formação Tamengo

A Formação Tamengo (Ediacarano terminal), objeto de estudo desta pesquisa, apresenta espessura média de 80 a 100 metros, e é caracterizada pela predominância de calcários calcíticos carbonosos de coloração preta, por vezes sulfetados (Boggiani, 1998). Esta unidade recobre à oeste

o embasamento e as formações Puga e Cerradinho e por vezes a Formação Bocaina, o que sugere uma possível transgressão marinha com discordância erosiva na base (Campanha *et al.*, 2011). O contato de topo da Formação Tamengo com a Formação Guaicurus, ocorre de maneira transicional e é marcado por intercalações pelíticas e carbonáticas.

O conteúdo faciológico da unidade, segundo Boggiani (1998), estende-se de oeste para leste, configurando exposições sobre o cráton e exposições deformadas na faixa de dobramentos. Sobre o cráton, predominam fácies de *oóide grainstones*, ritmitos que podem ser classificados como *mudstones* ou folhelhos carbonosos, nos quais encontram-se os fósseis da Fauna Ediacarana. À leste, ocorrem somente ritmitos e *mudstones*, enquanto a transição entre os dois terrenos é caracterizada pela presença de *oóide grainstones*.

Na base da unidade, encontra-se quartzo-arenitos maciços de granulação fina a média, bem arredondados e com boa seleção granulométrica, associados à regressão marinha (Almeida, 1965). Sotoposta, ocorre uma brecha intraformacional, composta de clastos angulosos de dolomito, calcário, silxito, fosforito e *oóide grainstone*, que grada lateralmente para *rudstones* com clastos arredondados. Para Boggiani (1998), esta fácies brechada seria evidência de significativo rebaixamento eustático, com retrabalhamento e deposição dos clastos na borda da plataforma carbonática.

Em direção ao topo da unidade, predominam *rudstones* com clastos arredondados de carbonato e *wackestones* maciços com clastos milimétricos. Estas fácies podem ser interpretadas como produto do retrabalhamento sedimentar em condições de talude. A ocorrência de estratificações convolutas sugere a ocorrência de deslizamentos durante a sedimentação, associados ao acúmulo dos sedimentos no talude (Boggiani, 1998).

São também comuns *mudstones* calcíticos pretos intercalados à ritmitos e margas carbonosas em vários níveis estratigráficos da Formação Tamengo. Estas fácies estão diretamente relacionadas a deposição em condições de baixa energia e anóxicas (Friedman, 1985; Boggiani, 1998). As fácies de ritmitos são caracterizadas pela presença de *mudstones* calcíticos pretos alternados com folhelhos carbonosos, com a presença de *Corumbella* (Zaine, 1991) e de fosfatos depositadas em ambiente calmo, mas com oxigenação favorável para a proliferação de metazoários. A predominância de *mudstones* na Formação Tamengo nas porções orientais denota ambientes mais profundos, apesar da unidade Tagatiya Guazu, localizada à sudeste, representar fácies de

águas relativamente mais rasas em comparação com a Formação Tamengo (Warren, 2011; Berker-Kerber, 2015).

As margas carbonosas, ocorrem em camadas métricas e são frequentemente associadas a ocorrência de minerais sulfetados. São interpretadas como formadas em ambiente não favorável para deposição de carbonatos, com condições tanto anóxicas quanto sulfídicas (Boggiani, 1998).

As fácies carbonáticas de *oóides grainstones* ocorrem como camadas métricas e são interpretadas depositadas em condições de águas rasas plataformares, durante a transgressão marinha que marca a deposição final da Formação Tamengo (Boggiani, 1998). Neste contexto, as fácies de *oncóide rudstones* evidenciam atividade microbiana relacionada à esta elevação do nível do mar.

Por fim, as fácies de *rustones* com *Cloudina* ocorrem distribuídas como camadas tabulares de espessura métrica, sendo constituída principalmente por exoesqueletos deste metazoário distribuído caoticamente em meio a matriz micritica (Boggiani, 1998). Mesmo que estudos antigos tenham relacionado *Cloudinas* à algas (como originalmente descrito por Beurlen & Sommer, 1957), este organismo é seguramente um metazoário (Zaine, 1991; Berker-Kerber, 2015), que formava tubos de paredes lisas encaixados e vivia em águas relativamente rasas, ocasionalmente atingidas por ondas de tempestade (Grotzinger *et al.*, 1995; Boggiani, 1998).

Estudos recentes, como o de Oliveira (2010) estabeleceram duas associações de fácies para a unidade na região de Corumbá/MS. A primeira associação caracteriza um ambiente de *shoreface* com a presença de barras oolíticas, sendo interpretada com base na identificação de *grainstones* intraclásticos, ritmitos e *grainstones* oolíticos. A segunda associação refere-se aos depósitos de *offshore* com influência de tempestades, que são caracterizados por calcários com estratificações cruzada, *hummocky* e *swaley*, calcários maciços, pelitos carbonáticos e folhelhos. Amorim *et al.* (2020), descreve associações de fácies representativas da deposição nas porções externa, média e interna de uma rampa carbonática-siliciclástica influenciada por eventos de tempestade.

Segundo o modelo de Amorim *et al.* (2020), as fácies da rampa média e distal consistem em sedimentos siliciclásticos muito finos, constituídos por *mudstones*, *wackestones* com marcas onduladas e *packstones* com estratificação *hummocky* e *swaley*. Os depósitos de rampa média-proximal, por sua vez, seriam compostos por carbonatos, incluindo *packstones* bioclásticos e *grainstones*, além de esteiras microbianas e camadas vulcanogênicas. Os depósitos de rampa interna englobariam bancos com *ooid packstones*, *grainstones*, *wackestones*, *packstones* com marcas

onduladas e folhelhos pretos (Amorim *et al.*, 2020). A Figura 8 corresponde à seção-tipo descrita por Amorim *et al.* (2020) e suas respectivas fácies e associações de fácies.

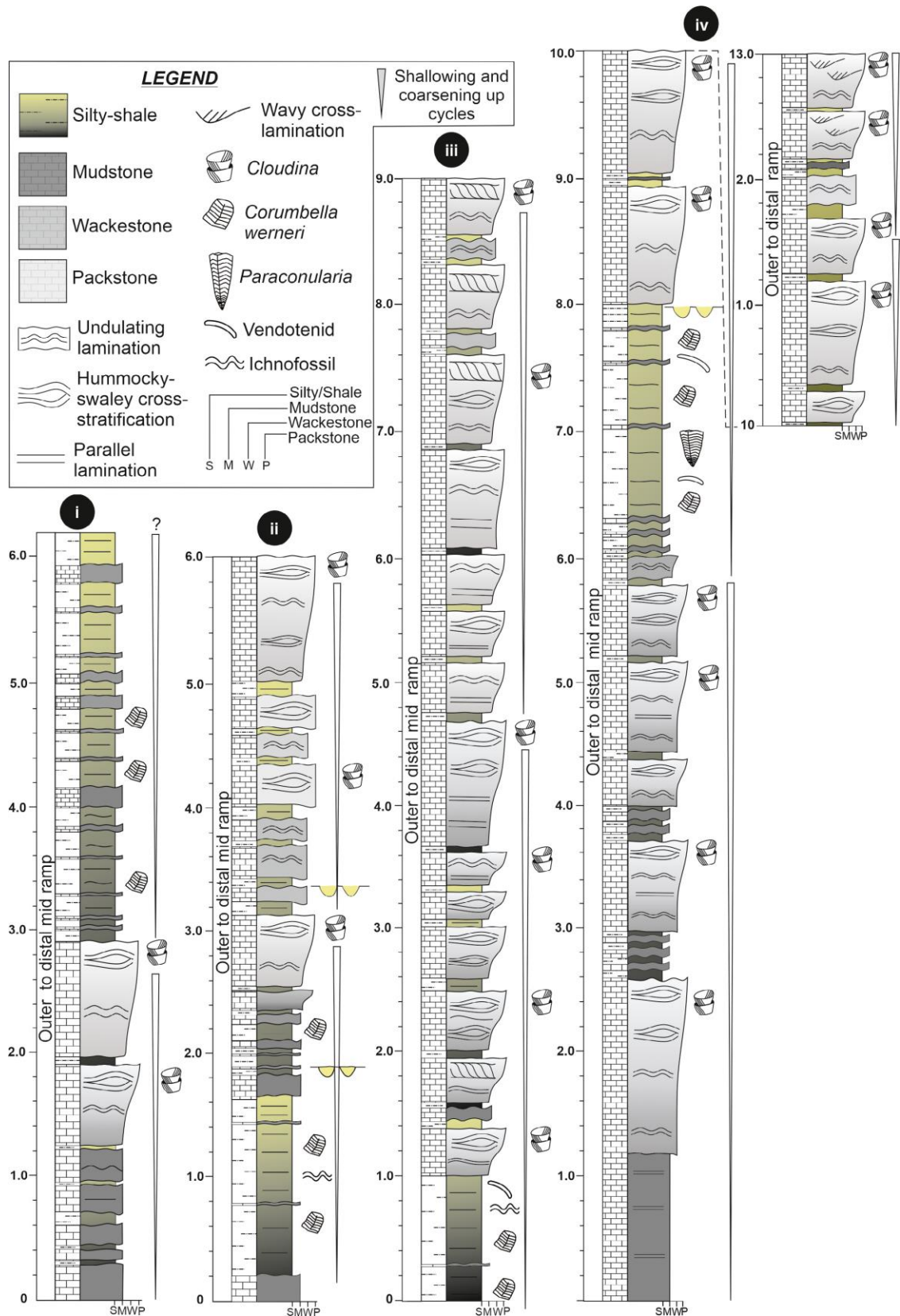


Figura 7: Seções colunares representativas da Formação Tamengo. Extraído de Amorim *et al.* (2020).

De acordo com Berker-Kerber (2015), a linha de costa durante a deposição da Formação Tamengo possivelmente apresentou orientações N-S, e a análise da orientação dos tubos de *Cloudinas* revelou variações nas direções das correntes paralelas ou perpendiculares à paleocosta.

4. Contextualização Teórica – o método de datação por LA-ICP-MS

O método de datação U-Th-Pb foi primeiramente utilizado para realizar datações radiométricas na metade do século XX por Ernest Rutherford e Boltwood (Faure, 2005). A técnica U/Pb, parte integrante do sistema U-Th-Pb, se baseia na ideia de que isótopos radioativos, especialmente urânio (U) e tório (Th), decaem para formar isótopos estáveis de chumbo (Pb). O urânio tem três isótopos naturais radioativos (^{234}U , ^{235}U e ^{238}U) e coexiste com o tório radioativo, principalmente na forma de ^{232}Th . Os outros isótopos de tório são produzidos pelo decaimento do urânio. Cada um desses isótopos tem tempos de meia-vida específicos (Tabela 1), além de constantes de decaimento/desintegração, o que confere confiabilidade ao método na análise temporal de eventos geológicos (Faure, 2005).

Tabela 1: Isótopos de U e Th com suas respectivas abundâncias, meia-vidas e constante de decaimento. Extraído e adaptado de Faure (2005).

<i>Isótopo</i>	<i>Abundância (%)</i>	<i>Meia-vida em anos</i>	<i>Constante de decaimento (y^{-1})</i>
^{238}U	99,2743	$4,468 \times 10^9$	$1,55125 \times 10^{-10}$
^{235}U	0,7200	$0,7038 \times 10^9$	$9,8485 \times 10^{-10}$
^{234}U	0,0055	$2,45 \times 10^5$	$2,829 \times 10^{-6}$
^{232}Th	100,00	$14,010 \times 10^9$	$4,9475 \times 10^{-11}$

O zircão (ZrSiO_4) é um mineral comum em muitos tipos de rocha, e é conhecido por incorporar diversos elementos menores e traços (Dinter *et al.*, 1995). Além disso, tem a capacidade de reter informações isotópicas e químicas importantes devido ao seu sistema apresentar comportamento relativamente fechado e apresentar altos níveis de U e Th (Dinter *et al.*, 1995; Santos, 2015; Justino, 2016).

O método U-Pb é utilizado para datações radiométricas a partir da integração de duas séries de decaimento, ou seja, de ^{235}U para ^{207}Pb e ^{238}U para ^{206}Pb . Para o cálculo de idades, considera-se

a meia-vida do ^{238}U como de 4,5 Ga e do ^{235}U corresponde a 0,7 Ga, contudo, o ^{235}U não é mais abundante na Terra, e deste modo, a série mais utilizada é do ^{238}U (Faure, 2005).

O método de datação por LA-ICP-MS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*), surgiu em 1985 e tornou-se uma ferramenta analítica importante para determinação de elementos traços (Jackson *et al.*, 1992), além de permitir a análise de forma pontual de amostras sólidas, sendo elas minerais, pastilhas de rochas, polímeros e metais, sem passar pelo processo de dissolução úmida. Ademais, possibilita o acoplamento à um microscópio petrográfico e consequentemente, permite uma escolha precisa do que se pretende analisar. São análises rápidas e com baixo custo, se comparados, por exemplo ao método SHRIMP (Justino, 2016).

A ablação por laser é um processo no qual ocorre uma intensa explosão de energia proveniente de um curto pulso de laser, utilizada para remover uma pequena porção do material mineral do grão (Santos, 2015). O sistema em si consiste em um laser, um estágio de ablação e um sistema de detecção, como demonstrado na Figura 9 (Gunther *et al.*, 1999). A amostra é colocada em uma câmara fechada que recebe fluxo de Ar/He, e o feixe é focado sobre a superfície da amostra, consequentemente, se a irradiação for alta o suficiente, o material gerará vapor, partículas e aglomerados, sendo transportado para o ICP-MS (Gunther & Hattendorf, 2005; Santos, 2015).

