



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG

**REVISÃO ESTRATIGRÁFICA DAS UNIDADES SUPERIORES DA
FAIXA PARAGUAI NORTE: LITOESTRATIGRAFIA,
QUIMIOESTRATIGRAFIA (C e Sr) E GEOCRONOLOGIA (U-Pb).
MATO GROSSO, BRASIL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
Nº 349

Samille Cristine dos Reis de Souza

BRASÍLIA – DF
2015



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG

**REVISÃO ESTRATIGRÁFICA DAS UNIDADES SUPERIORES DA
FAIXA PARAGUAI NORTE: LITOESTRATIGRAFIA,
QUIMIOESTRATIGRAFIA (C e Sr) E GEOCRONOLOGIA (U-Pb).
MATO GROSSO, BRASIL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
Nº 349

Samille Cristine dos Reis de Souza

Dissertação de Mestrado apresentada em 28 de julho de 2015, visando obtenção do grau de Mestre em Geologia Regional pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília.

Orientador:

Prof. Dr. Carlos José Souza de Alvarenga

Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos José Souza de Alvarenga (IG-UnB)

Prof^ª. Dr^ª. Lucieth Cruz Vieira (IG-UnB)

Dr^ª. Milene Freitas Figueiredo (Petrobrás)

BRASÍLIA – DF
2015

*À Papai e Mamãe...
da Terra e do Astral.*

AGRADECIMENTOS

“Assim como quem esteve no
Sol não precisa dizê-lo
não quero expressar meus
agradecimentos com palavras
na verdade, espero tê-los
demonstrado na convivência
que tive com todos.”

Gratidão...

Deus e Santa Maria.

Meus pais, Marlos e Odinea Souza, pelo apoio e amor incondicional.

Guilherme Vilela, meu marido, pelo companheirismo e incentivo diário.

Universidade de Brasília - UnB.

Instituto de Geociências - IG.

PETROBRÁS.

CAPES.

Prof. Dr. Carlos José de Souza Alvarenga, querido orientador, pela oportunidade, paciência e dom de ensinar.

Prof. Dr. Carlos Jorge de Abreu, pela valiosa contribuição.

Prof^{as}. Dr^{as}. Edi Mendes Guimaraes e Lucieth Cruz Vieira pela essencial ajuda durante a preparação das amostras.

Prof. Dr. Nilson Francisquini Botelho pelo apoio no uso da microsonda.

Túlio Gabriel e Mendes pela parceria durante a etapa de campo.

Alice Maria Falchetto e Maristela Menezes Araújo por tudo.

Luis Bonfim, Mariana Guimarães e Barbara Duarte pela aventura amazônica no cerrado.

Professores e colegas que tive a honra e oportunidade de conviver e receber auxílio nestes pouco mais de dois anos.

"Portadores dos registos da Terra,
Tereis a bondade de explicar
A história que nos deu à luz,
A verdade que só vós comportais?
Como as vossas primas dos mares,
As conchas que nos permitem ouvir
Os sagrados murmúrios são a chave
Da história que nos é cara.
Povos de Pedra, queremos ouvir-vos.
Ensinai-nos os antigos meios
Para que possamos construir um futuro
Baseado na oração e no louvor."

RESUMO

A Faixa Paraguai contém registros dos eventos glaciais globais Neoproterozóicos, incluindo sedimentação que avançou até o limite Neoproterozóico-Cambriano Inferior. Os depósitos superiores da Faixa Paraguai dispõem numerosos dados geológicos que apresentam diversas interpretações e controvérsias quanto sua evolução. Na tentativa de melhor posicionar estes depósitos no contexto evolutivo, realizou-se revisão estratigráfica considerando a literatura disponível, levantamento litoestratigráfico, quimioestratigrafia isotópica (C e Sr) e geocronologia (U-Pb). Na região estudada, segmento E-W da Faixa Paraguai, arredores de Planalto da Serra-MT, afloram pelitos carbonáticos/calcários estromatolíticos da Formação Pacu, unidade recém-incluída ao topo do Grupo Araras; seguido dos diamictitos-ritmitos depositados sobre limite bem marcado da base da Formação Serra Azul, a qual é limitada acima por contato brusco definido pelos arenitos-pelitos da Formação Raizama, seguido bruscamente de arcóseos-pelitos da Formação Diamantino, Grupo Alto Paraguai. A sucessão estromatolítica da Formação Pacu apresenta valores $\delta^{13}\text{C}$ de +6.5‰ (base) a +8.9‰ (topo) e razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0.7087–0.7088. Os valores $\delta^{13}\text{C}$ são bem distintos daqueles já definidos para o restante do Grupo Araras. As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da Formação Pacu, quando plotadas na curva global marinha, referem-se a valores compatíveis com o final do Ediacarano, apesar dessa formação estar estratigraficamente abaixo da Formação Serra Azul, considerada correlata à Glaciação Gaskiers (582 Ma). Idades U-Pb obtidas em grãos de zircão detrítico mostram mudanças de áreas fontes entre as rochas da Formação Diamantino e as demais unidades do Grupo Alto Paraguai.

Palavras-chave: Neoproterozóico. Glaciações Neoproterozóicas. Ediacarano. Isótopos de C. Isótopos de Sr. Idades de zircões detríticos.

ABSTRACT

The Paraguay Belt contains records of global Neoproterozoic glacial events, including sedimentation that lasted the Neoproterozoic-Cambrian Lower limit. The upper deposits of Paraguay Belt have many geological data that present different interpretations and controversies about their evolution. In an attempt to better position these deposits in the evolutionary context, a stratigraphic review was realized considering available literature, lithostratigraphy, isotopic Chemostratigraphy (C and Sr) and geochronology (U-Pb). In the region studied, EW segment of the Paraguay Belt, surrounding Planalto da Serra-MT outcrop carbonatic mudstone/stromatolitic limestone of Pacu Formation, a new unit added on the top of Araras Group; followed by diamictites-rhythmites deposited on well marked limits at the base of Serra Azul Formation, which is bounded above by sharp contact defined by sandstones-pelites of the Raizama Formation, followed sharply from arkoses-pelites Diamantino Formation, Alto Paraguay Group. The stromatolitic succession of Pacu Formation show $\delta^{13}\text{C}$ values from +6.5‰ (base) to +8.9‰ (top) and ratios $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ between 0.7087 and 0.7088. The $\delta^{13}\text{C}$ values are very different from those already defined for the rest of the Araras Group. The Pacu Formation $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ rates, when plotted on marine global curve, refer to values compatible with the end of the Ediacaran, despite this formation be stratigraphically below the Serra Azul Formation, considered related Gaskiers Glaciation of (582 Ma). U-Pb ages of detrital zircon grain show changes in source areas between the rocks of Diamantino Formation and the remaining units of the Upper Paraguay Group.

Key-words: Paraguay Belt. Neoproterozoic. Neoproterozoic Glaciations. Ediacaran. C isotopes. Sr isotopes. Age of detritic zircon.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1:** Mapa de localização e vias de acesso a área de estudo (Adaptado a partir do Mapa Político do Estado do Mato Grosso; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; IBGE; Edição 2009). 7
- Figura 2.1:** Mapa geológico da Faixa Paraguai, situada à margem sudeste do Cráton Amazônico e leste do Bloco do Rio Apa, porção central da América do Sul (modificado de Schobbenhaus *et al.*, 1981; Litherland *et al.*, 1986; Boggiani, 1998). 9
- Figura 3.1:** **A)** Localização regional da Faixa Paraguai, inserida no contexto da Placa Sul-Americana, com destaque para localização da área de estudo (em vermelho – adaptado a partir de Figueiredo *et al.*, 2008). **B)** Mapa geológico que mostra a distribuição das unidades estratigráficas Neoproterozóicas na porção centro-norte da Faixa Paraguai Norte e localização das seções estudadas (Adaptado a partir das Folhas SD 21-Z-B-V-Brasilândia e SD 21-Z-B-IV-Caiana, Escala 1:100.000; Souza *et al.*; CPRM, 2012)..... 17
- Figura 3.2:** Imagem de satélite do Sinclinal Serra Azul (Faixa Paraguai Norte) com a localização das seções estudadas nas regiões de Planalto da Serra e “Sete Placas”, estado do Mato Grosso (Zona UTM21; *Image Landsat*, Google 2014). 18
- Figura 3.3:** Representação das seções estratigráficas estudadas na Faixa Paraguai Norte (Seção 1, 2 e 3; ver Figura 3.1). Seções estratigráficas representativas da Formação Pacu (Base da Seção 3) e Grupo Alto Paraguai (Seção 1, 2 e 3) mapeadas na região de Planalto da Serra - MT. 20
- Figura 3.4:** Imagem de satélite da Região de Planalto da Serra, estado do Mato Grosso; com localização dos pontos descritos na Seção 1 e esboço do limite espacial das formações que compõem o Grupo Alto Paraguai (Formações Serra Azul, Raizama e Diamantino) e topo do Grupo Araras (Formação Pacu – Zona UTM21; *Cnes/Spot Image*, Google 2014)..... 21
- Figura 3.5:** Formação Pacu (Grupo Araras). **A)** Afloramento pertencente à *Facies Argilosa* (base), composto por Laminito (*Facies Lm*). Nível argiloso, avermelhado, intemperizado; nível escuro, carbonático **B)** Afloramento pertencente à *Facies Carbonática* (topo), representado por Calcário estromatolítico colunar (*Facies Lc*). 23
- Figura 3.6:** Formação Pacu, *Facies Argilosa*. **A)** Detalhe da *Facies Lm*. Laminito, granulação muito fina (lama carbonática) formada pela recorrência de laminações delgadas. As laminações tendem a ser planoparalelas, com superfície lisa. Lâminas escuras mais pelíticas, lâminas claras mais carbonáticas. **B)** Detalhe da *Facies Fl*. Argilito carbonático, granulação

fina, laminado, silicificado (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 2,5X)..... 24

Figura 3.7: Formação Pacu, *Facies Carbonática*. **A - B)** Seções panorâmicas de lâminas delgadas do Calcário estromatolítico colunar (*Facies Ls*). É observável os níveis de crescimento dos microrganismos que geraram a laminação estromatolítica. Porção esquerda da Figura A e direita da Figura B é observável lâminações côncavas para baixo, alternando micrita (lâmina escura) e esparita (lâmina clara). Intraclastos, pelóides carbonáticos e oóides encontram-se dispersos nos espaços entre as colunas de estromatólitos. Os veios/vênulas são preenchidos por material calcítico/quartzoso. (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 2,5X). 25

Figura 3.8: Formação Pacu, *Facies Carbonática*. Detalhe da *Facies Ls*. **A)** Em destaque, oólito com estrutura fibro radiada e grão de quartzo (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). **B)** Intraclastos, pelóides carbonáticos e oóides dispersos nos espaços entre as colunas de estromatólitos cimentadas por calcita (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). 26

Figura 3.9: Formação Serra Azul, Unidade A: Diamictito. **A)** Diamictito maciço (*Facies Dm*) com fragmentos de rocha de composição variada e tamanho de até ~1 cm. **B)** Diamictito maciço (*Facies Dm*) com grande clasto de quartzito com tamanho de ~7 cm. **C)** Área arrasada, domínio da ‘Unidade A’, com ocorrência de grandes blocos de granito que resistiram ao processo erosivo atuante nos diamictitos. **D)** Aspecto mesoscópico deste granito, composto essencialmente por cristais de quartzo e feldspatos..... 28

Figura 3.10: Unidade A: Diamictito. Diamictito maciço (*Facies Dm*). **A e B)** Paraconglomerado intraformacional com matriz silto-argilosa (Fotomicrografia sob nicóis paralelos e cruzados, respectivamente; óptica 10X). Qtz – quartzo; Ms – muscovita; Frx – fragmento de rocha. 29

Figura 3.11: Formação Serra Azul, porção intermediária da Unidade B. **A)** Seção panorâmica (Seção 1, ponto PS 40; ver Figura 3.3) formada por intercalações rítmicas de pelito finamente laminado e arenito maciço (*Facies Fl-Sm*), com destaque para as camadas de arenito/conglomerado ferruginoso (*Facies Sp-Gm*). É possível perceber a repetição dos ciclos (base à esquerda). **B)** Seção panorâmica (Seção 2, ponto PS 69; ver figura 3.3) lateralmente correlacionável a seção panorâmica da Figura 3.11-A. Os ciclos rítmicos são similares à seção do ponto PS 40 (base à direita), com as mesmas ocorrências de camadas de arenito/conglomerado ferruginoso (*Facies Sp-Gm*). 31

Figura 3.12: Formação Serra Azul, porção intermediária da Unidade B. **A)** Intercalação rítmica entre pelito finamente laminado e arenito maciço (*Facies Fl-Sm*). Atentar ao detalhe (setas) do arenito com superfície ondulada/retrabalhada por onda intercalado ao pelito. **B)** Detalhe, arenito ferruginoso (cimentado por óxido de Fe) com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo (*Facies Sp*). Figuras A e B são representativas da Seção 1, ponto PS 40 (ver Figura 3.3 e 3.11-A). **C)** Detalhe, nível conglomerático (*Facies Gm*) ferruginoso (cimentado por óxido de Fe) que ocorre associado à porção basal da *Facies Sp*. **C)** Detalhe, arenito

ferruginoso (cimentado por óxido de Fe) com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo (*Facies Sp*). Figuras B e C são representativas da Seção 2, ponto PS 69 (ver Figura 3.3 e 3.11-B). 32

Figura 3.13: Unidade B: Sucessão Siltito – Pelito/Arenito. Arenito com estratificação tabular (*Facies Sp*). **A)** Fotomicrografia do arenito ferrificado (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 5X). **B e C)** Compõe-se principalmente por grãos de quartzo e ocorrência de quartzo policristalino e biotita cloritizada, cimentadas por óxido de ferro (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). **D)** Imagem de varredura eletrônica; seta – indica Ba com borda de alteração por óxido de Fe hematítico. Ba – Barita; Mn – Monazita; Im – Ilmenita; Bt – Biotita; Zr – Zircão. 34

Figura 3.14: **A)** Seção panorâmica que registra contato brusco descrito entre o topo da Formação Serra Azul e base da Formação Raizama (Ciclo A), na região de Planalto da Serra-MT (Ponto PS 43, ver Figura 3.3 e 3.4). **B)** Contato brusco que limita o topo da Formação Serra Azul e o aparecimento do primeiro grande banco de arenito grosso, muito silicificado (Ciclo A), que sustenta a base da Formação Raizama. **C)** Detalhe deste contato..... 36

Figura 3.15: Formação Raizama; Ciclo A. **A)** Arenito maciço (*Facies Sm*), granulometria fina. **B)** Siltito finamente laminado (*Facies Fl*), com finas lâminas ferrificadas. **C)** Banco de arenito com estratificação cruzada tabular e/ou laminação plano-paralela truncadas por estruturas de ondas (*Facies Sp*), com ocorrência de finas lâminas de argila/silte. **D)** Conglomerado maciço (*Facies Gm*), com clastos de argila..... 37

Figura 3.16: Formação Raizama; Ciclo B. **A)** Seção panorâmica que demonstra os ciclos internos compostos por sucessões rítmicas (*Facies Fl – Sm*) limitadas por grandes bancos de arenito com estratificação plano-paralela (*Facies Sp*) destacados pelas linhas tracejadas em vermelho (base à direita). **B)** Detalhe das sucessões rítmicas centimétricas (3 - 7 cm) de siltito laminado (*Facies Fl*) intercalado com finas lâminas de arenito maciço (*Facies Sm*). **C)** Detalhe do contato entre estas sucessões rítmicas e banco arenoso composto por arenito com estratificação/laminação plano-paralela (*Facies Sp*), grosso/muito grosso..... 40

Figura 3.17: Formação Raizama; Ciclo C. Seção panorâmica que demonstra banco de arenito maciço que marca o topo do Ciclo C (cerca de 18 m de espessura – *Facies Sm*), quartzo-felspático, médio-grosso, bem silicificado, fraturado (PS 59; ver Figura 3.3 e 3.4)..... 41

Figura 3.18: Formação Raizama; Ciclo D. Seção panorâmica que demonstra os ciclos rítmicos internos do ‘Ciclo D’, bastante intemperizado, formados por intercalações de siltito laminado (*Facies Fl*) com arenito maciço (*Facies Sm* – PS 77; ver Figura 3.3 e 3.4)..... 42

Figura 3.19: Formação Raizama. Arenito maciço (*Facies Sm*). **A)** Fotomicrografia do arenito maciço sob nicóis cruzados (óptica 5X). Setas indicam ocorrência de porosidade. **B)** Compõe-

se principalmente por quartzo e feldspatos detríticos cimentados por sílica (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). **D)** Ocorrência de zircão detrítico e mimerquita. (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). **D)** Ocorrência de mica (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). Qz – Quartzo; Qzp – Quartzo policristalino; Fld – Feldspato indiferenciado; K-F – Feldspato potássico; Plg – Plagioclásio; Ms – Muscovita; Zr – Zircão..... 43

Figura 3.20: Formação Diamantino. Área arrasada de relevo pouco acentuado que marca a Formação Diamantino na região de Planalto da Serra-MT. 44

Figura 3.21: Imagem de satélite da região de “Sete Placas”; onde foram estudadas as Seções 4 (perfil A-B) e 5. O esboço marca o limite entre a Cobertura Cretácea, Formação Raizama e a Formação Diamantino. Abaixo, seção transversal esquemática da Seção 4 (perfil A-B), com espessura estimada das Formações Raizama e Diamantino (Zona UTM21; *Imagem Digital Globe – Cnes/Spot Image, Google 2014*). 46

Figura 3.22: Imagem de satélite da região de “Sete Placas”. Detalhe da Seção 5 (ver Figura 3.1, 3.2 e 3.21) com a localização dos pontos descritos. O esboço marca o limite entre a Cobertura Cretácea, Formação Raizama e a Formação Diamantino. Na Formação Raizama os bancos de arenito que limitam os grandes ciclos sedimentares são bem nítidos e encontram-se destacados pelas linhas tracejadas (Zona UTM21; *Imagem Digital Globe – Cnes/Spot Image, Google 2014*). 47

Figura 3.23: Formação Raizama, Seção 4. **A)** Camadas de arenito com estratificação cruzada acanalada com estrutura de onda ao topo (*Facies St*). **B)** Camadas de arenito com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo (*Facies Sp*). **C)** Base formada por camada de arenito com estrutura de onda (*Facies Sr*), intercalado a um ciclo rítmico de pelito maciço (*Facies Fm*) com arenito maciço (*Facies Sm*), de granulometria fina, encerrado ao topo por arenito com estratificação cruzada *hummocky* (*Facies Sh*). 48

Figura 3.24: Formação Raizama, Seção 5. **A)** Banco de arenito com estratificação cruzada incipiente (*Facies Sp*), conglomerático na base dos *sets*. **B)** Detalhe da *Facies Sp*, com ocorrência de seixos e grânulos. **C)** Intercalações rítmicas (~ 0,5 m) de pelito laminado (*Facies Fl*) com arenito maciço (*Facies Sm*). **D)** Detalhe destas intercalações rítmicas (*Facies Fl/Sm*). 51

Figura 3.25: Formação Diamantino, Seção 4. **A)** Ciclo formado por siltito finamente laminado (*Facies Fl*) e arenito com estratificação cruzada (*Facies Sp*), com placas de mica marcando o plano de estratificação. **B)** Afloramento em forma de lajedo, constituído de arenito com ocasionais lentes de argilito, onde há marcas de ondas simétricas (*Facies Sr*). **C)** Paredão com camadas sub-horizontais de arenito maciço (*Facies Sm*) intercalado a lâminas centimétricas de argilito maciço esverdeado (*Facies Fm*). **D)** Sucessão com níveis esverdeados, ricos em mica, de espessura centimétrica e contínuos lateralmente, intercalados às camadas de argilito-arenito (*Facies Fm – Sm*)..... 52

Figura 4.1: Curvas quimioestratigráficas de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ e razões isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para a *Facies Carbonática* da Formação Pacu, Grupo Araras, região de Planalto da Serra (ver Figura 3.2 – Seção 3). 55

Figura 5.1: Gráficos de probabilidade relativa para análise U-Pb em zircão detrítico nas amostras do Grupo Alto Paraguai: PS 22, PS 07, PS 08A, PS 40C (Formação Serra Azul); PS 11 e PS 30 (Formação Raizama); PS 10 (Formação Diamantino). Sombreamento em azul representa todos os grãos analisados. Linha vermelha apresenta a probabilidade de ocorrência dos principais agrupamentos de idade. Nos histogramas, foram consideradas as idades concordantes entre 90 e 110%. 58