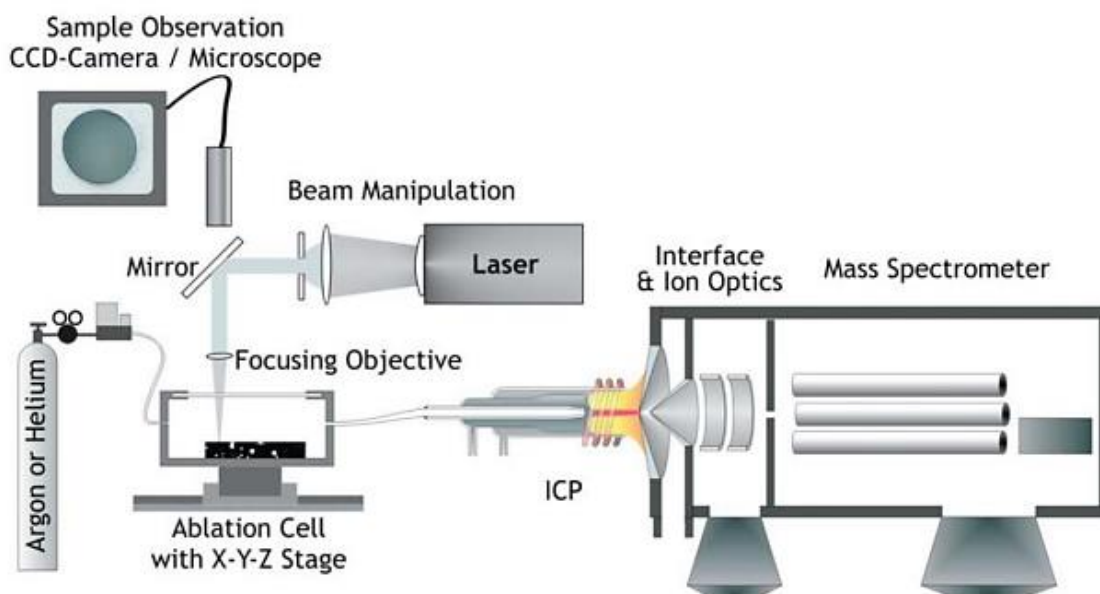


Figura 8: Esquema da configuração do sistema LA-ICP-MS. Extraído de Santos (2015).

O equipamento de espectrometria com fonte de plasma (ICP-MS) é constituído por três componentes principais, sendo eles um feixe de íons gerado por uma fonte de plasma de argônio,

um analisador de massas magnético e um sistema de detecção. Suas vantagens são os baixos limites de detecção que permite adquirir respostas a partir da baixa quantidade de Pb, além da identificação simplificada dos espectros, a determinação da razão isotópica dos elementos, as análises multielementares de elementos traços e a rápida aquisição de resultados (Sato, 2002).

O uso do ICP-MS acoplado ao laser (LA), permite a microanálise de minerais com bombardeio do feixe de laser na superfície mineral sem tratamentos químicos e *in situ* (Sato, 2002).

5. Resultados

5.1. Descrição petrográfica

O nível de tufo foi amostrado em uma seção do topo da Formação Tamengo (Figura 9) na Serra da Bodoquena, nas proximidades da cidade de Bonito, MS. Em campo, apresentava espessura constante de cerca de 15 cm e grande continuidade lateral, se estendendo por cerca de 30 metros.

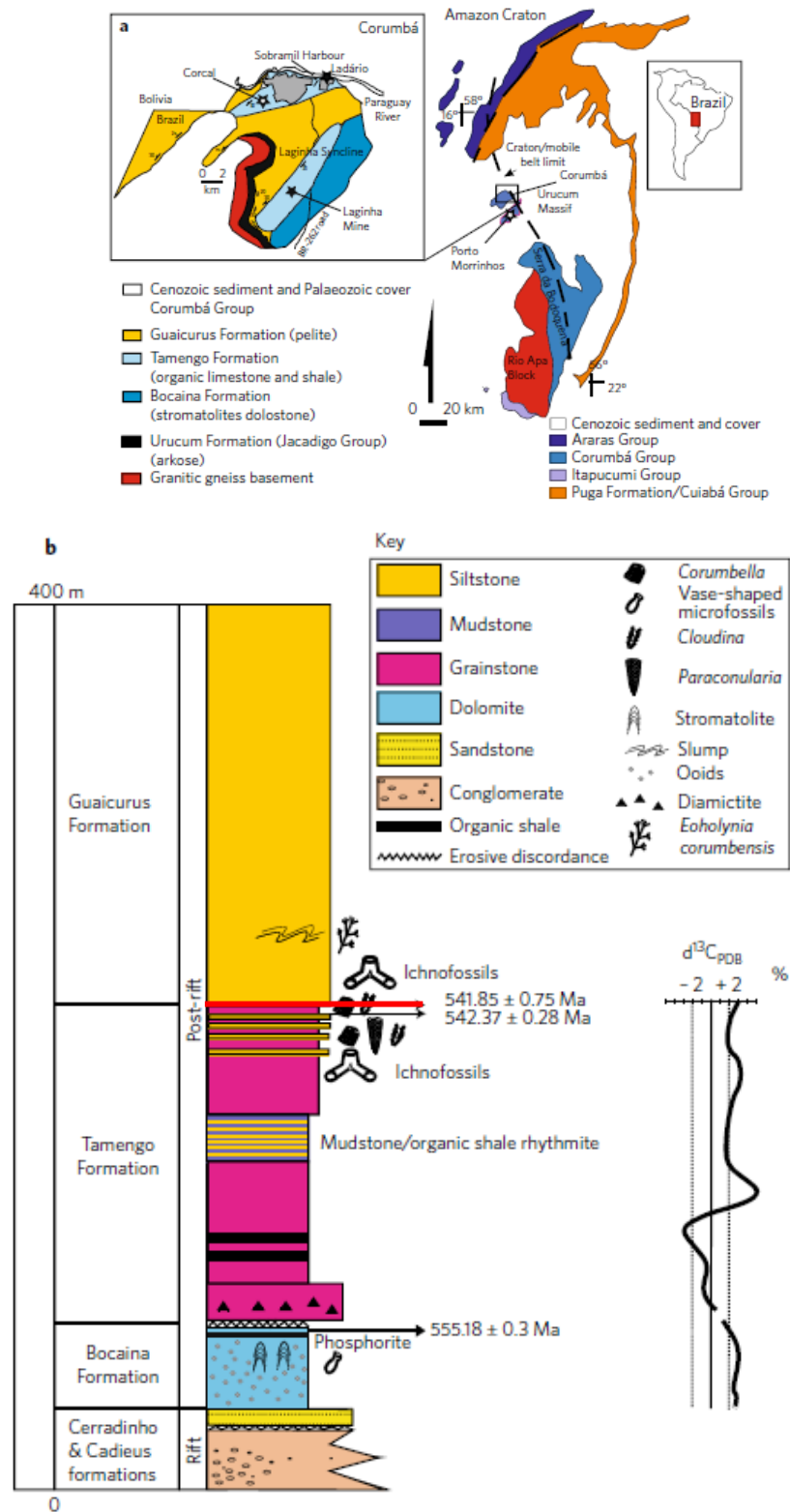


Figura 9: A) Mapa geológico da região de estudo; B) Localização do afloramento onde a seção foi adquirida, pertencente ao Grupo Corumbá, onde é possível localizar tanto o nível de tufo da Formação Bocaina, quanto o da Formação Tamengo (em vermelho), objeto de estudo deste trabalho. Extraído de Parry *et al.* (2017).

A lâmina petrográfica analisada foi obtida em amostra de material cinza claro (Figura 10), homogêneo, maciço, vítreo, sem cristais aparentes. Localmente é possível observar algum padrão variegado, com presença de manchas diminutas de coloração cinza escura (Figura 10B). O nível de tufo encontra-se pouco intemperizado e possui granulometria fina, milimétrica (0,1- 1mm) não sendo possível observar fragmentos vítreos ou litoclastos em geral. Quando levemente alterada, apresenta cor característica bege claro (Figura 10A e C). As amostras são muito litificadas e apresentam comumente duas famílias de fraturas principais preenchidas por material carbonático ou silicoso. Sob o microscópio, foi observada textura normalmente preservada em amostras tufáceas, denominada *glass shards*, ou fragmento vítreo em forma de Y (Figura 11). Estes, tendem a se formar em magmas riolíticos de alta viscosidade, em temperaturas superiores à 850° a partir do contato entre bolhas formadas durante a erupção do magma e extrusão do material ejetado (Izett, 1981).

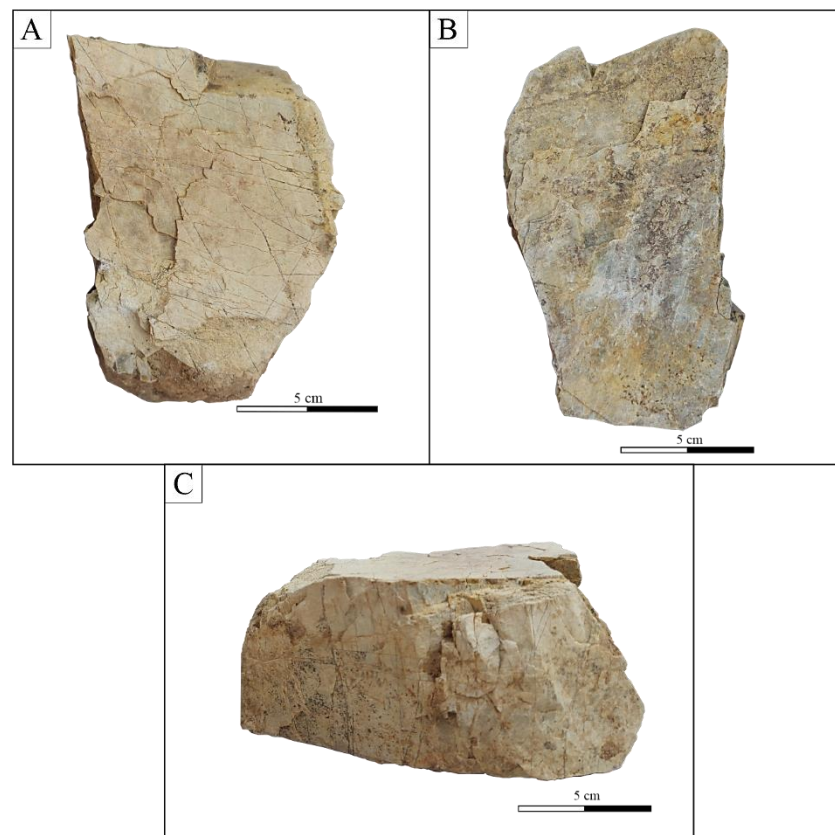


Figura 10: Amostra de mão da rocha de material tufáceo. A) Imagem em planta da amostra laminada; B) Imagem da porção basal da amostra; C) Vista lateral da rocha mostrando o caráter maciço dela. É possível observar as famílias principais de fratura e a característica cor cinza homogênea.

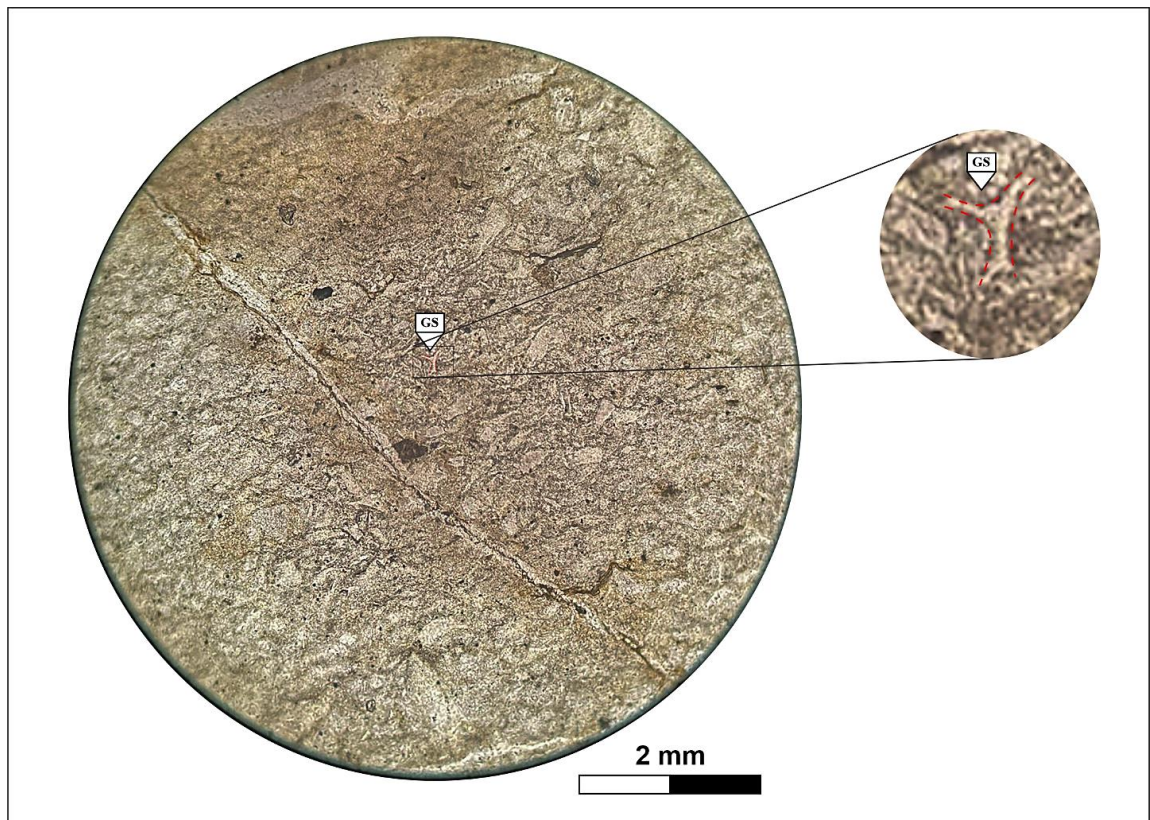


Figura 11: Fotomicrografia de lâmina delgada da amostra de tufo. GS - Glass Shard.

A amostra analisada apresenta características microscópicas de uma rocha impura, com fragmentos angulosos compostos feldspato e quartzo, além de minerais muito-finos indiferenciáveis. Localmente, é possível observar de apatita, mineral incolor e com relevo alto.

Ocorre ainda um material opaco de granulação fina, de difícil identificação (Figura 12A e B). Observam-se veios compostos por materiais microcristalinos (Figura 12C e D), que pode tratar-se de vidro vulcânico, comum em material tufáceo.

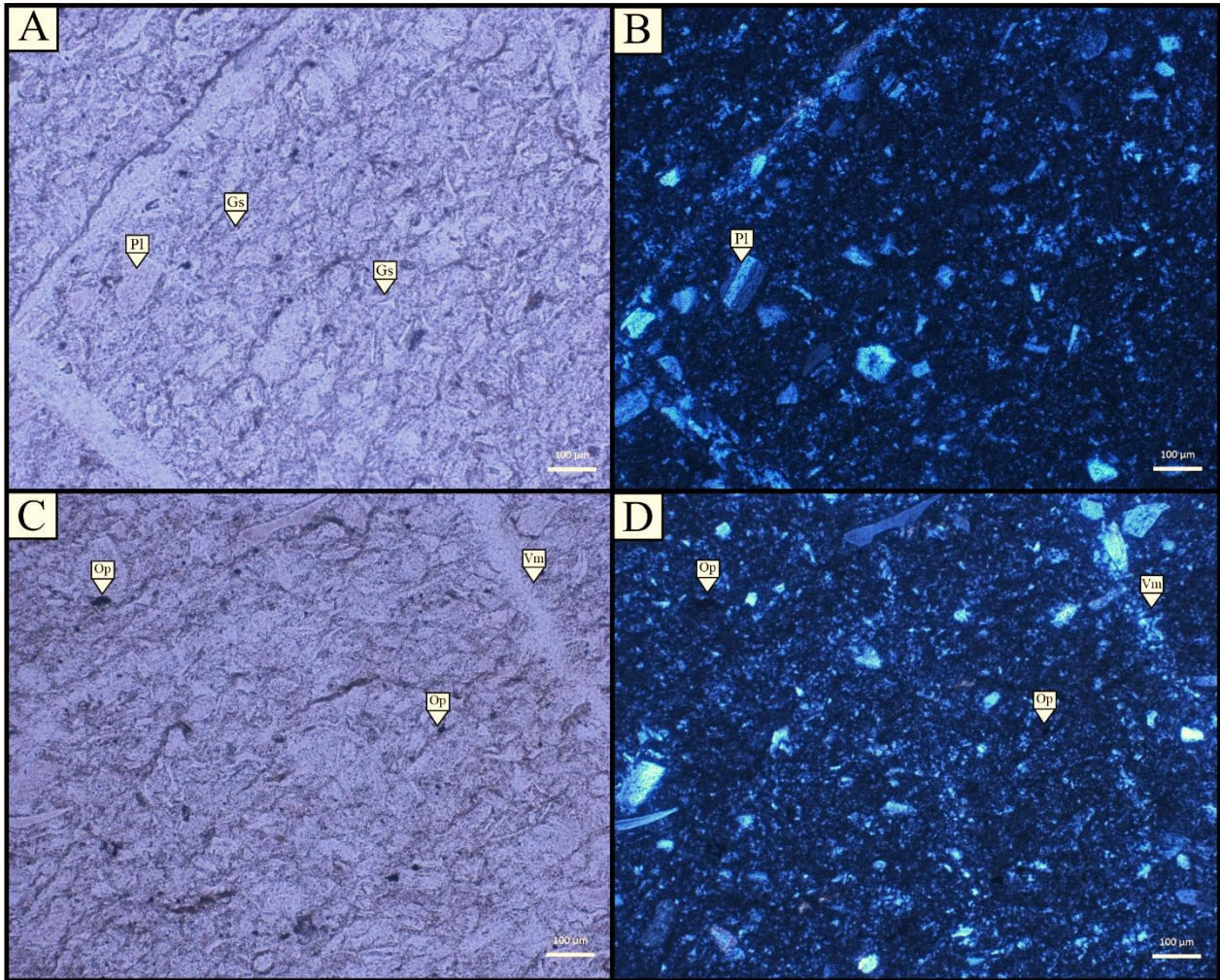


Figura 12: Imagem da lâmina petrográfica do material tufáceo analisado. A) e B) Detalhe de estruturas vulcânicas do tipo *glassh shard* (Gs) e cristais de plagioclásio euhédricos (Pl); em B os nicóis estão cruzados; C) Detalhe de minerais opacos (Op) e veio preenchido por quartzo microcristalino (Vm); em D os nicóis estão cruzados.

5.2. Imageamento via Catodoluminescência e análise morfológica dos grãos de zircão

Para a realização das análises, foram selecionados em lupa estereoscópica 77 grãos de zircão (Figura 13) que foram, posteriormente, montados em resina *epoxy*.

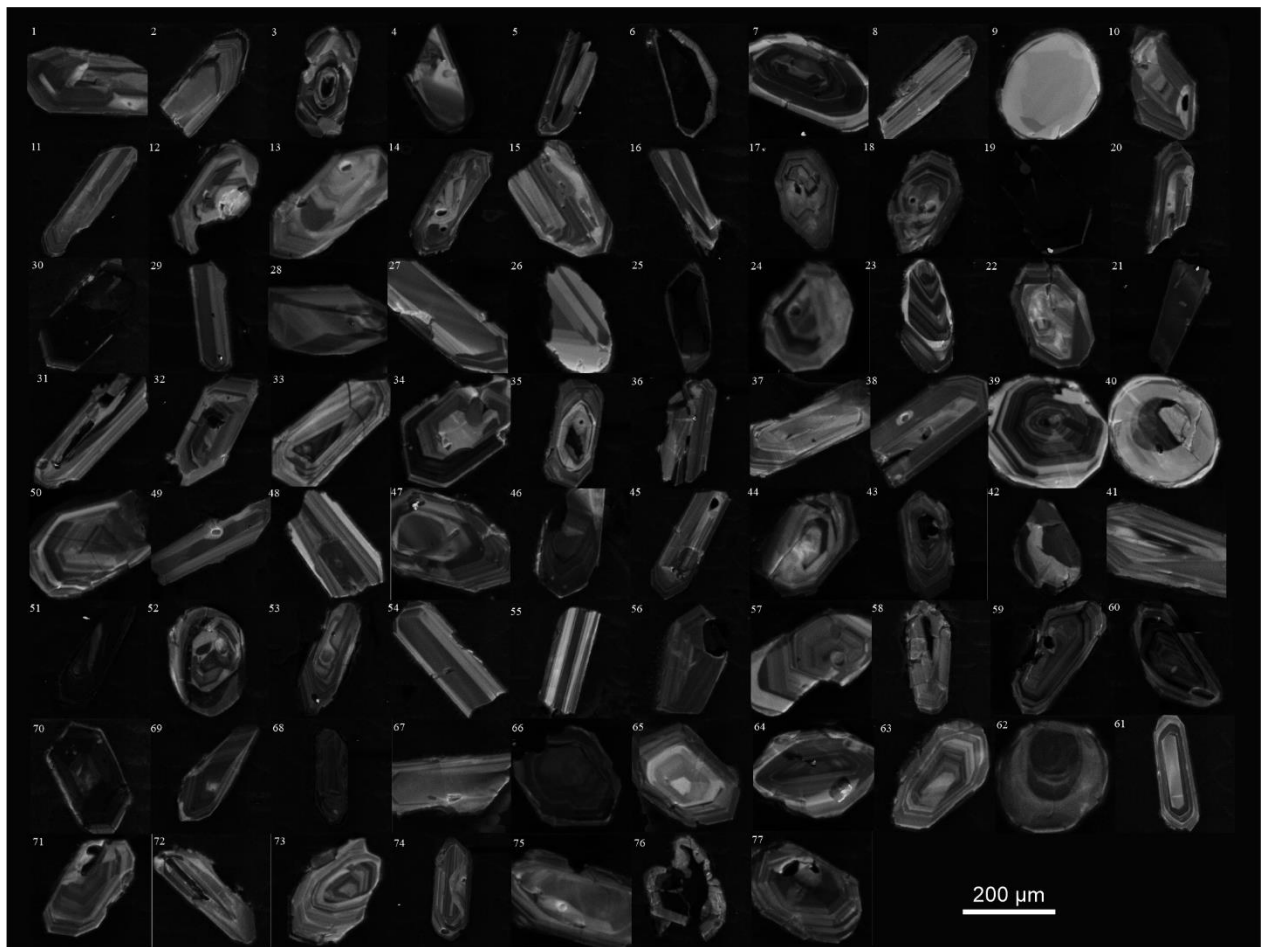


Figura 13: Imageamento realizado por catodoluminescência, através da microsonda, dos 77 grãos selecionados.

De forma geral, os grãos de zircão são muito pequenos (comprimento médio de $136,11\mu\text{m}$) e morfologicamente euédricos a sub-euédricos, com formas prismáticas predominantes, em maioria sendo classificados como pertencentes aos subtipos S3, S5, S9, S10, S15, P1, P2, P3 e P4 (Figura 14, Pupin, 1980). Grãos arredondados são classificados como AB2 e AB4 de acordo com Pupin (1980). A presença de grãos alongados com as características acima citadas indica origem magmática e vulcânica (Gärtner *et al.*, 2013); raros cristais arredondados são aqui tentativamente associados à grãos sedimentares herdados de unidades mais antigas do embasamento.

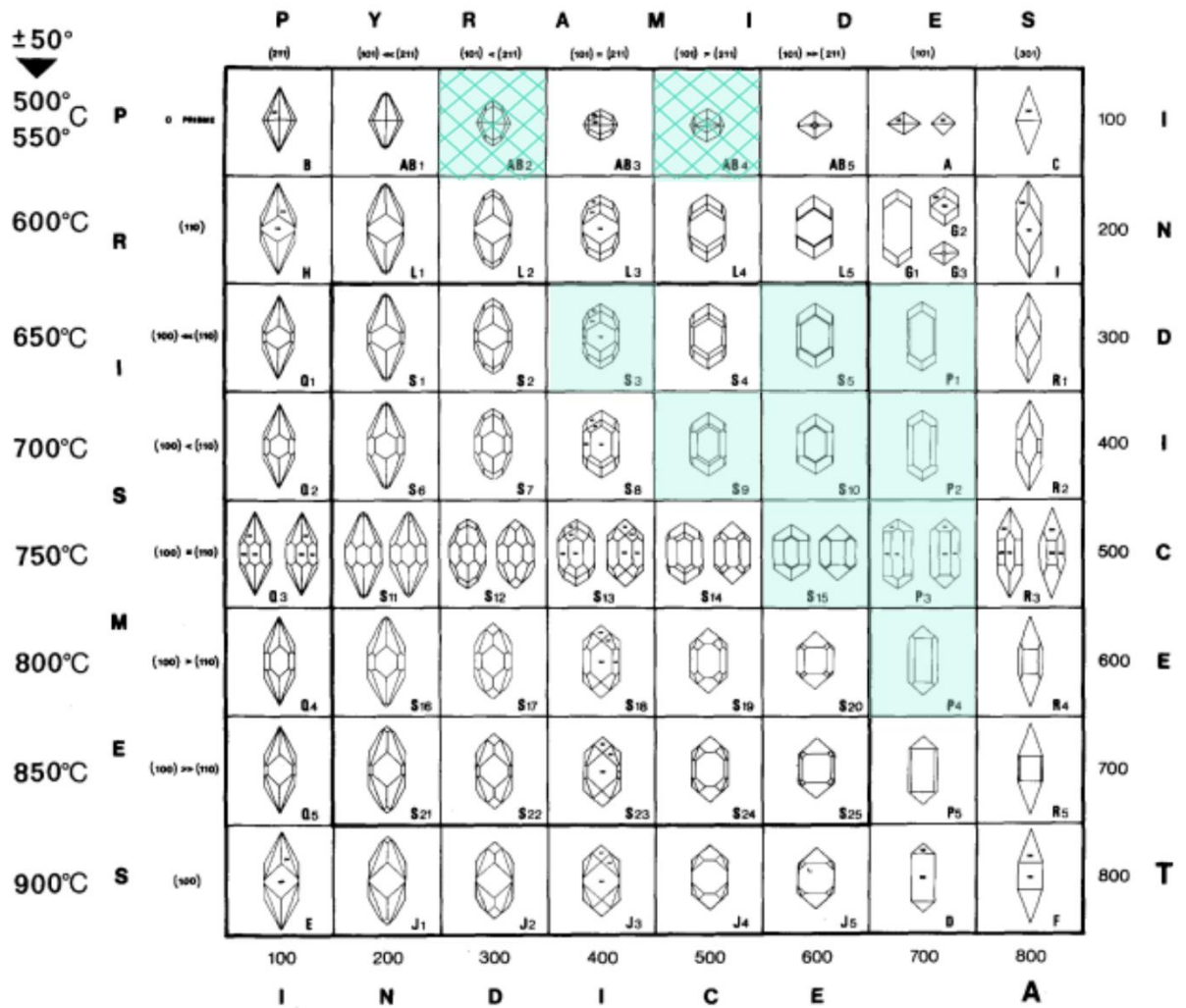


Figura 14: Classificação tipológica proposta por Pupin (1980), com a sinalização dos tipos P1 à P4, S3, S5, S9, S10, S15 para os zircões euédricos a subeuédricos, e os tipos AB2 e AB4 para os grãos arredondados (hachurados), da amostra de tufo vulcânico. Índice T – efeito da temperatura nos prismas; Índice A – relação Al/(Na+K) que controla o desenvolvimento das pirâmides.