Figura 5.2: Probabilidade das idades relativas U-Pb obtidas em zircões detríticos das amostras coletadas nas formações Serra Azul, Raizama e Diamantino, Grupo Alto Paraguai..... 59

Figura 6.1: Curva marinha de razões isotópicas de Sr para o Neoproterozóico e Cambriano (Adaptado de Halverson *et al.*, 2007, 2010). Os calcários da Formação Pacu, estão estratigráficamente abaixo da Formação Serra Azul, e a plotagem das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dessa formação levou em consideração que os diamictitos da Formação Serra Azul sejam correlatos à Glaciação Gaskiers. 62

Figura 6.2: A) Mapa com a localização da Faixa Paraguai dentro do contexto da Placa Sul-Americana e área de estudo (área em vermelho – adaptado a partir de Figueiredo *et al.*, 2008). B) Mapa simplificado do SW do Cráton Amazônico, Faixas Paraguai e Brasília indicando as potenciais áreas fontes para os depósitos superiores da Faixa Paraguai Norte (Grupo Alto Paraguai). Os sedimentos das Formações Serra Azul e Raizama são provenientes principalmente de NNW e para a Formação Diamantino são provenientes principalmente de ESE, como indicado pelas faixas cinzas. Cráton Amazônico (Tassinari & Macambira, 1999, 2004). Cráton São Francisco – cobertura sedimentar (Babinski & Kaufman, 2003). Faixa Brasília – margem passiva (Coelho *et al.*, 2008); Sequência *Rift, Greenstons Belts*, Faixa de dobras e empurrões (Pimentel *et al.*, 1991; 1998; 2000); Complexo Anápolis-Itaçu (Giustina, 2010). Maciço de Goiás – Grupo Serra da Mesa (Pimentel *et al.*, 1991; Pimentel & Fuck, 1992); Complexo máfico-ultramáfico (Nilson *et al.*, 1997); Granito-*Greenstones* (Pimentel & Fuck, 1994; Nilson *et al.*, 1997). Arco magmático Juvenile – Vulcano-sedimentar (Viana *et al.*, 1995); Ortognaisses (Pimentel *et al.*, 1997). Faixa Araguaia – Supracrustais (Moura *et al.*, 2008); Embasamento síalico (Pimentel *et al.*, 2000). Faixa Paraguai – Grupo Cuiabá, Formação Puga, Grupo Araras, Grupo Alto Paraguai (Cordani *et al.*, 1978, 1985; Bonhomme *et al.*, 1982; Nogueira, 2003; Nogueira *et al.*, 2003; Babinski *et al.*, 2006, 2007; Figueiredo, 2006; Dantas *et al.*, 2009; Bandeira *et al.*, 2012; McGee *et al.*, 2015a,b; este trabalho). 69

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Isótopos de C, O, Sr e geoquímica elementar dos calcários da Formação Pacu.....	54
--	----

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
EPÍGRAFE	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 HISTÓRICO GEOLÓGICO	1
1.3 OBJETIVO	3
1.4 MÉTODOS	3
1.4.1 Análise sedimentológica e estratigráfica	3
1.4.2 Medidas de radiação Gama	4
1.4.3 Petrografia	4
1.4.4 Microsonda	4
1.4.5 Geoquímica	5
1.4.6 Análise isotópica de C, O e Sr	5
1.4.6.1 Isótopos Estáveis: C e O	5
1.4.6.2 Isótopos Radiogênicos: Sr	5
1.4.7 U-Pb em zircões detríticos via LA-MC-ICP-MS	6
1.4.8 Integração dos dados	6
1.5 ÁREA DE ESTUDO	6
1.5.1 Localização	6
2 GEOLOGIA REGIONAL	8
2.1 ESTRATIGRAFIA	8
2.2 GRUPO ARARAS: Unidade Superior	11
2.2.1 Formação Pacu	12

2.3	GRUPO ALTO PARAGUAI	12
2.3.1	Formação Serra Azul	12
2.3.2	Formação Raizama	13
2.3.3	Formação Sepotuba	13
2.3.4	Formação Diamantino	13
2.4	HISTÓRICO GEOCRONOLÓGICO	14
3	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	16
3.1	REGIÃO DE PLANALTO DA SERRA	19
3.1.1	Grupo Araras: Unidade Superior	22
3.1.1.1	Formação Pacu	22
3.1.2	Grupo Alto Paraguai	27
3.1.2.1	Formação Serra Azul	27
3.1.2.1.1	Unidade A: Diamictito	27
3.1.2.1.2	Unidade B: Sucessão Siltito – Pelito/Arenito	30
3.1.2.2	Formação Raizama	35
3.1.2.2.1	Ciclo A	35
3.1.2.2.2	Ciclo B	38
3.1.2.2.3	Ciclo C	38
3.1.2.2.4	Ciclo D	38
3.1.2.3	Formação Diamantino	44
3.2	REGIÃO DE “SETE PLACAS”	44
3.2.1	Grupo Alto Paraguai	44
3.2.1.1	Formação Raizama	44
3.2.1.2	Formação Diamantino	49
4	QUIMIOESTRATIGRAFIA	53
5	GEOCROLOGIA	56
5.1	RESULTADOS	56
6	DISCUSSÃO	60
6.1	GRUPO ARARAS: Unidade Superior	60
6.1.1	Formação Pacu	60
6.2	GRUPO ALTO PARAGUAI	63
6.2.1	Formação Serra Azul	63
6.2.2	Formação Raizama	64
6.2.3	Formação Diamantino	66

6.3 MODELOTECTÔNICO E CONTEXTO EVOLUTIVO DA FAIXA PARAGUAI NORTE	67
7 CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS	72
ANEXOS	84

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A Faixa de Dobramentos Paraguai (Faixa Paraguai), localizada na região central da América do Sul, exhibe conjunto de rochas sedimentares dobradas/metamorfizadas inseridas no contexto tectônico da borda sudeste do Cráton Amazônico e porção oriental do Bloco do Rio Apa (Almeida, 1964a-b). Estas rochas representam uma sucessão de margem passiva invertida para bacia *foreland*, que contém registros dos eventos glaciais globais Neoproterozóicos, incluindo sedimentação que avançou até o limite Neoproterozóico-Cambriano Inferior (Nogueira *et al.*, 2003, 2007; Figueiredo *et al.*, 2004, 2008; Alvarenga *et al.*, 2007, 2008; Dantas *et al.*, 2009; McGee *et al.*, 2015a,b). Dados geológicos publicados a respeito dessas rochas apresentam a complexidade dos processos que ocorreram neste período, originando diversas interpretações e controvérsias quanto sua evolução. Dessa forma, a revisão estratigráfica associada ao levantamento litoestratigráfico, quimioestratigrafia com base em isótopos de C e Sr e, datação U-Pb em zircões detríticos via *laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry* (LA-MC-ICP-MS), demonstram ser ferramentas importantes para correlações em escala regional e global, contribuindo assim para uma melhor contextualização das discussões e apresentação do panorama geológico/estratigráfico das rochas da Faixa Paraguai Norte.

1.2 HISTÓRICO GEOLÓGICO

A Faixa Paraguai foi individualizada pioneiramente por Evans (1894). Almeida (1964a-b, 1965a-b) lançou as primeiras sínteses referentes à estratigrafia e a evolução geotectônica de suas rochas. Trabalhos de mapeamento geológico sistemático realizado pelo DNPM e CPRM (Figueiredo & Olivatti, 1974; Ribeiro Filho & Figueiredo, 1974; Ribeiro Filho *et al.*, 1975; Nogueira & Oliveira, 1978; Luz *et al.*, 1978, 1980; Corrêa *et al.*, 1979), derivaram em uma importante base de dados que originaram sinopses estratigráficas e mapas geológicos regionais na escala 1:1.000.000 (Oliva *et al.*, 1979; Schobbenhaus Filho & Oliva, 1979; Schobbenhaus Filho & Soares, 1979; Araújo *et al.*, 1982; Barros *et al.*, 1982; Del'Arco *et al.*, 1982), tendo em vista que a maior parte destes trabalhos descreve apenas a geologia de

porções isoladas da Faixa Paraguai. Almeida (1984) propôs uma síntese estratigráfica e tectônica que envolveria toda sua extensão. Dentre estas publicações havia questões quanto as diferentes propostas estratigráficas que, segundo Alvarenga (1984), se deram principalmente em relação aos limites entre as zonas estruturais da Faixa Paraguai. Desta forma, novas interpretações estratigráficas e estruturais foram propostas: Zona Interna, Zona Externa e Coberturas Sedimentares de Plataforma, as quais conteriam as rochas do Grupo Cuiabá e das formações Puga, Bauxi, Araras, Raizama e Diamantino (Alvarenga, 1988; Alvarenga & Trompete, 1992).

Outros trabalhos dispõem dados quimioestratigráficos das sucessões carbonáticas dos grupos Corumbá e Araras (Boggiani *et al.*, 2003; Gaucher *et al.*, 2003; Nogueira *et al.*, 2003, 2007; Pinho *et al.*, 2003; Alvarenga *et al.*, 2004, 2008; Font *et al.*, 2006; Riccomini *et al.*, 2007). A partir destes trabalhos, análises estratigráficas, sedimentológicas e isotópicas realizadas no Grupo Araras na região de Mirassol d'Oeste, confirmaram a identificação de uma capa carbonática na margem sudeste do Cráton Amazônico. Esta capa carbonática foi interpretada como tendo sido depositada em plataforma profunda e as características de deformação *soft* em sua base é uma forte evidência de que a deposição dos dolomitos ocorreu imediatamente após a Glaciação Marinoana, a qual deu origem aos diamictitos da Formação Puga (Nogueira *et al.*, 2003; Alvarenga *et al.*, 2004, 2008).

Ainda no contexto dos eventos glaciais, também foram encontrados na Faixa Paraguai Norte diamictitos sobrepostos aos calcários de topo do Grupo Araras e recobertos por arenitos da base da Formação Raizama (Figueiredo *et al.*, 2004). Este nível de diamictito encontra-se associado com siltitos-arenitos que ocorrem em afloramentos descontínuos, e são considerados produtos pós Glaciação Marinoana, sugerindo uma glaciação mais jovem possivelmente correlata a Glaciação Gaskiers (582 Ma – Figueiredo *et al.* 2004; Figueiredo, 2006; Alvarenga *et al.*, 2007). Estes depósitos foram elevados ao *status* de Formação Serra Azul e hoje encontram-se inseridos na base do Grupo Alto Paraguai (Figueiredo *et al.*, 2008).

Recentemente, durante a execução do projeto “Planalto da Serra”, a CPRM mapeou uma nova unidade denominada Formação Pacu, composta por dois membros, o inferior pelítico, conhecido como *Facies* Argilosa, e um superior, carbonático/estromatolítico, conhecido como *Facies* Carbonática, posicionada ao topo do Grupo Araras (Souza *et al.*, 2012).

1.3 OBJETIVO

Esta dissertação tem por objetivo ampliar o conhecimento geológico da transição Neoproterozóico-Cambriano Inferior da Faixa Paraguai Norte através do estudo litoestratigráfico, quimioestratigráfico e geocronológico desse intervalo, de forma a quantificar as sucessões e definir com mais detalhe o posicionamento destas ao longo do tempo geológico, tendo em vista a problemática da Glaciação Gaskiers (582 Ma).

Os objetivos específicos englobam:

- a) Levantamento medido de seções estratigráficas em campo, visando o detalhamento das *facies* sedimentares entre a Formação Pacu (Grupo Araras) e a Formação Diamantino (Grupo Alto Paraguai), utilizando os métodos clássicos de análise faciológica e estratigráfica que serviram de base para a caracterização paleoambiental;
- b) Definir uma curva quimioestratigráfica para os carbonatos da Formação Pacu, com o objetivo de comparar as curvas isotópicas existentes para o grupo Araras;
- c) Integração dos dados geocronológicos existentes (Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, etc.) e discutir as idades U-Pb em zircões detríticos dentro do contexto da evolução tectono-sedimentar, com o objetivo de estabelecer o estágio de conhecimento sobre o assunto;
- d) Posicionar os depósitos estudados dentro do contexto de evolução da passagem Neoproterozóico-Cambriano Inferior.

1.4 MÉTODOS

1.4.1 Análise sedimentológica e estratigráfica

Durante o desenvolvimento do trabalho foram utilizados os conceitos de análise de *facies* e estratigrafia de seqüências (Walker, 1976; 1984; Eyles *et al.*, 1985; Tucker & Wright, 1990; Walker & James, 1992; Tucker, 2003; Catuneanu, 2006; Nichols, 2009; Plint, 2010).

A metodologia de campo empregada considera os seguintes aspectos:

- a) Individualização e definição de *facies*, registrando suas características sedimentológicas, tais como: estruturas sedimentares, textura, mineralogia, padrão de paleocorrentes, traços fósseis, etc. A coleta sistemática de amostras obedeceu à individualização faciológica;
- b) Mapeamento vertical e lateral de *facies* e associações de *facies* deposicionais utilizando perfis estratigráficos, seções esquemáticas e panorâmicas;

- c) Mapeamento e/ou correlação de superfícies chaves (*i.e.* superfícies de descontinuidades), que permitiram delimitar as unidades deposicionais posicionando-as dentro do contexto evolutivo e;
- d) A análise destas características permitiu a interpretação dos processos sedimentares, e as relações espaciais de *facies* e associação de *facies* serviram de base para a caracterização paleoambiental, paleoclimática e tectônica.

1.4.2 Medidas de radiação Gama

A quantificação da radiação Gama foi feita *in situ* nas rochas intermediárias da Unidade B da Formação Serra Azul (Grupo Alto Paraguai), utilizando um espectrômetro diferencial portátil de Raios Gama que quantifica os elementos radioativos como o K, U e Th. Com o equipamento a cerca de 1 m do chão foram feitas as contagens totais por segundo (cps), com tempo de medida de 120 segundos, registrando-se a data e hora de medição.

1.4.3 Petrografia

Apenas as amostras coletadas durante os levantamentos de campo nos arredores de Planalto da Serra foram selecionadas para análises texturais e composicionais por meio de microscopia óptica (seções polidas) no Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, efetuando-se os seguintes estudos: a) identificação de estruturas, distribuição granulométrica, grau de arredondamento e esfericidade; b) classificação de pelitos e arenitos segundo Folk (1974); c) determinação do cimento nos arenitos; d) distinção dos tipos de carbonatos segundo Tucker & Wright (1990) e, e) interpretação de diamictitos segundo Eyles *et al.* (1985).

1.4.4 Microsonda

A análise química pontual de minerais em microsonda, baseada no espectro de raios-X emitidos pela amostra sob impacto de feixe de elétrons, foi realizada na amostra 40-C da Formação Serra Azul (Grupo Alto Paraguai), no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. O equipamento usado é uma sonda eletrônica JEOL, modelo Superprobe JXA-8230, e as condições de operação foram 15 kV de voltagem de aceleração e 10 μ A de corrente, com tempo de contagem entre 10 e 50 segundos e o diâmetro do feixe entre 2 e 5 μ m. Os padrões dos elementos empregados foram: albita (Na), forsterita (Mg), microclínio (Al e K), topázio (F), andradita (Ca e Si), Fe₂O₃ (Fe),

vanadinita (V e Cl), TiMnO_3 (Ti e Mn) e espinélio (Cr). O cálculo das fórmulas estruturais dos minerais foi realizado com planilhas do programa EXCEL.

1.4.5 Geoquímica

Determinações químicas feitas por fluorescência de Raio X, tiveram a sua preparação em pastilha fundidas, com determinações de perda ao fogo. As leituras foram feitas em espectrômetro de Fluorescência de Raio X RIGAKU no Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília.

1.4.6 Análise isotópica de C, O e Sr

A amostragem para o estudo das assinaturas isotópicas de carbono (C), oxigênio (O) e estrôncio (Sr) foram feitas nas mesmas amostras de calcários estromatolíticos da Formação Pacu (Grupo Araras), coletadas com espaçamento de 3 m. Foram selecionadas apenas amostras homogêneas e sem venulações. Para evitar contaminação, as amostras foram pulverizadas em moinho de bolas no Laboratório de Raio-X do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília.

1.4.6.1 Isótopos Estáveis: C e O

Isótopos de C e O foram obtidos em espectrômetro de massa *Delta V Advantage* conectado a *Gas Bench II* no Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. O erro analítico para as medidas dos isótopos de carbono é de 0,05‰ e para os isótopos de oxigênio é de $\pm 0,10\%$. Todos os valores de isótopos de C e O são expressos na notação por mil (‰) relativa ao padrão PDB (*Pee Dee Belemnites*).

1.4.6.2 Isótopos Radiogênicos: Sr

Para a análise de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, 50 mg de amostras em pó foram pesadas em *beakers* de teflon e diluídos em ácido acético (0,5 N) para dissolver apenas a fração carbonática e evitar a lixiviação de Sr e Rb radiogênicos dos constituintes não carbonatados das amostras. As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ foram medidas usando um espectômetro MC-ICP-MS *Neptune Thermo* no Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. As incertezas nas análises individuais foram de ± 1 (2SE).

1.4.7 U-Pb em zircões detríticos via LA-MC-ICP-MS

Amostras extraídas das formações Serra Azul, Raizama e Diamantino (Grupo Alto Paraguai) foram inicialmente trituradas na moagem, desfragmentadas em *SELFRAG*, separando-se as frações mais finas por peneiramento seguido de individualização magnética no Separador Eletromagnético Frantz. A separação e concentração dos minerais pesados foram feitas com auxílio de líquido denso, sendo os grãos de zircão detríticos selecionados sob lupa binocular. Os grãos de zircão detríticos selecionados foram dispostos em *mounts* de epóxi, metalizados, imageados por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e suas idades determinadas pelo método U-Pb via *laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry* (LA-MC-ICP-MS) no Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geologia da Universidade de Brasília. Seguindo os procedimentos analíticos descritos por Bühn *et al.* (2009), as idades foram calculadas em função de padrões internacionais para zircão, G-1 (Jackson *et al.*, 2004) e 91500 (Wiedenbeck *et al.*, 1995), usados como amostras padrões para balanço de massa e correção de desvios. As incertezas nos cálculos e teores derivados da medição em LA-MC-ICP-MS são da ordem de $\pm 0,5\%$ (1σ). Isótopos radiogênicos de Pb foram corrigidos para valores originais de isótopos radiogênicos segundo o modelo para a idade aproximada da amostra de Stacey & Kramers (1975). As razões $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ e $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ das amostras analisadas foram corrigidas e lançadas em gráficos de probabilidade relativa usando o programa ISOPLOT 3.0 (Ludwing, 2003), adotando-se grau de concordância no intervalo de 90-110%.

1.4.7 Integração dos dados

A interpretação dos dados e aplicação destes no contexto de evolução tectono-sedimentar da Faixa Paraguai Norte será apresentada ao decorrer desta dissertação.

1.5 ÁREA DE ESTUDO

1.5.1 Localização

A área de estudo está localizada na porção central da Placa Sul-Americana, Centro-Sul do Estado do Mato Grosso, nos arredores da cidade de Planalto da Serra, distante cerca de 259 Km da capital Cuiabá (Figura 1.1). O acesso à região de Planalto da Serra se dá a partir de Cuiabá por via pavimentada pela MT 351, seguindo pelas vias não pavimentadas MT 020 e MT 244 até a referida cidade. Nesta região o acesso aos pontos estudados foi realizado em estradas vicinais de leito natural.