A partir deste imageamento realizado por catodoluminescência (CL), foram selecionados 76 grãos para a datação no LA-ICP-MS visando um grupo amostral robusto e estatisticamente representativo, Dodson *et al.* (1988) por exemplo, afirma que são necessários pelo menos 60 grãos para se ter uma malha amostral representativa. Os grãos de zircão analisados são em sua maioria bem formados e apresentam núcleo e bordas muito bem definidos. Neste sentido o grão TAM_19 não foi analisado pois sua visualização estava ruim e não se podia observar com clareza a forma do grão. Com os critérios definidos, foi feita uma marcação de análise de 25 µm de diâmetro para realizar a datação.

5.3. Obtenção de idades U-Pb dos grãos de zircão selecionados

Após o processamento inicial dos dados brutos obtidos, foi necessário um mais refinado tratamento para a obtenção das idades mais precisas. O critério utilizado foi o cálculo de concordância das idades obtidas pelas razões isotópicas, no qual a idade de $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ é dividida pela idade de $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ e multiplicado por 100, resultando na porcentagem de confiabilidade da idade. Como resultado, ao colocar todos os dados em um gráfico de concórdia, obteve-se uma grande discordância (Figura 15).

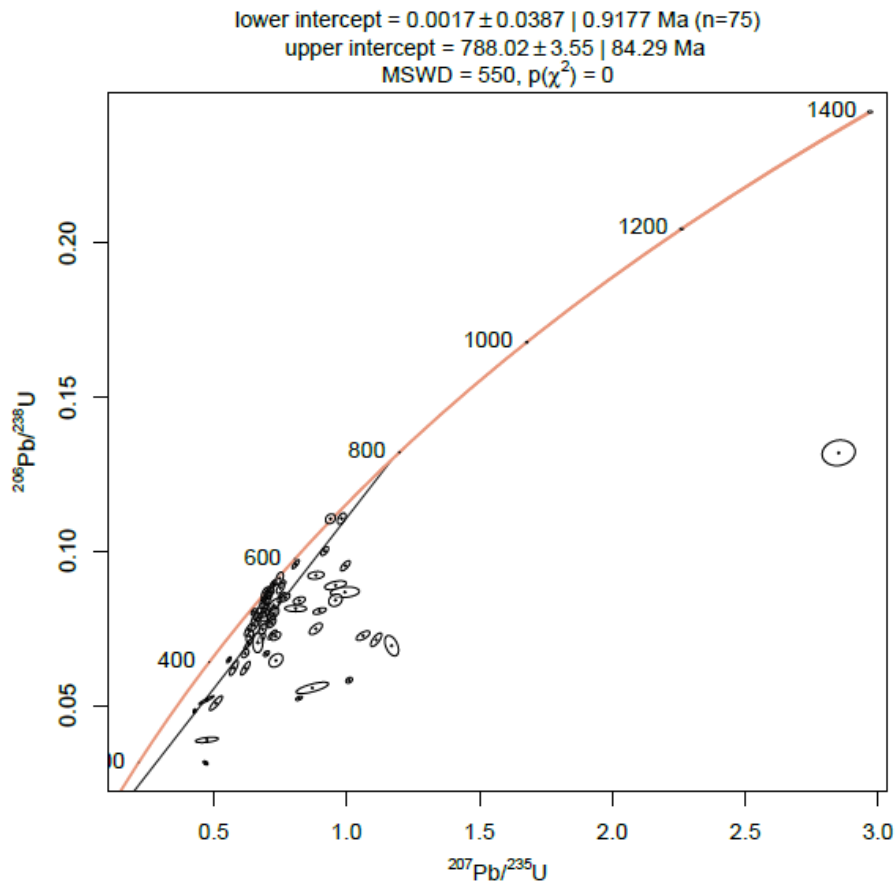


Figura 15: Diagrama concórdia considerando toda a população dos 76 grãos datados sem filtragem por grau de confiabilidade.

Dos 76 grãos, constatou-se que cerca de 72,37% da população apresentou variação de idades compatível com a curva concórdia obtida. Por exemplo, cerca de 15 grãos com concordância variando entre 94% a 90%, apresentaram idade concórdia de $517,54 \pm 2,92$ Ma (Cambriano – Série 2 – Estágio 3); a segunda idade concórdia de 20 grãos com cálculo de concordância entre 89 a 81% foi de $441,07 \pm 2,51$ MA (Rondoniano). A terceira e quarta população de dados (8 e 9 grãos, respectivamente) com concordância variando entre 79 a 51% obtiveram idades entre $478,99 \pm 4,99$

Ma e $314,33 \pm 2,88$ Ma (Ordoviciano e Carbonífero). Quanto ao quadrado médio do desvio ponderado (MSWD), em toda a malha de amostra supracitada, o resultado obtido foi de 76 (Figura 16).

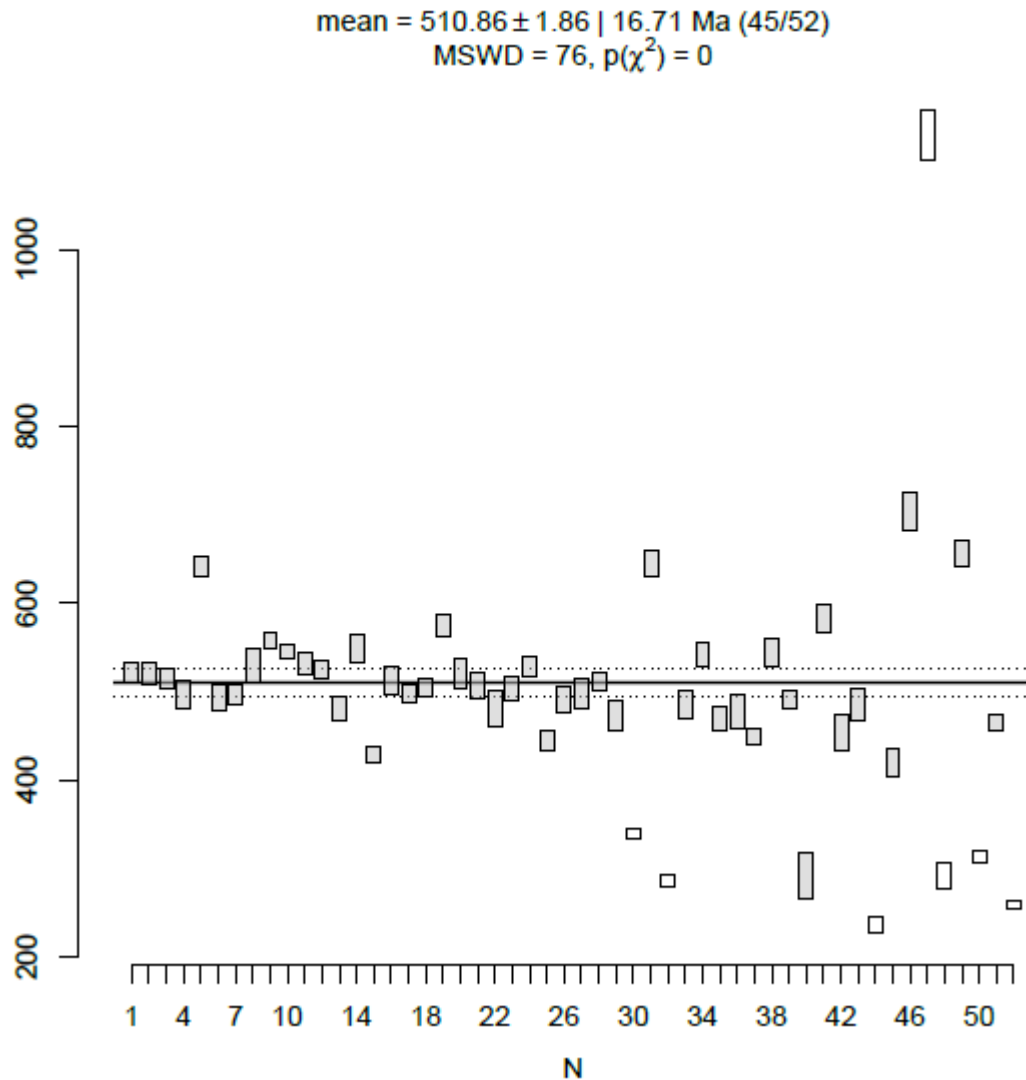


Figura 16: Gráfico de idade média ponderada (weighted mean age) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ dos 53 grãos datados através do LA-ICP-MS e com discordância maior que 5%.

A partir deste critério, e com o propósito de obter idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ mais precisas, selecionou-se uma subpopulação composta por 21 grãos (Figura 17), que apresentam discordância igual ou inferior a 5% (concordância entre 95 a 105%).

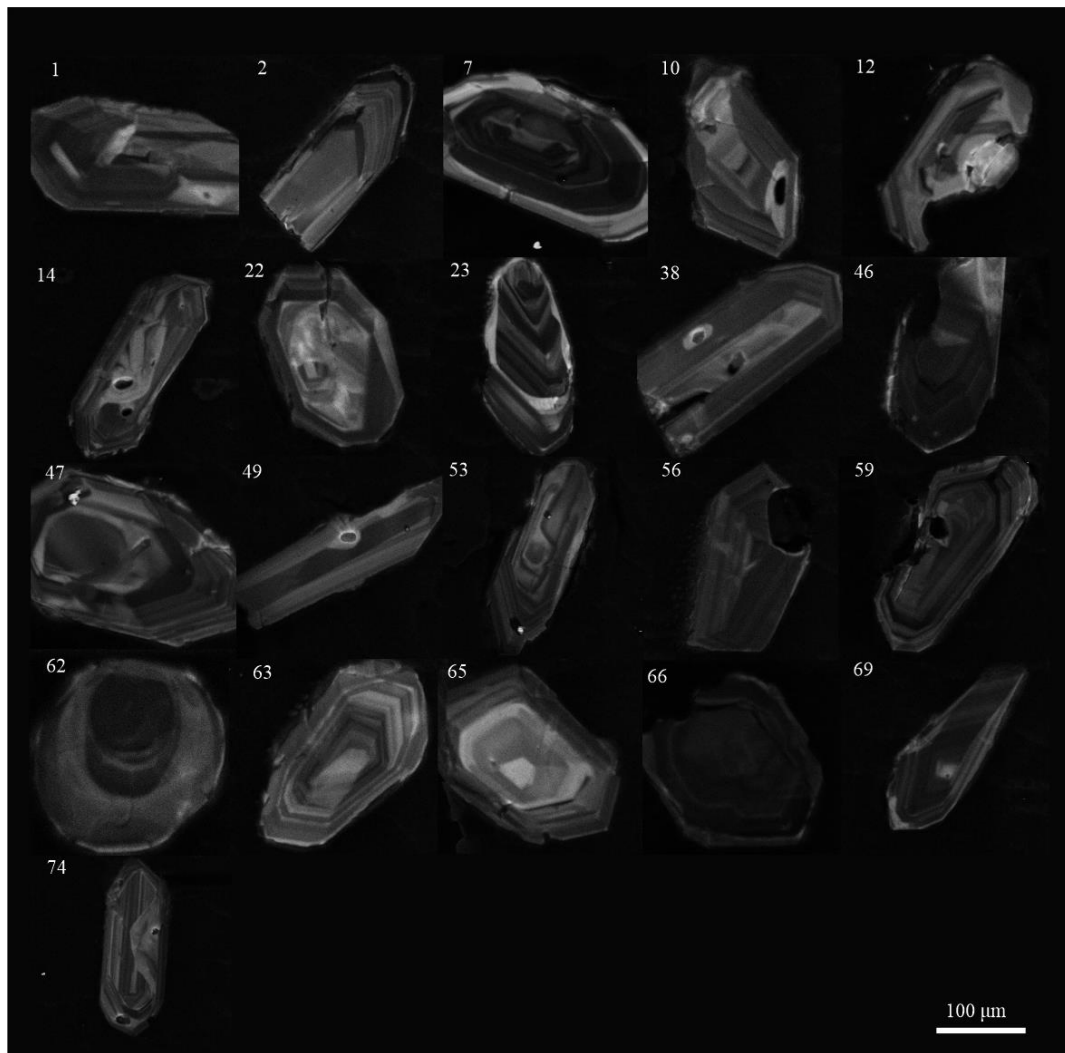


Figura 17: Imageamento dos 21 grãos (27,63%) de zircões escolhidos para análise do IsoplotR.

Constatou-se que a população de 27,63% (21 grãos) apresenta idade Neoproterozoica, variando entre 676 Ma e 538 Ma (Criogeniano a Ediacarano). Ao se considerar a média ponderada dos dados (excluindo *outliers*) a idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ obtida é de $542,07 \pm 2,40$ Ma (Ediacarano terminal) com um quadrado médio do desvio ponderado (MSWD) de 4,9 e uma discordância de 5% (Figura 18).

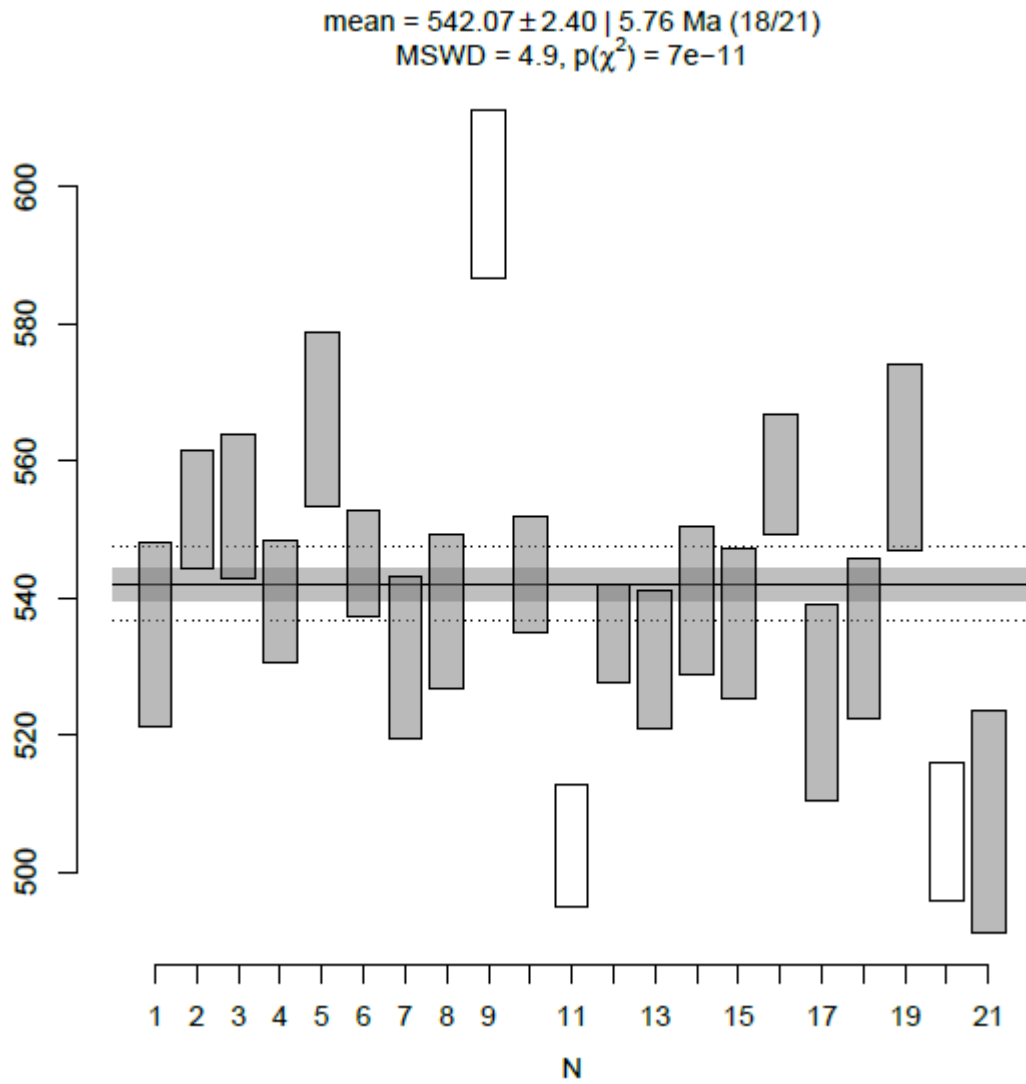


Figura 18: Gráfico de idade média ponderada (weighted mean age) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ dos grãos datados através do LA-
Esta idade Ediacarana terminal é também confirmada pela idade concórdia $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de $539,03 \pm 2,27$ Ma (Figura 19).

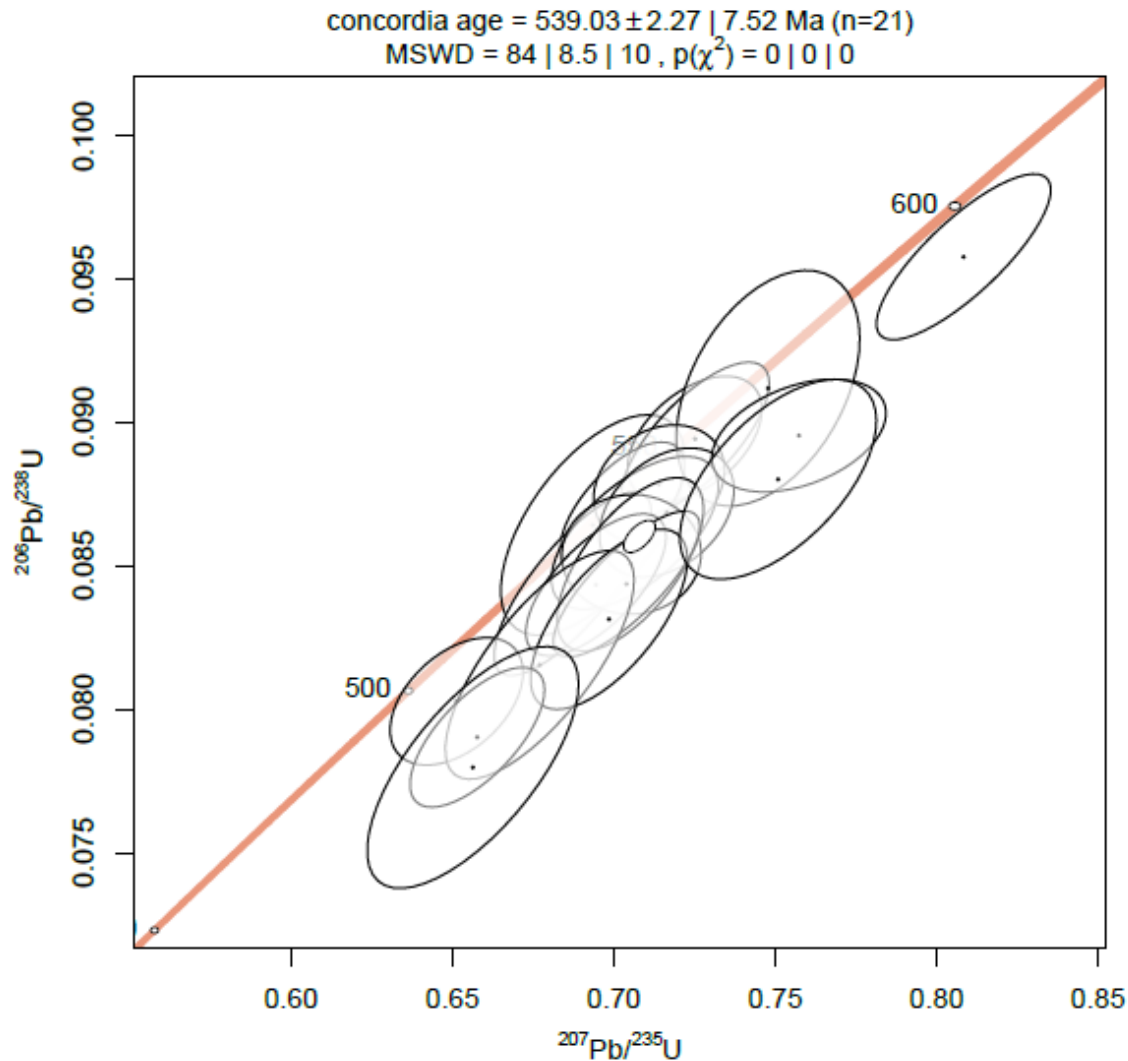


Figura 19: Diagrama de Concórdia dos 21 grãos com discordância igual ou inferior a 5%. MSWD: média quadrada dos desvios ponderados.

6. Discussão

A evolução geológica da Faixa Paraguai-Araguaia teve início no início do Neoproterozoico, com a deposição de uma sequência supracrustal em uma bacia tipo rifte, representada pela sucessão do Grupo Cuiabá (Manzano *et al.*, 2008). Durante o Neoproterozoico, depositou-se espessa sucessão mista siliciclástica-carbonática representada pelo Grupo Corumbá, constituído pelas formações Puga, Cerradinho, Bocaina, Tamengo e Guaicurus. Concomitantemente, inicia-se o processo de colisão do Craton Amazônico contra o Proto-Gondwana e o fechamento do Oceano Clymene (Trindade *et al.*, 2006; Tohver *et al.*, 2010). Ao final do processo colisional caracterizado

por dobramentos e falhamentos de empurrão, iniciou-se um intenso processo de granitogênese ácida (Amaral *et al.*, 1966; Almeida e Mantovani, 1975; Manzano *et al.*, 2008, Godoy *et al.*, 2010).

Devido ao magmatismo ácido explosivo sin- deposicional ao Grupo Corumbá, sempre foi aventada a possibilidade de que tufos vulcânicos tivessem se depositado concomitantemente à esta bacia (Parry *et al.*, 2017). A partir das evidências petrográficas, morfológicas e geocronológicas dos zircões analisados (subtipos morfológicos P1-4; S3, 5, 9; AB2, 4; ver Figura 13), confirma-se a ocorrência de um nível de tufo na porção superior da Formação Tamengo associado com magmatismo de afinidade crustal, como monzogranitos, sienogranitos, granodioritos e leucogranitos (Pupin, 1976; 1980). Devido à idade ($539,03 \pm 2,27$ Ma), o principal evento magmático associado à geração do tufo estudado deve estar associado ao Granito Taboco, intrusivo nos filitos do Grupo Cuiabá e predominantemente monzogranítico. Este granito possui datações radiométricas U-Pb por SHRIMP que indicam idades de 546 ± 3 Ma (Lacerda Filho *et al.*, 2006), o que permite ao menos parcialmente correlacioná-lo com o tufo do topo da Formação Tamengo.

Considerando a idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ concórdia de $539,03 \pm 2,27$ Ma obtida para o topo da Formação Tamengo e a idade U-Pb de $555,18 \pm 0,30$ Ma aferida para um tufo vulcânico intercalado aos carbonatos na Formação Bocaina (Parry *et al.*, 2017), é possível afirmar que, ao menos o topo da Formação Tamengo e a base da Formação Guaicurus se depositaram durante a transição Ediacarano-Cambriano. Esta afirmativa é amplamente sustentada pelo conteúdo fóssil destas duas unidades, representado por típicos organismos do período Ediacarano terminal (Berker-Kerber, 2015).

Por fim, as idades inéditas aqui apresentadas também reforçam a correlação da Formação Tamengo com a Formação Tagatiya Guazú (Grupo Itapucumi, Paraguai), unidade composta por carbonatos e fósseis da fauna Ediacarana (Warren *et al.*, 2011). Os vestígios fósseis complexos presentes no topo (Warren *et al.*, 2023), começaram a surgir no registro há cerca de 540~538 Ma, indicando que essa unidade é correlata à Formação Tamengo (Linnemann *et al.*, 2019; Mángano e Buatois, 2020; Antunes *et al.*, 2023).

Apesar de ambas as formações serem interpretadas como depositadas em ambientes carbonáticos plataformais similares, ligados ao Oceano Clymene, a Formação Tamengo exhibe estratificações que indicam um ambiente mais profundo com evidências de tempestades, com a presença de estratificações do tipo *hummocky* e *swaley* (Boggiani *et al.*, 2010; Warren *et al.*, 2011,

2019; Amorim *et al.*, 2020). Ademais, pode ser correlacionada também ao Grupo Nama (Namíbia) e outras unidades do Ediacarano terminal ao redor do mundo.

É relevante destacar que a importância da idade radiométrica obtida para um tufo na Formação Tamengo contribui para o entendimento da evolução da bacia do Grupo Corumbá, bem como auxilia em correlações interbasinais.

7. Conclusões

A presente pesquisa obteve uma idade inédita em um tufo estratigraficamente posicionado no topo da Formação Tamengo, indicando que este intervalo estratigráfico se depositou durante a transição Ediacarano-Cambriano no Brasil. A obtenção de uma idade confiável em um nível de tufo foi fundamental para definir o correto posicionamento temporal dos eventos bioevolutivos e paleoclimáticos registrados nessas sucessões.

As principais conclusões deste trabalho são as seguintes:

- i. A idade U-Pb, obtida por meio do LA-ICP-MS e dos cálculos de concórdia, é de 539,03 $\pm$ 2,27 Ma (Ediacarano terminal) para o topo da Formação Tamengo;
- ii. O nível tufáceo analisado apresenta predominância de quartzo e feldspatos, além de estruturas microcristalinas e fragmentos de vidro vulcânico (*glass shards*);

8. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, DNPM, **117**: 1-11, 1965^a.
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. Evolução tectônica do Centro-Oeste Brasileiro no Proterozoico Superior. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, (Suplemento Simpósio de Manto Superior). 40: 285- 296, 1968.
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de; HASUI, Yociteru. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 378p, 1970.
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de; MANTOVANI, Marta Silvia Maria. Geologia e geocronologia do granito de São Vicente, Mato Grosso. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 47, n. 3-4, p. 451-458, 1975.
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques; HASUI, Yociteru. Província Tocantins, setor Sudoeste. In: *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulp, Edgard Blucher, p. 265-281, 1984.
- ALVARENGA, Carlos José Souza de. **Phénomènes sédimentaires, structuraux et circulation de fluides développés à la transition chaîne-craton: exemple de la chaîne Paraguai d'âge protérozoïque supérieur, Mato Gross, Brésil**. 1990. Tese de Doutorado. Aix-Marseille 3.
- AMARAL, Gilberto *et al*. Potassium-argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 30, n. 2, p. 159-189, 1966.
- AMORIM, Kamilla Borges *et al*. Sedimentary facies, fossil distribution and depositional setting of the late Ediacaran Tamengo Formation (Brazil). *Sedimentology*, v. 67, n. 7, p. 3422-3450, 2020.
- ANTUNES, Gabriel Corrêa *et al*. Assessing the correlation between Ediacaran-Cambrian units of SW Gondwana: The Tagatiya Guazú (Itapucumi Group, Paraguay) and Tamengo (Corumbá Group, Brazil) formations. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 130, p. 104577, 2023.
- BABINSKI, Marly. Geocronologia das glaciações criogenianas do Brasil Central. **Docência. Universidade de São Paulo**, 2011
- BENGTSON, Stefan. Origins and early evolution of predation. *The Paleontological Society Papers*, v. 8, p. 289-318, 2002.
- BERKER-KERBER, Bruno. **Paleobiologia de Cloudina sp. (Ediacarano, Grupo Corumbá): implicações tafonômicas, taxonômicas e paleoecológicas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2015.