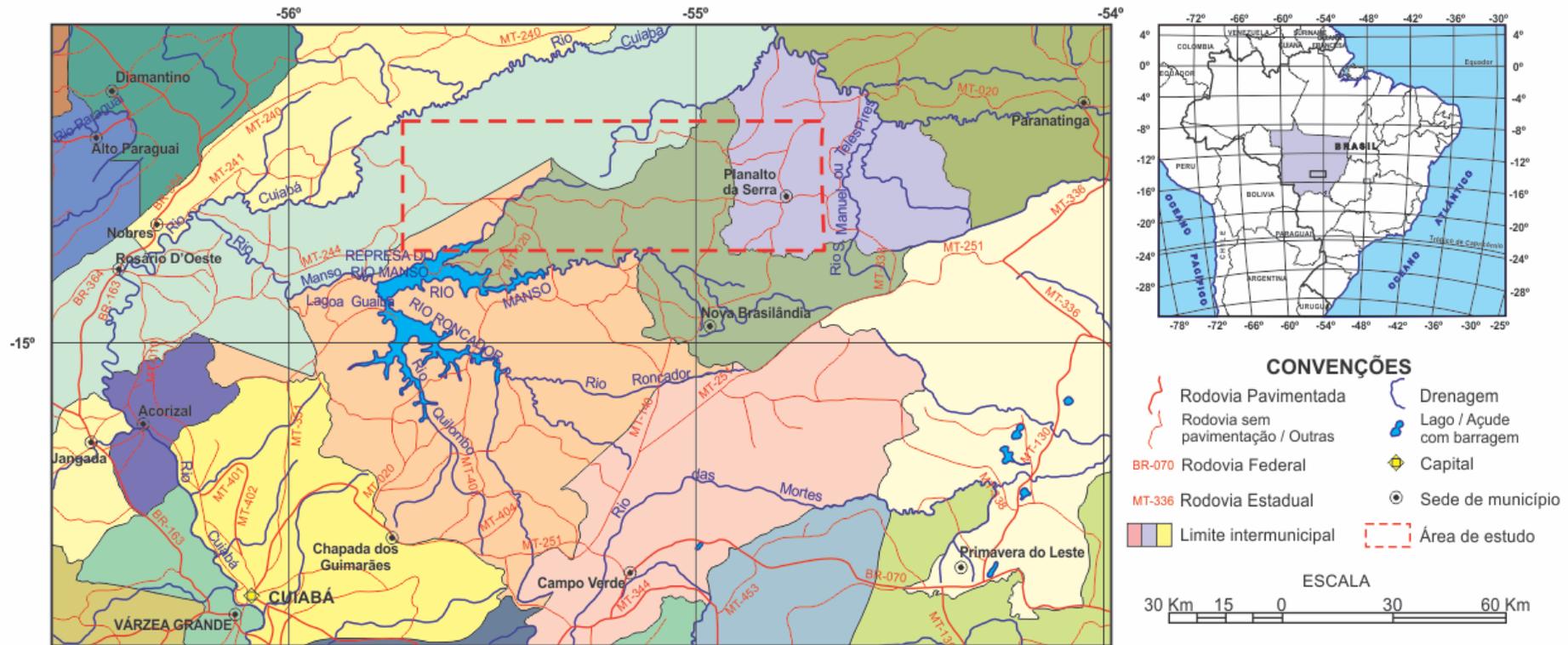


Figura 1.1: Mapa de localização e vias de acesso a área de estudo (Adaptado a partir do Mapa Político do Estado do Mato Grosso; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; IBGE; Edição 2009).

2 GEOLOGIA REGIONAL

2.1 ESTRATIGRAFIA

A Faixa Paraguai é uma unidade tectônica Neoproterozóica situada à margem sudeste do Cráton Amazônico e leste do Bloco do Rio Apa (Figura 2.1 – Almeida 1964). Seus limites são recobertos pelas bacias sedimentares Fanerozóicas do Paraná, Parecis e Pantanal. Apresenta geometria em forma de arco com concavidade voltada para SE, orientada na direção NE-SW na sua porção Norte e N-S na porção Sul, com extensão e largura média de 1500 e 300 km, respectivamente. Ao sul, a Faixa Paraguai ramifica-se na direção NW-SE, estendendo-se de Corumbá até a Bolívia na forma de um sinclinal, denominado Faixa Tucavaca, interpretado como aulacógeno (Alvarenga *et al.*, 2000). Além disso, sedimentos Neógenos pertencentes à Bacia do Pantanal dividem espacialmente a Faixa Paraguai em Norte e Sul, circundando afloramentos da região de Corumbá e da Serra da Bodoquena (Litherland *et al.*, 1986).

A espessa sequência sedimentar da Faixa Paraguai inclui depósitos glaciomarinhas, turbidíticos, carbonáticos e siliciclásticos (Figura 2.2), resultado de uma sedimentação em margem passiva, seguidas de uma fase compressiva que culminou na inversão da bacia e estabelecimento de bacia *foreland* registrada nos estágios finais de sedimentação (Almeida, 1974, Alvarenga & Trompette, 1992, 1993; Alvarenga *et al.*, 2000; Dantas *et al.*, 2009; Bandeira *et al.*, 2012; McGee *et al.*, 2015a,b).

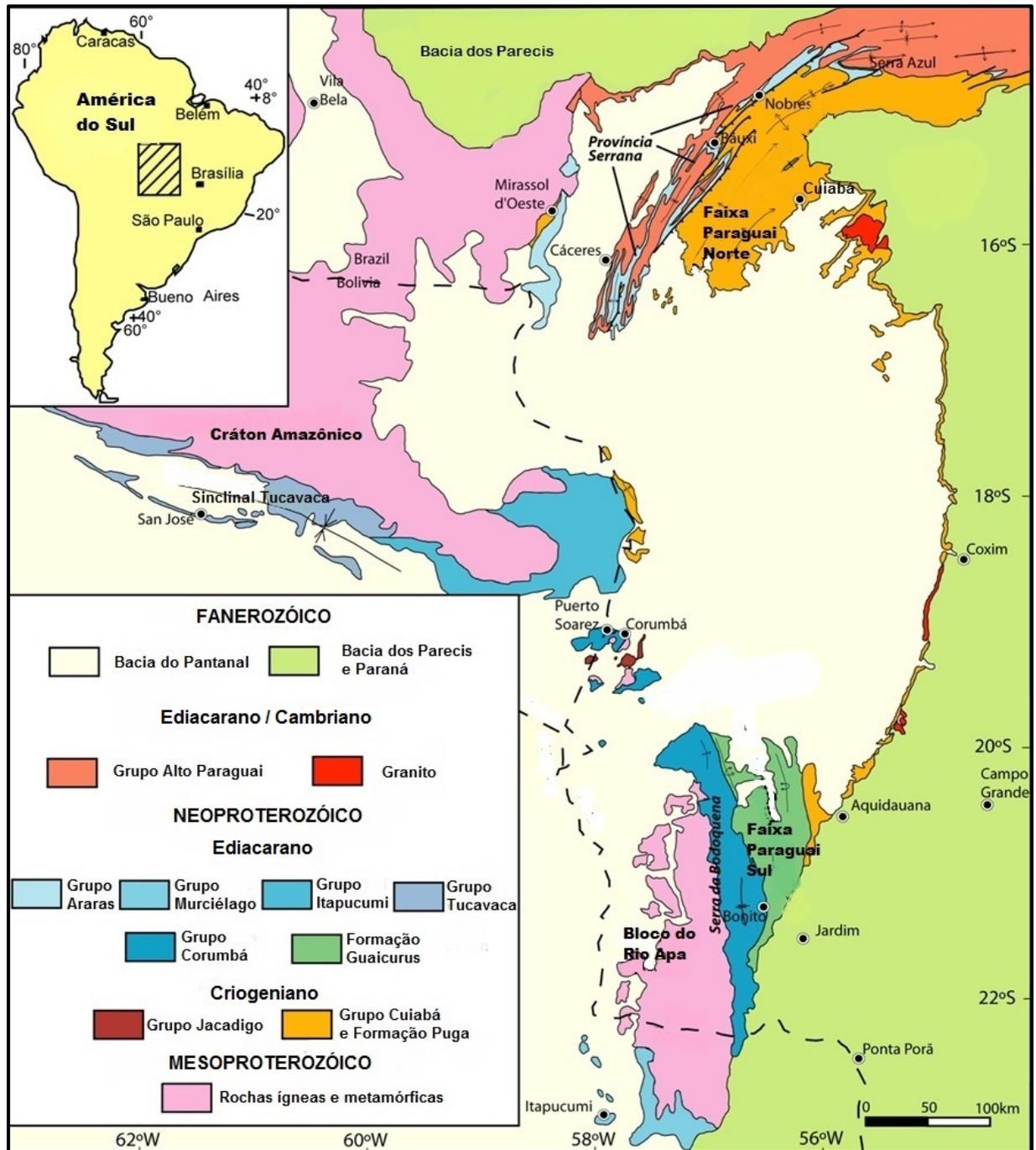


Figura 2.1: Mapa geológico da Faixa Paraguai, situada à margem sudeste do Cráton Amazônico e leste do Bloco do Rio Apa, porção central da América do Sul (modificado de Schobbenhaus *et al.*, 1981; Litherland *et al.*, 1986; Boggiani, 1998).

A Faixa Paraguai Norte é formada por quatro grandes sucessões estratigráficas (Alvarenga, 1988, 1990; Lacerda Filho *et al.*, 2004; Dantas *et al.*, 2009), designadas da base para o topo por: Grupo Cuiabá, unidade mais antiga, composta por uma sequência de metassedimentos dobrados, subdividida em nove subunidades litoestratigráficas (Luz *et al.*, 1980), podendo ser interpretada como uma sequência turbidítica formada por sedimentos

pelíticos, detríticos e psefíticos, depositados provavelmente durante o período glacial Criogeniano (670-630 Ma – Alvarenga, 1990), associados a depósitos glacio-marinhos (Alvarenga, 1985; Alvarenga & Trompette, 1988); Formação Puga, que apresenta diamictitos glaciogênicos ocasionalmente interestratificados com conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos, depositados durante a glaciação global Marinoana no período Criogeniano Superior (635 Ma), pertencente a um modelo glaciomarinho no qual os sedimentos foram parcialmente retrabalhados por fluxos gravitacionais (Figura 2.2 – Alvarenga, 1988, 1990; Alvarenga & Trompette 1992); Grupo Araras, que compreende, da base para o topo, a Formação Mirassol d’Oeste/Capa carbonática, composta por dolomitos associados a microbialitos, Formação Guia, com calcários, argilitos e folhelhos, Formação Serra do Quilombo, composta por doloarenitos e brechas, Formação Nobres, que constitui-se de dolomitos, silixitos, arenitos e lamitos calcários (Alvarenga & Saes, 1992; Nogueira *et al.*, 2003; Riccomini & Nogueira, 2004; Alvarenga *et al.*, 2000, 2004, 2008) e Formação Pacu, unidade recentemente incluída ao topo do Grupo Araras, formada por calcários calcíticos laminados ou com estruturas estromatolíticas, intercalados a arenitos, calcarenitos e pelitos (Souza *et al.*, 2012), admitindo-se para este grupo deposição em ambiente marinho raso, de águas calmas, tipo plataformal, com idade estimada em 600 Ma (Figura 2.2 – Barros *et al.*, 1982; Alvarenga, 1990; Rodrigues *et al.*, 1994) e; Grupo Alto Paraguai, que compreende conglomerados e arenitos feldspáticos da Formação Raizama, folhelhos e pelitos da Formação Sepotuba e os argilitos, siltitos e arcóseos da Formação Diamantino (Almeida; 1964a; Alvarenga & Saes, 1992; Bandeira, 2006, 2011; Bandeira *et al.*, 2007), que evoluem da base para o topo, de ambiente plataformal marinho para continental (Figura 2.2 – Figueiredo *et al.*, 1974). Entretanto, estudos recentes revelaram uma nova unidade estratigráfica situada à base deste grupo e designada Formação Serra Azul (Figura 2.2 – Figueiredo *et al.*, 2004, 2008; Alvarenga *et al.*, 2007). A Formação Serra Azul posiciona-se entre os calcários do topo do Grupo Araras e os arenitos da base da Formação Raizama (Grupo Alto Paraguai) e, é composta por diamictitos maciços e siltitos laminados intercalados com arenitos muito finos e tem idade Ediacarana Superior relacionada à Glaciação Gaskiers (582 Ma – Figueiredo *et al.*, 2004, 2008; Alvarenga *et al.*, 2007).