- BEURLIN, Karl; SOMMER, Friedrich Wilhelm. **Observações estratigráficas e paleontológicas sobre o calcário Corumbá**. DNPM, 1957.
- BODISELITSCH, Bernd *et al.* Estimating duration and intensity of Neoproterozoic snowball glaciations from Ir anomalies. **Science**, v. 308, n. 5719, p. 239-242, 2005.
- BOGGIANI, Paulo César *et al.* Chemostratigraphy of the Tamengo Formation (Corumbá Group, Brazil): a contribution to the calibration of the Ediacaran carbon-isotope curve. **Precambrian Research**, v. 182, n. 4, p. 382-401, 2010.
- BOGGIANI, Paulo Cesar; COIMBRA, Armando Márcio. Análise estratigráfica da Bacia Corumbá (Neoproterozoico) - Mato Grosso do Sul. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
- BOGGIANI, Paulo César; COIMBRA, Armando Márcio; FAIRCHILD, Thomas R. Calcários e rochas fosfáticas do grupo Corumbá na Serra da Bodoquena, MS: modelo genético. **Boletim IG-USP**. Publicação Especial, n. 12, p. 23-24, 1992.
- BOWYER, Fred T. *et al.* Calibrating the temporal and spatial dynamics of the Ediacaran-Cambrian radiation of animals. **Earth-Science Reviews**, v. 225, p. 103913, 2022.
- CAMPANHA, Ginaldo Ademar da Cruz *et al.* A faixa de dobramento Paraguai na Serra da Bodoquena e depressão do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul. **Geologia USP. Série Científica**, v. 11, n. 3, p. 79-96, 2011.
- CANFIELD, Donald E. A new model for Proterozoic ocean chemistry. **Nature**, v. 396, n. 6710, p. 450-453, 1998.
- CUI, Huan *et al.* Environmental context for the terminal Ediacaran biomineralization of animals. **Geobiology**, v. 14, n. 4, p. 344-363, 2016.
- DE ALVARENGA, Carlos Jose Souza. Turbiditos e a glaciação do final do Proterozóico Superior no Cinturão Paraguai, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, n. 3, p. 323-327, 1988.
- DINTER, David A. *et al.* U-Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Symvolon granodiorite: Implications for the thermal and structural evolution of the Rhodope metamorphic core complex, northeastern Greece. **Tectonics**, v. 14, n. 4, p. 886-908, 1995.
- DODSON, M. H. *et al.* A search for ancient detrital zircons in Zimbabwean sediments. **Journal of the Geological Society**, v. 145, n. 6, p. 977-983, 1988.
- DO SUL, Estado do Rio Grande. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. 2000.
- FAIRCHILD, Ian J.; BRADBY, Lawrence; SPIRO, Baruch. Carbonate diagenesis in ice. **Geology**, v. 21, n. 10, p. 901-904, 1993.

- FAIRCHILD, Thomas R. Evidências paleontológicas de uma possível idade "Ediacariana" ou Cambriana Inferior, para a parte do Grupo Corumbá (Mato Grosso do Sul). **Resumos das Comunicações**, p. 181, 1978.
- FAURE, Gunter; MENSING, Teresa M. Isotopes. **Principles and applications**, v. 897, 2005.
- FIGUEIREDO, Antônio Jorge Andrade de *et al.* **Projeto Alto Guaporé**. CPRM, 1973.
- FRIEDMAN, Gerald M. Micritic Cement in Microborings is not Necessarily a Shallow-Water Indicator: DISCUSSION. **Journal of Sedimentary Research**, v. 55, n. 5, 1985.
- GARCIA, M. S. *et al.* Paleomagnetismo do complexo alcalino Planalto da Serra (Mato Grosso): Implicações para a formação do Gondwana. **Latinmag Letters, Montevideo**, pp. OB19, p. 11-18, 2013.
- GÄRTNER, Andreas *et al.* Morphology of zircon crystal grains in sediments—characteristics, classifications, definitions Morphologie von Zirkonen in Sedimenten—Merkmale, Klassifikationen, Definitionen. **Klassifikationen, Definitionen**, 2013.
- GAUCHER, C.; SPRECHMANN, P. Grupo Arroyo del Soldado: paleontologia, edad y correlaciones (Vendiano-cámbrico Inferior, Uruguay). **Actas del II Congreso Uruguayo de Geología, Punta del Este**, Uruguay, p. 183-187, 1998.
- GAUCHER, Claudio *et al.* Integrated correlation of the Vendian to Cambrian Arroyo del Soldado and Corumbá Groups (Uruguay and Brazil): palaeogeographic, palaeoclimatic and palaeobiologic implications. **Precambrian Research**, v. 120, n. 3-4, p. 241-278, 2003.
- GODOY, Antonio Misson *et al.* Estudos isotópicos das rochas granitóides neoproterozóicas da Faixa de Dobramento Paraguai. 2010.
- GROTZINGER, John P. *et al.* Biostratigraphic and geochronologic constraints on early animal evolution. **Science**, v. 270, n. 5236, p. 598-604, 1995.
- GÜNTHER, Detlef; HATTENDORF, Bodo. Solid sample analysis using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 24, n. 3, p. 255-265, 2005.
- GÜNTHER, Detlef; JACKSON, Simon E.; LONGERICH, Henry P. Laser ablation and arc/spark solid sample introduction into inductively coupled plasma mass spectrometers. **Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy**, v. 54, n. 3-4, p. 381-409, 1999.
- HARLAND, W. Brian; RUDWICK, Martin JS. The great infra-Cambrian ice age. **Scientific American**, v. 211, n. 2, p. 28-37, 1964.
- HOFFMAN, Paul F.; SCHRAG, Daniel P. The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. **Terra nova**, v. 14, n. 3, p. 129-155, 2002.

- IZETT, Glen A. Volcanic ash beds: Recorders of upper Cenozoic silicic pyroclastic volcanism in the western United States. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 86, n. B11, p. 10200-10222, 1981.
- JUSTINO, Dayvisson. Geocronologia das sub-bacias triássicas Rincón Blanco e Cerro Pontudo, Argentina: combinação de metodologia U-Pb e Lu-Hf em zircão. 2016.
- KENDALL, Brian; CREASER, Robert A.; SELBY, David. Re-Os geochronology of postglacial black shales in Australia: Constraints on the timing of “Sturtian” glaciation. **Geology**, v. 34, n. 9, p. 729-732, 2006.
- KIRSCHVINK, Joseph L. Late Proterozoic low-latitude global glaciation: The snowball Earth, The Proterozoic Biosphere. A Multidisciplinary Study. **Cambridge University Press**, Cambridge, pp. 51- 52, 1992.
- KIRSCHVINK, Joseph L. Late Proterozoic low-latitude global glaciation: The snowball Earth. In: Schopf J.W. & Klein C. (eds.). **The Proterozoic Biosphere – A Multidisciplinary Study**. Cambridge, p. 51-52, 1992.
- LACERDA FILHO, Joffre Valmório de *et al.* **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul**. CPRM; SEPROTUR/MS; EGRHP/MS, 2006.
- LINNEMANN, Ulf *et al.* New high-resolution age data from the Ediacaran–Cambrian boundary indicate rapid, ecologically driven onset of the Cambrian explosion. **Terra Nova**, v. 31, n. 1, p. 49-58, 2019.
- MÁNGANO, M. Gabriela; BUATOIS, Luis A. The rise and early evolution of animals: where do we stand from a trace-fossil perspective? **Interface Focus**, v. 10, n. 4, p. 20190103, 2020.
- MANZANO, Jefferson Cassu; GODOY, Antonio Misson; DE ARAÚJO, Larissa Marques Barbosa. Contexto tectônico dos granitoides neoproterozoicos da faixa de dobramentos Paraguai, MS e MT. **Geociências**, p. 493-507, 2008.
- NOGUEIRA, Valdir Luiz *et al.* **Projeto Bonito Aquidauana**. CPRM, 1978.
- OLIVEIRA, Rick Souza de *et al.* Depósitos de rampa carbonática ediacarana do Grupo Corumbá, região de Corumbá, Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado: Belém, Universidade Federal do Pará, **Instituto de Geociências**, 104 p, 2010.
- PARRY, Luke A. *et al.* Ichnological evidence for meiofaunal bilaterians from the terminal Ediacaran and earliest Cambrian of Brazil. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 10, p. 1455-1464, 2017.
- PUPIN, J. P. Zircon and granite petrology. **Contributions to mineralogy and petrology**, v. 73, n. 3, p. 207-220, 1980.

- PUPIN, J.P. **Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie**. Base de la méthode typologique. Applications. PhD thesis, Nice University, 1976.
- RAMOS, Victor A. Late Proterozoic-early Paleozoic of South America-a collisional history. **Episodes Journal of International Geoscience**, v. 11, n. 3, p. 168-174, 1988.
- SÁ, Fernanda Rostirola de; CAMPANHA, Ginaldo Ademar da Cruz. Análise tectono-estratigráfica da Faixa de dobramento Paraguai meridional na Serra da Bodoquena e depressão do Rio Miranda, MS. 2009.
- SANTOS, Maristella Moreira. Desenvolvimento de padrões de zircão para geocronologia U-Pb e análises isotópicas de Hf por laser ablation ICP-MS. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 141 p, 2015.
- SATO, Kei; KAWASHITA, Koji. Espectrometria de massas em geologia isotópica. **Geologia USP. Série Científica**, v. 2, p. 57-77, 2002.
- TOHVER, Eric *et al.* Closing the Clymene ocean and bending a Brasiliano belt: Evidence for the Cambrian formation of Gondwana, southeast Amazon craton. **Geology**, v. 38, n. 3, p. 267-270, 2010.
- TOHVER, Eric; D'AGRELLA-FILHO, Manoel S.; TRINDADE, Ricardo IF. Paleomagnetic record of Africa and South America for the 1200–500 Ma interval, and evaluation of Rodinia and Gondwana assemblies. **Precambrian Research**, v. 147, n. 3-4, p. 193-222, 2006.
- TRINDADE, Ricardo IF *et al.* Paleomagnetism of Early Cambrian Itabaiana mafic dikes (NE Brazil) and the final assembly of Gondwana. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 244, n. 1-2, p. 361-377, 2006.
- TUCKER, Maurice E.; JONES, Stuart J. **Sedimentary petrology**. John Wiley & Sons, 2023.
- WALTER, M. R. *et al.* Dating the 840–544 Ma Neoproterozoic interval by isotopes of strontium, carbon, and sulfur in seawater, and some interpretative models. **Precambrian Research**, v. 100, n. 1-3, p. 371-433, 2000.
- WARREN, L. V. *et al.* Sedimentary evolution and tectonic setting of the Itapucumi Group, Ediacaran, northern Paraguay: From Rodinia break-up to West Gondwana amalgamation. **Precambrian Research**, v. 322, p. 99-121, 2019.
- WARREN, Lucas Veríssimo *et al.* Corumbella and in situ Cloudina in association with thrombolites in the Ediacaran Itapucumi Group, Paraguay. **Terra Nova**, v. 23, n. 6, p. 382-389, 2011.
- WARREN, Lucas Veríssimo *et al.* Evolutionary, paleoecological, and biostratigraphic implications of the Ediacaran-Cambrian interval in West Gondwana. **Geological Society of America Bulletin**, 2023.

- WARREN, Lucas Veríssimo. Tectônica e sedimentação do Grupo Itapucumi (Neoproterozóico, Paraguai Setentrional). **São Paulo: Tese Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo**, 2011.
- ZAINE, Mariselma Ferreira. **Análise de fósseis de parte da faixa Paraguai (MS, MT) e seu contexto temporal e paleoambiental**. 1991. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- ZHU, Mao-yan *et al.* A deep root for the Cambrian explosion: Implications of new bio-and chemostratigraphy from the Siberian Platform. **Geology**, v. 45, n. 5, p. 459-462, 2017.
- ZHU, Mao-Yan; BABCOCK, Loren E.; PENG, Shan-Chi. Advances in Cambrian stratigraphy and paleontology: integrating correlation techniques, paleobiology, taphonomy and paleoenvironmental reconstruction. **Palaeoworld**, v. 15, n. 3-4, p. 217-222, 2006.

ANEXO 1

	Final Pb206/U238_mean	Final Pb206/U238 age_mean	Final Pb206/U238 age_2SE(int)
TAM_9.FIN2	0.110531455	0.00128756	676
TAM_1.FIN2	0.086426203	0.00157027	534
TAM_12.FIN2	0.089438876	0.00088938	552
TAM_56.FIN2	0.089424812	0.00109444	552
TAM_59.FIN2	0.087011747	0.00094278	538
TAM_10.FIN2	0.091196823	0.00167839	562
TAM_63.FIN2	0.08784356	0.00084612	543
TAM_66.FIN2	0.084375655	0.00130656	522
TAM_69.FIN2	0.086152972	0.00108893	533
TAM_62.FIN2	0.095774276	0.00118084	589
TAM_22.FIN2	0.086862972	0.00091919	537
TAM_2.FIN2	0.080278992	0.00090801	498
TAM_74.FIN2	0.085402558	0.00085152	528
TAM_49.FIN2	0.084342748	0.00101171	522
TAM_40.FIN2	0.110602961	0.00146551	676
TAM_47.FIN2	0.085056258	0.00123459	526
TAM_53.FIN2	0.084369029	0.00103928	523
TAM_14.FIN2	0.089545301	0.00080347	553
TAM_7.FIN2	0.081550854	0.00162831	505
TAM_46.FIN2	0.083143871	0.0012844	515
TAM_38.FIN2	0.088019062	0.00142351	544
TAM_23.FIN2	0.079027351	0.00099562	490
TAM_65.FIN2	0.077976692	0.00172169	484
TAM_54.FIN2	0.081370219	0.00103161	504
TAM_3.FIN2	0.079262037	0.00122188	492
TAM_41.FIN2	0.078460829	0.00118616	487
TAM_67.FIN2	0.074489195	0.00163646	463
TAM_52.FIN2	0.100059087	0.00115165	615
TAM_71.FIN2	0.07588845	0.00130455	471
TAM_29.FIN2	0.079765953	0.00092938	495
TAM_5.FIN2	0.082531017	0.00176958	511
TAM_28.FIN2	0.084742612	0.00107637	524
TAM_32.FIN2	0.085524669	0.00083602	529
TAM_8.FIN2	0.084962362	0.0010303	526
TAM_39.FIN2	0.080641865	0.00109525	500
TAM_61.FIN2	0.072431952	0.00135642	451
TAM_15.FIN2	0.079821166	0.00165196	495
TAM_34.FIN2	0.064762367	0.00076927	404
TAM_45.FIN2	0.079750016	0.00146161	495
TAM_55.FIN2	0.076209387	0.00108363	473
TAM_27.FIN2	0.078581779	0.00088297	488
TAM_26.FIN2	0.09220753	0.00101247	568
TAM_75.FIN2	0.077227513	0.00150134	479
TAM_20.FIN2	0.07470384	0.0015198	464
TAM_44.FIN2	0.070068997	0.00159689	436
TAM_77.FIN2	0.07665922	0.0011651	477
TAM_16.FIN2	0.084003486	0.00099047	520
TAM_11.FIN2	0.066828688	0.00108279	417
TAM_50.FIN2	0.071742886	0.0013037	446

TAM_64.FIN2	0.070349685	0.00264786	438	16
TAM_13.FIN2	0.08141505	0.00083711	505	5
TAM_37.FIN2	0.062090518	0.00196551	388	12
TAM_6.FIN2	0.048145882	0.0006066	303	4
TAM_42.FIN2	0.095295589	0.00134381	587	8
TAM_70.FIN2	0.051711499	0.00112465	325	7
TAM_43.FIN2	0.072909236	0.0012892	455	7
TAM_21.FIN2	0.088967498	0.00117097	549	7
TAM_31.FIN2	0.072427367	0.00110917	451	7
TAM_18.FIN2	0.062049553	0.00178405	388	11
TAM_73.FIN2	0.066794578	0.00075694	417	5
TAM_36.FIN2	0.086733647	0.00140146	536	8
TAM_35.FIN2	0.080617639	0.00084381	500	5
TAM_48.FIN2	0.050704097	0.0019326	319	12
TAM_58.FIN2	0.084133903	0.00163695	521	10
TAM_72.FIN2	0.064575801	0.00177392	405	10
TAM_24.FIN2	0.074840349	0.0015072	465	9
TAM_30.FIN2	0.038782351	0.00071172	245	4
TAM_68.FIN2	0.072608538	0.00125109	452	8
TAM_4.FIN2	0.071279096	0.00178369	444	11
TAM_57.FIN2	0.131929068	0.00338184	798	19
TAM_25.FIN2	0.055662921	0.00151372	349	9
TAM_33.FIN2	0.069344618	0.00269907	431	16
TAM_51.FIN2	0.052294796	0.00057994	329	4
TAM_60.FIN2	0.058141288	0.00075815	364	5
TAM_76.FIN2	0.031322059	0.00051078	199	3

Final Pb207/U235_mean	Final Pb207/UFinal Pb207/UFinal Pb207/U235 age_2SE(	Final Pb208/TFinal Pb208/T
0.939175736	0.0151642	671
0.693471962	0.01165596	535
0.725040151	0.008495	553
0.725187387	0.0093668	553
0.702530016	0.0078922	540
0.747751633	0.01160434	566
0.713970162	0.0082923	547
0.687211822	0.00995374	530
0.706504509	0.01056994	543
0.808354047	0.01104035	601
0.716342178	0.00852568	548
0.651252291	0.00842009	509
0.705425187	0.00882072	542
0.694408964	0.00887279	536
0.980979821	0.01288292	694
0.705068819	0.00926853	541
0.70390242	0.00928215	541
0.75732307	0.01103098	572
0.676991659	0.01195109	524
0.698459214	0.00992656	537
0.750859996	0.01244487	568
0.657642239	0.00851281	513
0.656282786	0.01338315	512
0.692600731	0.00960001	534
0.678410344	0.01017672	525
0.67075677	0.00957096	521
0.630592373	0.01218928	496
0.917657007	0.01185989	660
0.653225961	0.01201996	510
0.696171268	0.01320215	535
0.726096912	0.01835925	553
0.749766747	0.00828102	568
0.76226709	0.01059046	575
0.769018532	0.01464977	578
0.723135099	0.01129972	552
0.635249252	0.01147004	498
0.717722099	0.0125055	549
0.556816202	0.00682954	450
0.724707581	0.01696531	553
0.68758813	0.01204085	530
0.715492313	0.0121546	547
0.884725271	0.02507636	641
0.712678258	0.01408696	545
0.684180153	0.01249774	528
0.631750455	0.01443735	498
0.718563442	0.01239932	549
0.821809639	0.01828963	608
0.617864171	0.01152281	488
0.679171277	0.01206954	525
0.03188679	0.00042863	8
0.02236146	0.00038518	7
0.02719305	0.00037112	5
0.02820952	0.00046957	5
0.02545539	0.00026069	5
0.02615291	0.00045787	7
0.02783422	0.00036034	5
0.02251236	0.0004252	6
0.02611416	0.00039047	6
0.02705755	0.00051496	6
0.02611703	0.00034832	5
0.02318026	0.00032609	5
0.02617729	0.00026968	5
0.02505968	0.00034225	5
0.03546889	0.00049632	7
0.02544995	0.00034454	6
0.02411412	0.00033663	6
0.02795997	0.00034208	6
0.01965501	0.00048202	7
0.01813022	0.00037667	6
0.02903102	0.00040905	7
0.02235782	0.00021952	5
0.02242671	0.00035172	8
0.0207137	0.00037025	6
0.02139465	0.00028468	6
0.02023805	0.0004261	6
0.0237416	0.00066071	8
0.04514609	0.0006885	6
0.02041945	0.00031032	7
0.02216878	0.00029431	8
0.01861602	0.00063113	11
0.01935468	0.00036071	5
0.0295992	0.0003024	6
0.02211815	0.00064096	8
0.02085192	0.00048244	7
0.02363947	0.00054362	7
0.02477924	0.00039961	8
0.018924	0.00032386	5
0.01593796	0.00045128	10
0.01812234	0.00054565	7
0.01839229	0.00031107	7
0.02838669	0.0008559	13
0.02168033	0.00082868	8
0.02107069	0.00033538	8
0.01585604	0.00041222	10
0.02262644	0.00047322	7
0.02068196	0.00040761	10
0.01410714	0.00037955	7
0.01640075	0.00037094	7

0.665720126	0.01561468	516	10	0.0227572	0.00070556
0.808259204	0.03338754	596	18	0.02610734	0.00043881
0.575833837	0.0131485	461	8	0.01481944	0.00066557
0.42773587	0.00430844	361	3	0.01410874	0.00023218
0.995232868	0.01458636	701	7	0.02088707	0.00097145
0.47241297	0.02338768	390	14	0.01618953	0.00086651
0.720575852	0.01327209	550	8	0.01726666	0.00029797
0.958040287	0.03317732	677	17	0.02859417	0.00084718
0.733111427	0.01542321	557	9	0.01857759	0.00056162
0.619230857	0.01449446	488	9	0.01659268	0.00042402
0.698118865	0.00908735	537	5	0.01762172	0.00028057
0.993569799	0.04422529	692	21	0.02994269	0.00088942
0.898247475	0.02027381	649	11	0.03029639	0.0006112
0.508212242	0.01992546	416	13	0.01273996	0.00083451
0.957879091	0.02064655	682	11	0.02971043	0.00060866
0.734107646	0.02140338	556	12	0.01667646	0.00057528
0.884100544	0.01998429	642	11	0.01595093	0.00029196
0.474135858	0.03488953	383	16	0.01339242	0.00073643
1.061929499	0.02089783	733	10	0.026696	0.00058811
1.111203009	0.01687269	759	8	0.01980818	0.00048963
2.851629576	0.05072227	1367	14	0.02059042	0.00118931
0.87094163	0.04958492	624	26	0.01571	0.00096384
1.169502044	0.02116422	786	10	0.01814869	0.00077598
0.820972497	0.01019811	608	6	0.03277343	0.00061304
1.00959084	0.00992666	708	5	0.01602836	0.00015542
0.469233191	0.00748729	390	5	0.01127091	0.00017175

Final Pb208/T	Final Pb208/Th232	age_2SE	Final Pb207/P	Final Pb207/P	Final Pb207/Pb206	age_mean
634.378174	8.3931413		0.0618878	0.00110835		652
446.974809	7.61198095		0.05895703	0.000929		559
542.252155	7.30286385		0.05860922	0.00067368		546
562.206793	9.22715337		0.05868653	0.00054716		550
508.046856	5.13745837		0.05835513	0.00051648		540
521.756656	9.01161954		0.05955831	0.00093835		576
554.858884	7.08982609		0.05882469	0.00069867		552
449.914973	8.39586339		0.05905161	0.00049326		567
520.998251	7.68736379		0.05922037	0.00066718		567
539.533394	10.1266258		0.06098538	0.00049701		634
521.065224	6.85516409		0.05995249	0.00075788		596
463.140271	6.4426083		0.0595613	0.00060277		581
522.269401	5.31004368		0.059371	0.00071991		572
500.232684	6.7480207		0.05931632	0.00063974		572
704.400235	9.68146135		0.06449636	0.00086529		748
507.922048	6.79251527		0.05940016	0.00069322		573
481.576805	6.63656203		0.06056537	0.00054551		621
557.340154	6.72335239		0.06084533	0.00084987		624
393.37546	9.55142437		0.06085651	0.00083791		628
363.128515	7.48794565		0.06036722	0.00065066		611
578.367696	8.029567		0.06174438	0.00092362		657
446.906698	4.34001641		0.06031763	0.00056639		618
448.265459	6.95316335		0.06116209	0.00100181		637
414.345003	7.32777681		0.06182316	0.00073056		663
427.844775	5.63265164		0.06319819	0.00074024		707
404.908137	8.4296402		0.06178543	0.00076956		658
474.110314	13.0421954		0.06132992	0.00080316		649
892.346015	13.3009246		0.06637897	0.00071859		812
408.531727	6.14694319		0.06183295	0.00081077		659
443.155425	5.8172779		0.06305354	0.00087258		699
372.748673	12.5232942		0.06452879	0.00125437		750
387.417835	7.14792666		0.06422578	0.00073183		741
589.55099	5.93232515		0.0644185	0.00099192		742
442.041745	12.6707184		0.06591326	0.0010575		794
417.048645	9.54789327		0.06464648	0.00123041		749
472.143577	10.7479711		0.06370926	0.00104137		718
494.698004	7.88409442		0.06493998	0.0008993		769
378.885058	6.42157905		0.06221601	0.00059289		678
319.573169	8.97567705		0.06550001	0.00127877		782
362.908877	10.829888		0.06551066	0.00110262		775
368.338003	6.17285508		0.06630618	0.00119934		799
565.515544	16.728314		0.06924058	0.00172197		886
433.283437	16.4233331		0.06682899	0.00086663		823
421.420792	6.63637038		0.06625497	0.00088261		804
317.911316	8.20773024		0.0649066	0.00067057		765
452.170384	9.34852106		0.06724687	0.00100818		836
413.728024	8.07112655		0.07013016	0.00138763		925
283.123027	7.56111442		0.06660232	0.00130685		824
328.758327	7.37525566		0.06817809	0.0010127		870

454.643461	13.9579532	0.07081761	0.00230941	897
520.856303	8.64917635	0.07194666	0.00312584	911
297.2165	13.2606108	0.068077	0.00139804	854
283.163401	4.62660045	0.06510679	0.00087307	771
417.67481	19.2263555	0.07491308	0.00083981	1063
324.422882	17.069441	0.06587129	0.00199532	779
345.998352	5.92287567	0.07098817	0.0008414	952
569.593072	16.6339936	0.07745422	0.00233101	1098
371.975398	11.1580279	0.07360335	0.00138222	1025
332.580894	8.43149267	0.07202404	0.0011317	983
353.052384	5.57035721	0.07549844	0.0010204	1079
596.053527	17.4432269	0.08316708	0.00365813	1192
603.136738	11.9826024	0.0802471	0.00153917	1186
255.744774	16.6287811	0.07214318	0.00144451	979
591.739704	11.9517768	0.08150785	0.00175697	1228
334.172252	11.4394371	0.08352495	0.0028753	1252
319.838238	5.8044108	0.08564856	0.00145333	1325
268.834192	14.6527042	0.08850269	0.00588637	1342
532.387976	11.577003	0.10594759	0.00164904	1720
396.375767	9.69991648	0.11588611	0.00190281	1883
411.636937	23.4935726	0.15785326	0.00447316	2412
314.736645	19.1438937	0.1120486	0.00435291	1770
363.323541	15.414434	0.13409284	0.00864072	2023
651.67157	11.9919093	0.11393544	0.00146222	1856
321.396425	3.09133271	0.12585859	0.00173	2037
226.528212	3.43159687	0.10885708	0.00288186	1757