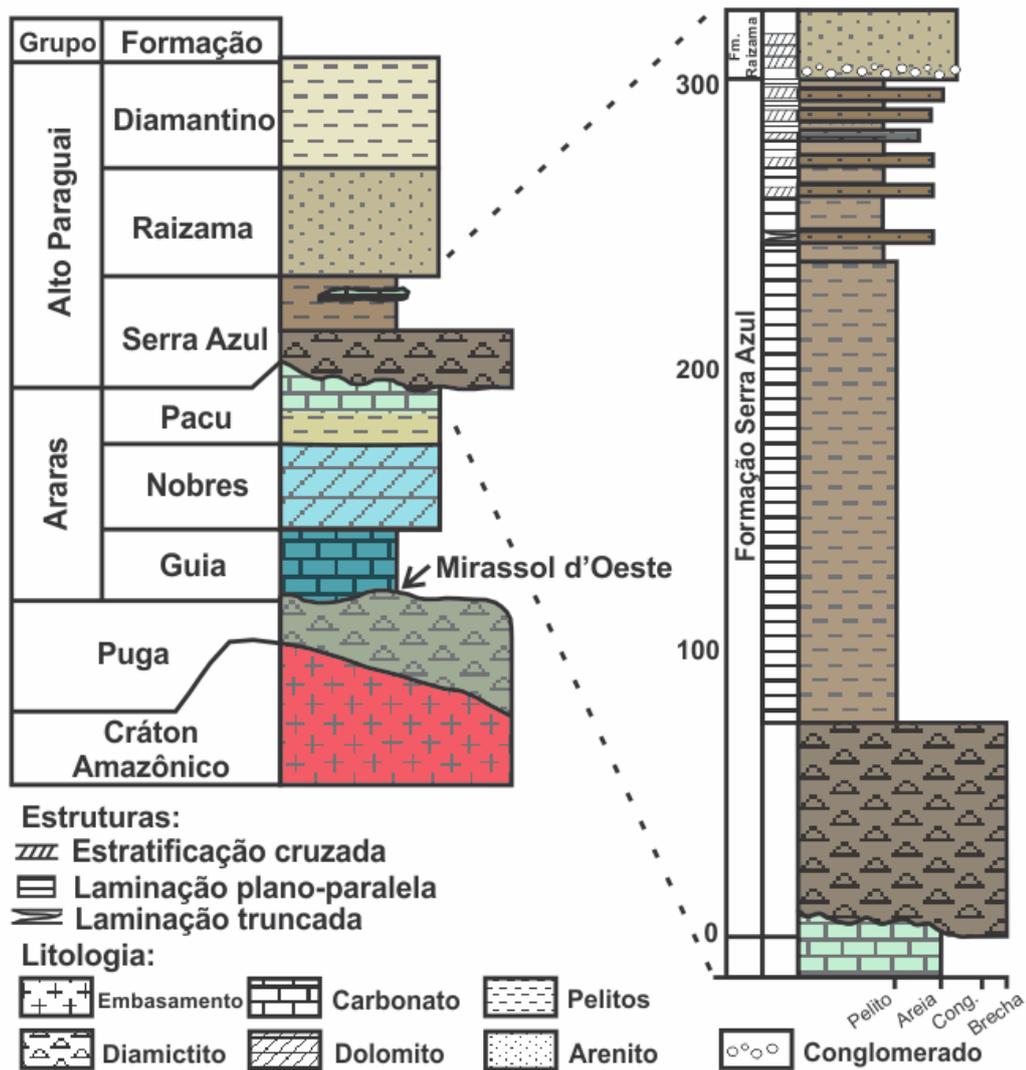


Figura 2.2: Estratigrafia da região plataformal da Faixa Paraguai Norte e perfil estratigráfico detalhado da Formação Serra Azul na porção norte da faixa (Adaptado a partir de Figueiredo *et al.*, 2011).

2.2 GRUPO ARARAS: Unidade Superior

Os primeiros trabalhos sobre rochas carbonáticas no Mato Grosso são de Castelnau (1857) e Evans (1894) que as chamaram de *Araras Limestone*. O termo Grupo Araras foi empregado por Almeida (1964a) que o subdividiu em unidade Guia e Nobres. Hennies (1966) propôs sua subdivisão nas formações Guia e Nobres. Alguns autores usaram esta proposta, porém com designações diferentes (Luz *et al.*, 1978). Outros rebaixaram o Grupo Araras para Formação Araras (Figueiredo & Olivatti, 1974). Nogueira (2003) e Nogueira & Riccomini (2006) reclassificaram as unidades como Grupo Araras, subdividindo-o nas formações Mirassol d’Oeste, Guia, Serra do Quilombo e Nobres. Em 2012, Souza *et al.* mapearam uma sequência de rochas argilosas vermelhas, cobertas por calcários calcínicos laminados ou com

estruturas estromatolíticas, com intercalações de arenitos, calcarenitos e pelitos. Esta sequência, por conta das características dos ambientes deposicionais, foi definida como unidade pertencente ao topo do Grupo Araras e denominada Formação Pacu.

2.2.1 Formação Pacu

A Formação Pacu ocorre entre os doloarenitos da Formação Nobres (Grupo Araras) e os diamictitos da Formação Serra Azul (Grupo Alto Paraguai). Seu contato basal não está exposto, já o contato superior com os diamictitos é brusco. Esta formação tem espessura estimada em mais de 200 m e é subdividida em *Facies* Argilosa (base) e *Facies* Carbonática (topo), ocorrendo em faixas alongadas de direção N70E, acompanhando os dobramentos regionais. A *Facies* Argilosa, depositada imediatamente acima dos dolomitos da Formação Nobres, é interpretada como pertencente a ambiente marinho profundo e representaria uma transgressão marinha, enquanto que a *Facies* Carbonática é interpretada como representante de uma plataforma carbonática rasa transicionando para ambiente continental (Souza *et al.*, 2012).

2.3 GRUPO ALTO PARAGUAI

As unidades do Grupo Alto Paraguai ocorrem ao longo da borda sudeste do Cráton Amazônico com espessura avaliada acima dos 3000 m por Almeida (1964a), onde a Formação Raizama teria 1600 m de espessura e os depósitos pelíticos da Formação Sepotuba alcançariam cerca de 900 m, já os pelitos e arenitos da Formação Diamantino teriam em torno de 600 m. Porém, trabalhos recentes sugerem uma espessura aproximada de 2400 m, composta por três formações: Serra Azul, Raizama e Diamantino (Alvarenga & Saes, 1992; Figueiredo *et al.*, 2004, 2008; Alvarenga *et al.*, 2007; Bandeira, 2006, 2011; Bandeira *et al.*, 2007).

2.3.1 Formação Serra Azul

A Formação Serra Azul posiciona-se entre os calcários laminados/estromatolíticos da Formação Pacu (Grupo Araras) e os arenitos da base da Formação Raizama. Seu contato basal na seção tipo, embora não esteja exposto, é considerado erosivo devido à presença de fragmentos de carbonatos e *chert* pertencentes às unidades inferiores e o contato superior tem sido descrito como gradacional (Figueiredo *et al.*, 2004, 2008; Alvarenga *et al.*, 2007). Esta formação é composta por diamictitos maciços (>70 m), siltitos laminados avermelhados e

argilitos acinzentados (>200), com ocorrência de lentes de carbonatos e, arenitos muito finos com laminação plano-paralela, e/ou truncada por onda (*hummocky*) em camadas com espessamento para o topo (Figueiredo *et al.*, 2004, 2008; Alvarenga *et al.*, 2007). Os diamictitos apresentam-se maciços a pobremente estratificados, com matriz silto-argilosa avermelhada, contendo clastos de composição heterogênea (carbonatos, *cherts*, quartzo-arenitos, quartzitos, rochas graníticas, máficas e metamórficas), de tamanho que varia de grânulo a matacão, dispersos na matriz. Isto além, de clastos facetados e estriados. Levando-se em consideração o ambiente marinho raso a transicional das unidades sotopostas (Nogueira *et al.*, 2003) interpretou-se que os diamictitos tenham se depositado num ambiente glacio-marinho raso a transicional (Figueiredo *et al.*, 2004, 2008; Alvarenga *et al.*, 2007).

2.3.2 Formação Raizama

A Formação Raizama é composta de arenito ortoquartzítico conglomerático, intercalado com camadas de arenito arcoseano fino a grosso, com estratificações cruzadas e marcas de onda, siltito e folhelho (Ribeiro Filho *et al.*, 1975), depositados em águas epineríticas, pouco profundas, e ambiente dominado por marés, durante subsidência lenta e contínua (Almeida, 1964a). Tanto o contato basal com a Formação Serra Azul (Figueiredo *et al.*, 2008), quanto o contato superior com a Formação Diamantino são considerados gradacionais (Alvarenga, 1984; Alvarenga *et al.*, 2000).

2.3.3 Formação Sepotuba

A Formação Sepotuba, definida por Almeida (1964a), é composta por uma sequência de sedimentos pelíticos com cerca de 900 m de espessura. Esta formação recobre a Formação Raizama e é sotoposta a Formação Diamantino. É constituída por pelitos, folhelhos e arenitos de granulação fina a médio, interpretados como depósitos de plataforma marinha e face litorânea inferior (Bandeira, 2006; 2011; Bandeira *et al.*, 2007). Todavia, devido sua a semelhança litológica e perfeita continuidade com a Formação Diamantino, esta unidade foi considerada neste trabalho como *Facies* Sepotuba e inserida à base da Formação Diamantino.

2.3.4 Formação Diamantino

A Formação Diamantino é composta pela intercalação de arcóseo fino, siltito e folhelho, finamente estratificados, calcíferos e intercalados por bancos de arcóseo, mostrando estratificações cruzadas de pequeno porte e marcas de ondas (Alvarenga, 1984), depositados

durante o soerguimento de porções mais a sudeste, gerando a inversão da bacia precursora para uma bacia sucessora com influência marinha e continental tipo *foreland* (Dantas *et al.*, 2009; Bandeira *et al.*, 2012; McGee *et al.*, 2015a,b). O contato inferior é gradacional e o superior ocorre por discordância erosiva angular com as rochas Fanerozóicas do Grupo Parecis (Alvarenga, 1988).

2.4 HISTÓRICO GEOCRONOLÓGICO

A idade mínima para toda sucessão sedimentar da Faixa Paraguai foi definida com base na idade obtida para o Granito São Vicente, intrusivo no Grupo Cuiabá, cuja idade K-Ar é 504 ± 12 Ma (Hasui & Almeida, 1970) e Rb-Sr é 483 ± 8 Ma (Almeida & Mantovani, 1975). A Formação Puga, considerada produto da glaciação Marinoana (630 Ma), é recoberta pelos grupos Araras na Faixa Paraguai Norte e Corumbá na Faixa Paraguai Sul, os quais possuem capas carbonáticas em suas bases que exibem valores de $\delta^{13}\text{C}$ próximos de -5‰ PDB, típicos de eventos glaciais do final do Neoproterozóico, e razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0,7075 e 0,7081, que caracterizam capas carbonáticas depositadas após a Glaciação Marinoana (Boggiani, 1998; Nogueira *et al.*, 2003; Alvarenga *et al.*, 2004). Estes carbonatos são mapeados em sucessões Neoproterozóicas ao redor do globo, e interpretados como eventos de deposição anômala logo após uma glaciação global, sob hipótese da *Snowball Earth* (Kennedy *et al.*, 2001; Hoffman & Schrag, 2002; Haverlson *et al.*, 2005). Este marco estratigráfico sugere que ambas sucessões podem ser correlacionadas com outras sucessões de idade Ediacarana (635-580 Ma – *i.e.* Nogueira *et al.*, 2003, 2007; Alvarenga *et al.*, 2000, 2004, 2008).

Dados radiométricos Rb-Sr de sedimentos argilosos da Formação Sepotuba, Grupo Alto Paraguai forneceram idades de 569 ± 20 Ma, previamente interpretadas como idades deposicionais (Cordani *et al.*, 1978). Posteriormente esta idade foi admitida como marcadora do evento deformacional Brasileiro que teria afetado a Faixa Paraguai (Bonhomme *et al.*, 1982). Na tentativa de se chegar a idade do Grupo Alto Paraguai, amostras de sedimentos da parte superior da Formação Diamantino, forneceram idade Rb-Sr de 660 ± 60 Ma (Cordani *et al.* 1985), porém esta determinação é considerada duvidosa. Idades U-Pb, obtidas em zircões detríticos da Formação Diamantino, sugerem idade máxima de deposição em 541 ± 7 Ma, indicando que a sedimentação do Grupo Alto Paraguai se estendeu por pelo menos até o Cambriano Inferior (Bandeira *et al.*, 2012; McGee *et al.*, 2015a,b).

A Formação Serra Azul, em termos litoestratigráficos e isotópicos (Figueiredo, 2006, 2010), é comparável à Formação Gaskiers (Newfoundland, Canadá – Carto & Eyles, 2011) que possui valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -6‰ e -1,5‰ (Myrow & Kaufman, 1999). Ademais, datação Pb-Pb em lentes carbonáticas da Formação Serra Azul estabeleceu idade mínima de deposição de 570 Ma e máxima de 622 Ma (Figueiredo, 2010). A idade mínima é coerente com um sistema U-Pb não afetado pela tectônica compressiva da Faixa Paraguai. A idade máxima confirma deposição da Formação Serra Azul pós Glaciação Marinoana, corroborando com a hipótese de os diamictitos glaciais serem correlatos à Glaciação Gaskiers de 582 Ma (Bowring *et al.*, 2003; Figueiredo, 2010).

3 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

As unidades litoestratigráficas descritas neste trabalho correspondem às unidades superiores do segmento E-W da Faixa Paraguai (Figura 3.1 – Almeida, 1984) e, englobam a unidade de topo do Grupo Araras (Formação Pacu – Souza *et al.*, 2012) e o Grupo Alto Paraguai (formações Serra Azul, Raizama e Diamantino – Figueiredo *et al.*, 1974; Alvarenga & Saes, 1992; Figueiredo *et al.*, 2004, 2008; Alvarenga *et al.*, 2007; Bandeira, 2006, 2011; Bandeira *et al.*, 2007). Estas unidades geológicas foram estudadas em perfis de campo e cortes de estrada nos arredores do município de Planalto da Serra e na localidade conhecida como “Sete Placas”, a Norte de Cuiabá, Mato Grosso (Figura 3.1 e 3.2). Nos arredores de Planalto da Serra foram estudadas três seções com boa continuidade estratigráfica, onde os estratos arranjam-se em camadas com ampla distribuição vertical/lateral e mergulhos principalmente sub-verticais (Seção 1, 2 e 3 – Figura 3.1, 3.2 e 3.3). Na localidade de “Sete Placas” foram estudadas duas seções, as quais apresentam afloramentos com precária continuidade estratigráfica e mergulhos principalmente sub-horizontais (Figura 3.1, 3.2, 3.21). Dessa forma, as unidades geológicas serão apresentadas a seguir de acordo com a região estudada.

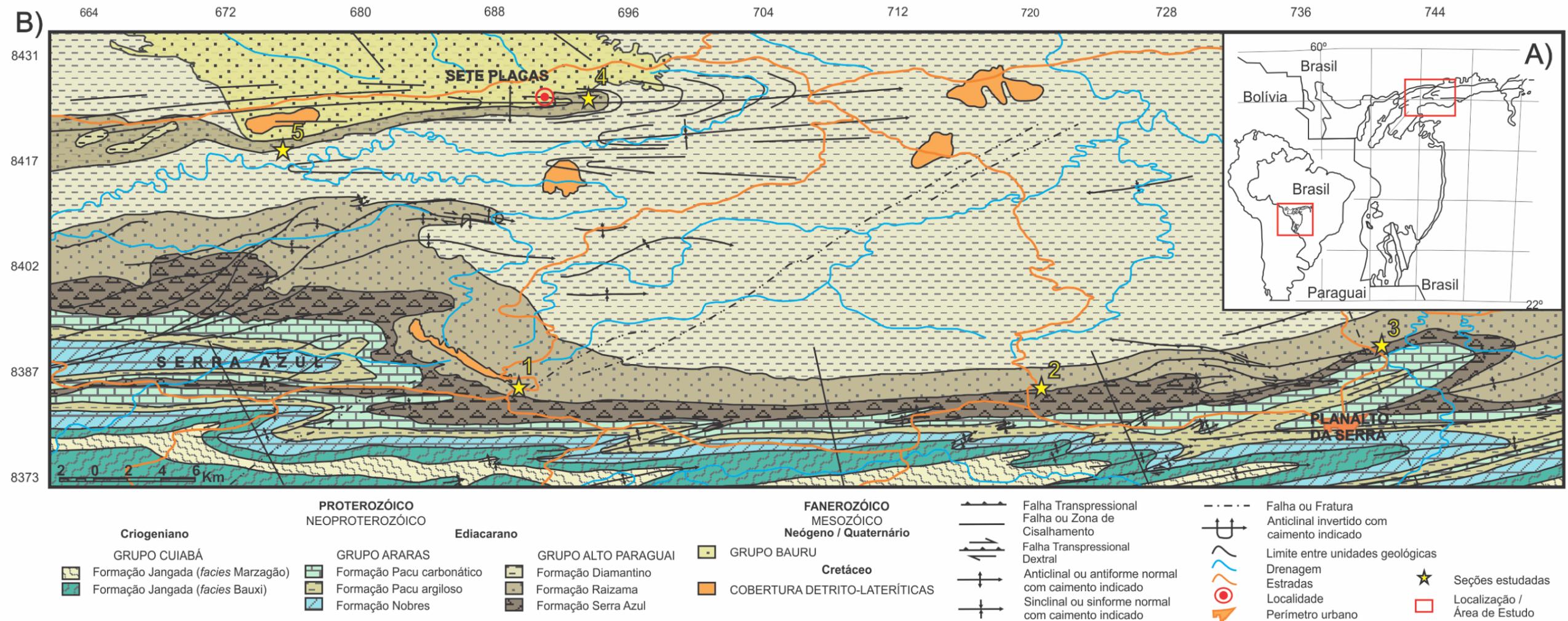


Figura 3.1: A) Localização regional da Faixa Paraguaí, inserida no contexto da Placa Sul-Americana, com destaque para localização da área de estudo (em vermelho – adaptado a partir de Figueiredo *et al.*, 2008). B) Mapa geológico que mostra a distribuição das unidades estratigráficas Neoproterozóicas na porção centro-norte da Faixa Paraguaí Norte e localização das seções estudadas (Adaptado a partir das Folhas SD 21-Z-B-V-Brasilândia e SD 21-Z-B-IV-Caiana, Escala 1:100.000; Souza *et al.*; CPRM, 2012).



Figura 3.2: Imagem de satélite do Sinclinal Serra Azul (Faixa Paraguai Norte) com a localização das seções estudadas nas regiões de Planalto da Serra e “Sete Placas”, estado do Mato Grosso (Zona UTM21; *Image Landsat*, Google 2014).

3.1 REGIÃO DE PLANALTO DA SERRA

Nos arredores de Planalto da Serra foram encontrados estratos pertencentes à unidade superior do Grupo Araras (Formação Pacu) e Grupo Alto Paraguai (Figura 3.1 – formações Serra Azul, Raizama e Diamantino). Três seções principais foram estudadas, Seções 1, 2 e 3 (Figura 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4), as quais apresentam bons afloramentos com boa continuidade lateral/vertical. Adiante segue descrição detalhada dos estratos mapeados nesta região.