Final Pb207/Pb206 age_2SE(int)	Final U238/P	Final U238/Pb206_2SE(int)	Final U/Th_m	Final U/Th_2S
39	9.06100246	0.10716056	1.1206315	0.0150797
34	11.5710503	0.19295827	1.42273233	0.02367274
25	11.1947171	0.111110017	1.36394829	0.01840968
20	11.1795591	0.13868809	1.77615296	0.03664535
20	11.4832353	0.12405714	1.58341253	0.03523815
35	11.0061839	0.2017487	1.63547177	0.03364523
26	11.3507085	0.11661662	1.90091574	0.02055853
19	11.8827273	0.17260162	2.06260546	0.02889517
25	11.5887762	0.14446715	1.56416056	0.02485289
18	10.409609	0.13099546	13.1175272	0.24160082
27	11.5407827	0.12203287	1.46295649	0.05919125
22	12.4822264	0.14223944	1.49799492	0.0480149
27	11.6612733	0.11773328	1.25622377	0.03975495
23	11.7712397	0.13824496	1.58148928	0.0475127
28	9.06295795	0.11929076	2.27362821	0.12957716
25	11.7145335	0.16672133	1.71479137	0.03017821
19	11.861215	0.15358222	2.1328932	0.03808492
30	11.1497372	0.09854498	1.6846509	0.04510346
30	12.3202066	0.24920947	1.70115253	0.05468699
23	12.025922	0.18889707	2.05945725	0.03858061
32	11.402316	0.1833253	1.52058549	0.05637685
21	12.6853797	0.15395775	1.71014777	0.03223373
35	12.8817131	0.28981697	2.01472529	0.03679074
26	12.3139959	0.15320199	1.31410683	0.03162638
24	12.6830207	0.19561468	1.86350588	0.04081686
27	12.7763576	0.18554837	1.59023706	0.05537692
28	13.5511389	0.31874739	1.46516038	0.05272711
23	9.98010955	0.12278251	9.98224849	0.53511045
28	13.2300459	0.23374652	1.30818441	0.02264629
29	12.5392913	0.14537854	1.28880828	0.05405918
40	12.1890972	0.27444559	1.13478771	0.03388898
24	11.8285806	0.14260852	1.40475035	0.04354249
32	11.6724069	0.11474788	1.72732692	0.07329402
34	11.7766475	0.14813063	1.54931002	0.0616891
40	12.4168162	0.17250081	1.28046645	0.04088514
34	13.932943	0.27736623	1.63736781	0.03217691
28	12.514055	0.2474718	1.29118575	0.05520154
21	15.4336672	0.18029321	1.61259251	0.02235345
41	12.5116877	0.23522353	1.23254849	0.03497662
36	13.1636064	0.1836839	1.14808904	0.02594177
37	12.7676264	0.14575833	1.15590642	0.02463177
48	10.8609473	0.11554612	2.22010231	0.05573845
27	12.9973718	0.27094132	1.2049284	0.05141781
28	13.5677638	0.28777981	1.60312708	0.02280978
22	14.3708709	0.33458348	1.12214863	0.02985574
31	13.0092742	0.19642865	1.69045921	0.02484022
43	11.9163568	0.13740774	1.08681918	0.03337391
39	14.9455212	0.26910255	1.04734571	0.0218129
32	14.0092646	0.24871931	0.9870419	0.01648104

56	14.9825028	0.66458367	1.11945072	0.01636011
80	12.3041739	0.12641968	1.60698055	0.06345444
42	16.5444335	0.58764883	1.12318993	0.02415975
28	20.758551	0.2559654	1.75142854	0.05441221
23	10.4395026	0.15645669	1.1075646	0.02455378
48	19.4516003	0.36345894	1.86988236	0.02815449
24	13.6377417	0.21736067	1.7251545	0.03723978
59	11.2911511	0.14925554	1.54554779	0.0494269
39	13.8342066	0.21699037	1.11367985	0.03285547
33	16.338066	0.47037578	1.27032865	0.01920589
28	14.9212171	0.17587734	1.08635157	0.01318875
81	11.5923556	0.18457916	1.24099287	0.08232694
36	12.3556978	0.13509857	1.63997027	0.03295923
41	20.0901448	0.70975193	1.39763458	0.11037161
43	11.8610895	0.22439012	1.94373021	0.03797172
65	15.635708	0.47065712	1.05323057	0.03916867
34	13.4846712	0.27658	0.77621059	0.02006515
113	25.8282142	0.4733713	1.32480055	0.02382268
28	13.8374675	0.23937207	1.94048792	0.05162325
30	14.2438739	0.33593326	1.13444401	0.02666491
51	7.62265345	0.18270417	0.58750067	0.04133965
72	18.4586995	0.53204291	0.69728125	0.02531107
97	15.4294616	0.78675217	0.40454104	0.02039904
23	19.1357483	0.2083716	3.56728878	0.10188452
24	17.1543397	0.22530036	0.71505873	0.00975458
51	31.978766	0.50702452	0.90320006	0.02579407

Approx_U_PP	Approx_U_PP	Approx_Th_P	Approx_Th_P	Approx_Pb_P	Approx_Pb_PPM_2SE(int)
31.6670554	1.14814422	27.9170095	0.73568471	79.3750493	1.79379213
486.259046	7.2098146	344.451292	4.48086496	690.302968	8.97910435
163.365282	6.76310825	121.649364	6.18195145	281.913586	12.4455776
309.011621	22.3405114	176.478476	13.5608846	438.57648	29.9992998
270.350067	11.1972398	172.473108	7.51844736	395.906129	15.8090648
258.793304	9.93891214	160.348998	7.20936166	372.670263	15.8285549
184.64892	7.63223003	97.6568406	4.22977144	228.804237	8.09666872
515.358917	18.0777416	250.502745	8.71526985	486.454416	20.6743063
259.711818	10.5564671	168.097557	6.67476346	378.649691	12.7321128
487.612184	25.7554866	37.9783424	2.23318917	86.8412717	5.11351586
161.107345	5.41288204	112.512245	2.58603562	252.043301	5.31456605
195.305071	6.08463228	132.897974	4.20188499	271.923745	6.92025567
140.540398	3.5066857	115.195644	4.09372749	271.069789	9.01357843
207.723541	10.6085735	139.093155	11.387949	307.28536	23.4884131
99.3464673	6.23677539	44.0741494	0.87595392	135.164885	3.10301529
272.556738	11.4541602	161.497957	7.21925743	363.212186	14.2394392
274.207587	11.6944451	129.800376	5.67272697	274.908731	10.7364066
180.247222	3.5461759	107.28983	1.9978277	262.446406	4.98634375
383.708374	22.5936248	231.868689	16.4774746	421.870411	34.0090779
407.143601	35.7125177	198.190538	17.2401624	338.049764	32.4787261
150.075681	6.14320811	108.260089	7.58939923	261.495889	16.1436503
257.148987	10.2004983	151.290233	3.75759286	290.752693	7.21518274
193.030729	7.07041089	96.6696343	4.52196535	189.200847	9.03191594
184.716482	8.55126574	140.177193	6.0819208	260.4073	12.2804256
198.644631	9.2207099	107.246096	5.91142071	206.784402	10.4164334
183.363555	4.17961104	120.072104	3.03204037	218.704899	5.88992907
297.399127	13.5517628	204.625815	8.47610234	421.382723	18.4773974
335.575618	38.1098238	37.2369342	5.0127319	145.344187	19.0828453
205.331797	10.6636003	158.711526	8.08685416	293.735147	16.9768411
252.076674	6.47645445	211.333863	8.81458489	411.781891	13.9245866
313.146633	17.7256729	286.232879	22.9729751	473.344618	30.126663
209.616221	8.53328872	154.182147	5.06676243	265.047147	8.26356246
214.046387	2.44454816	135.379447	5.28755089	334.174641	11.0064119
147.407303	13.1587009	103.930628	11.6658972	205.84795	23.3265944
152.151182	10.4720883	117.528987	6.59624258	215.737848	14.2004757
146.754676	10.3318082	88.7508857	5.65470881	185.273269	13.5294239
230.105229	6.53895625	184.270823	7.51692537	403.372846	14.3540623
526.005531	31.9871049	335.444595	20.0241156	511.889996	25.2120973
312.259658	13.6964918	253.855871	5.77119443	369.711339	12.1340232
134.415645	11.0602888	122.609553	10.9874469	205.449477	20.6640605
129.322177	5.46816609	115.912401	4.9415737	189.898821	8.98404281
75.5199205	3.41410911	34.8562137	1.70540785	86.7773886	3.92853992
234.820782	17.2824552	240.385152	31.0135708	394.860798	31.7168265
220.453137	4.89397637	140.443407	2.98180017	262.904839	6.45312847
253.672034	16.9890814	242.634328	21.8475818	323.875516	20.2695187
183.114531	9.67930863	108.622371	5.17192119	224.882597	13.6117778
123.750047	12.1095775	122.260072	13.9288975	219.811232	22.4596176
160.929174	7.5237847	152.942323	5.2992178	186.693568	10.6207352
156.520371	12.1731391	156.017022	11.3063647	233.328555	19.4598606

156.801179	7.18682768	141.812771	7.1021377	281.195984	19.3585333
185.527451	5.21716655	125.351239	8.61837397	279.841516	16.2668359
143.174518	11.8654633	127.387435	9.57450585	171.551184	18.0313635
1131.15803	81.5387614	648.357451	47.7881089	818.510638	48.7634655
203.038349	4.14575034	186.747237	5.45376045	355.470756	17.312935
1925.67006	72.9067235	1046.1069	46.6413048	1461.83662	85.8465831
246.571992	13.5854659	144.957464	7.93518513	230.880536	14.0145063
186.95624	10.174781	130.293804	8.11760345	316.481293	20.4176324
124.881341	9.7205828	119.003153	10.7335192	197.436465	20.1052732
298.850766	31.1532098	244.186714	27.7564583	351.983595	34.121589
166.839545	13.1350136	154.836953	12.120259	241.014133	16.6885675
156.231144	12.899739	170.565693	19.6969022	403.472042	46.2532853
206.045784	15.2408738	130.681542	10.212	323.272339	23.3219971
241.065683	7.93397132	189.265846	11.7438023	202.060878	5.60316291
194.318245	4.21440312	100.113793	3.05163077	264.727083	5.71462448
164.244915	15.5096328	174.803996	22.9863908	246.914896	28.53344
320.050831	6.93175657	429.767016	13.4034601	590.0312	18.441915
1442.96357	168.407181	1102.92285	122.144225	1258.72373	164.041078
693.394063	41.3681941	355.627865	18.8792321	838.690164	57.4089027
290.496542	9.83613613	268.212703	12.1392365	488.667373	30.8056277
82.1253105	6.91770866	139.374495	9.07510134	266.635694	24.2356639
582.659568	35.111347	918.615331	75.0307958	1102.76815	48.2512396
277.115332	22.3884073	867.33786	125.36244	1077.46078	87.6393013
1355.76655	98.8527777	408.000014	36.0944054	1119.06432	87.9866267
492.376397	18.3029254	689.384608	25.311528	995.580048	34.1569585
2948.01757	125.791012	3413.14674	197.584035	3424.39605	173.622214

rho 206Pb/238U v 207Pb/235U

rho 207Pb/206Pb v 238U/2 Concordancia

0.205020794	0.47622277	101
0.593687039	0.53939789	100
0.463696654	0.39291272	100
0.725421132	0.30625324	100
0.637480136	0.35383412	100
0.418580981	0.19494822	99
0.239647256	0.29328025	99
0.78431993	0.32745784	98
0.610143486	0.27248396	98
0.808828231	0.26018275	98
0.348973664	0.48567732	98
0.452578861	0.1974993	98
0.016788438	0.23312656	98
0.671628419	0.34350951	97
0.498876785	0.47446892	97
0.638234373	0.53650716	97
0.795191952	0.25056984	97
0.397674964	0.25074997	97
0.74134957	0.41392084	96
0.663435415	0.51260492	96
0.585183176	0.49046302	96
0.677162095	0.4031142	96
0.689583464	0.45041497	95
0.615257491	0.34684465	94
0.761615002	0.14179284	94
0.692481964	0.44259641	94
0.780371049	0.52237563	93
0.627740756	0.38528757	93
0.648571575	0.36323526	93
0.64431452	0.07425053	92
0.655125152	0.39695183	92
0.523163818	0.48275779	92
0.264122526	0.44917278	92
0.574862353	0.06380802	91
0.057511288	0.64233307	91
0.59294016	0.49140089	90
0.750081418	0.54471518	90
0.666302758	0.34431197	90
0.563431415	0.24445954	89
0.044069806	0.19221333	89
0.23572016	0.33389435	89
0.222547287	0.09666826	89
0.796680368	0.44706335	88
0.49949394	0.17598833	88
0.901532781	0.1451929	88
0.618362178	0.27016387	87
0.373111442	0.16442309	86
0.40498366	0.48420378	85
0.662331929	0.40769496	85

0.044994349	0.30418757	85
-0.049313032	0.32741155	85
0.787094956	0.80766179	84
0.357139575	0.71745341	84
0.713317338	0.41185917	84
0.9508633	-0.81404056	83
0.783900866	0.32807364	83
0.471115461	-0.12767784	81
0.462128772	0.36633568	81
0.815760092	0.56220562	79
0.468730731	0.43783502	78
0.167021288	0.19237644	77
0.503240321	0.02305346	77
0.866665357	0.29084378	77
0.21429089	0.53443693	76
0.330000333	0.65885039	73
0.627387406	0.2688726	72
0.456375924	-0.28653828	64
0.644457233	0.24068027	62
0.724521404	0.75851481	58
0.10931063	0.78140939	58
0.719005682	-0.2788697	56
-0.436843749	0.95186283	55
0.537243687	0.45382746	54
0.322947167	0.72691235	51
-0.468911035	0.85213117	51

238/207

104

96**101****100****100****98****98****92****94**

93

90

86

92**91**

90

92**84****89****80****84****83**

79

76

76

70

74

71

76

72

71

68

71

71

66

67

63

64

60

63

61

61

64

58

58

57

57

56

51

51

49
55
45
39
55
42
48
50
44
39
39
45
42
33
42
32
35
18
26
24
33
20
21
18
18
11