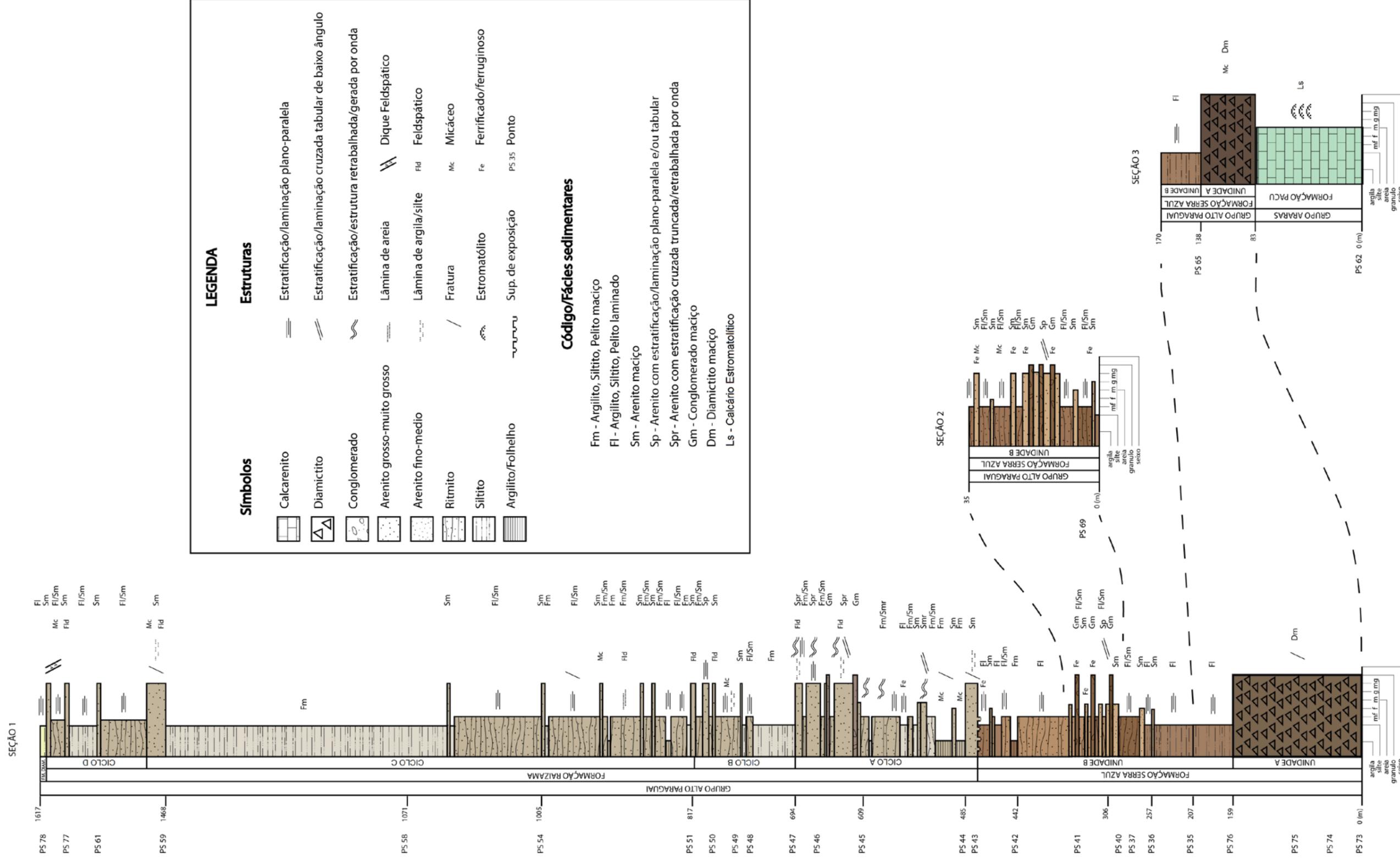


Figura 3.3: Representação das seções estratigráficas estudadas na Faixa Paraguai Norte (Seção 1, 2 e 3; ver Figura 3.1). Seções estratigráficas representativas da Formação Pacu (Base da Seção 3) e Grupo Alto Paraguai (Seção 1, 2 e 3) mapeadas na região de Planalto da Serra - MT.

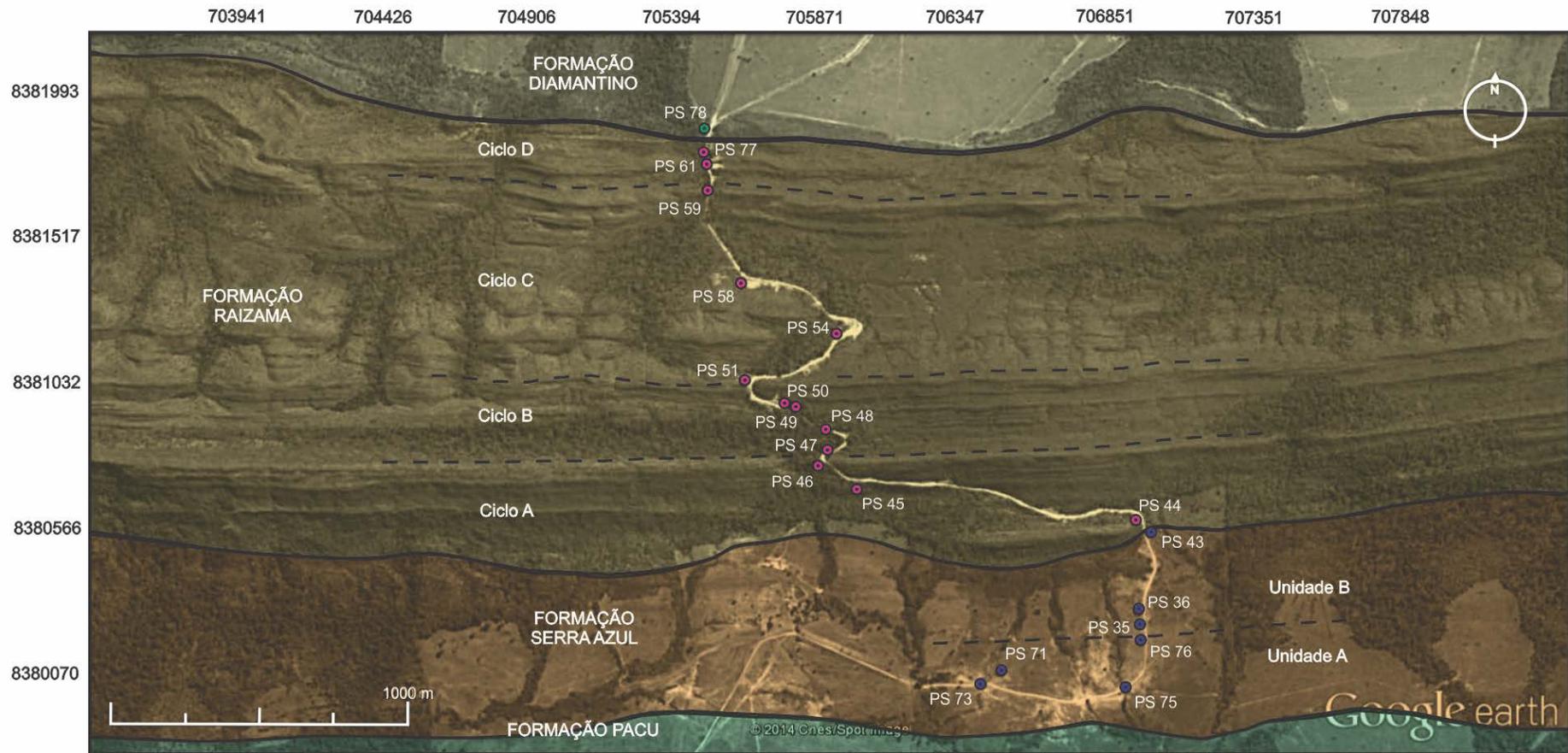


Figura 3.4: Imagem de satélite da Região de Planalto da Serra, estado do Mato Grosso; com localização dos pontos descritos na Seção 1 e esboço do limite espacial das formações que compõem o Grupo Alto Paraguai (Formações Serra Azul, Raizama e Diamantino) e topo do Grupo Araras (Formação Pacu – Zona UTM21; Cnes/Spot Image, Google 2014).

3.1.1 Grupo Araras: Unidade Superior

3.1.1.1 Formação Pacu

Nos arredores de Planalto da Serra foram encontrados afloramentos pertencentes à Formação Pacu (Figura 3.1, 3.2 e 3.3), que é dividida internamente em *Facies* Argilosa (base) e *Facies* Carbonática (topo – Souza *et al.*, 2012).

Litologias como laminito (*Facies Lm*) e argilito carbonático/silicificado laminado (*Facies Fl*) encontradas nesta região foram atribuídas à *Facies* Argilosa (Figura 3.5-A). Boas exposições da *Facies* Carbonática foram encontradas na “Fazenda Gezo” (Seção 3 – Coordenadas UTM 0750899/8380324), alcançando cerca de 80 m de espessura (Figura 3.3 e 3.5-B). Estes afloramentos são compostos por calcários com estruturas estromatolíticas colunares (*Facies Ls*), maciços a subordinadamente estratificados, cinza-esbranquiçado, fábrica não-orientada, com esparitos de tamanho areia fina/média, inequigranulares, dispostos em camadas subverticalizadas (S_0 358/70 Az) com ocorrência de veios preenchidos por material de composição calcítica e/ou quartzosa (Figura 3.3 e 3.5-B).

Petrográficamente, a *facies* laminito (*Facies Lm*) possui granulação muito fina (lama carbonática) formada pela recorrência de laminações delgadas. As laminações tendem a ser plano-paralelas, com superfície lisa (Figura 3.6-A). A *facies* argilito carbonático/silicificado laminado (*Facies Fl*) possui granulação fina, finamente laminado, fortemente silicificado (Figura 3.6-B). Na *facies* calcário estromatolítico colunar (*Facies Ls*), observa-se níveis claros e escuros de crescimento dos microorganismos que geraram a laminação estromatolítica. Estes níveis são marcados por laminações côncavas para baixo, alternando esparita (lâmina clara) e micrita (lâmina escura). Os veios/vênulas são compostos por material calcítico/quartzoso (Figura 3.7-A, B). Intraclastos, pelóides carbonáticos e oóides encontram-se dispersos nos espaços entre as colunas de estromatólitos cimentadas por calcita (Figura 3.8-A, B).

Os afloramentos desta formação são descontínuos, parcialmente preservados, com aspecto cavernoso em alguns pontos (*Facies* Carbonática), formando um relevo pouco acentuado com predominância de vegetação de mata mais densa. O contato basal desta formação encontra-se encoberto, e o contato superior com a formação subjacente (Formação Serra Azul) é discordante e bem marcado em campo (Figura 3.4). Este contato é marcado por uma pequena drenagem de direção NE-SW (coordenadas 0750949/8380409), entre os afloramentos de calcários estromatolíticos numa margem e diamictitos na margem oposta.

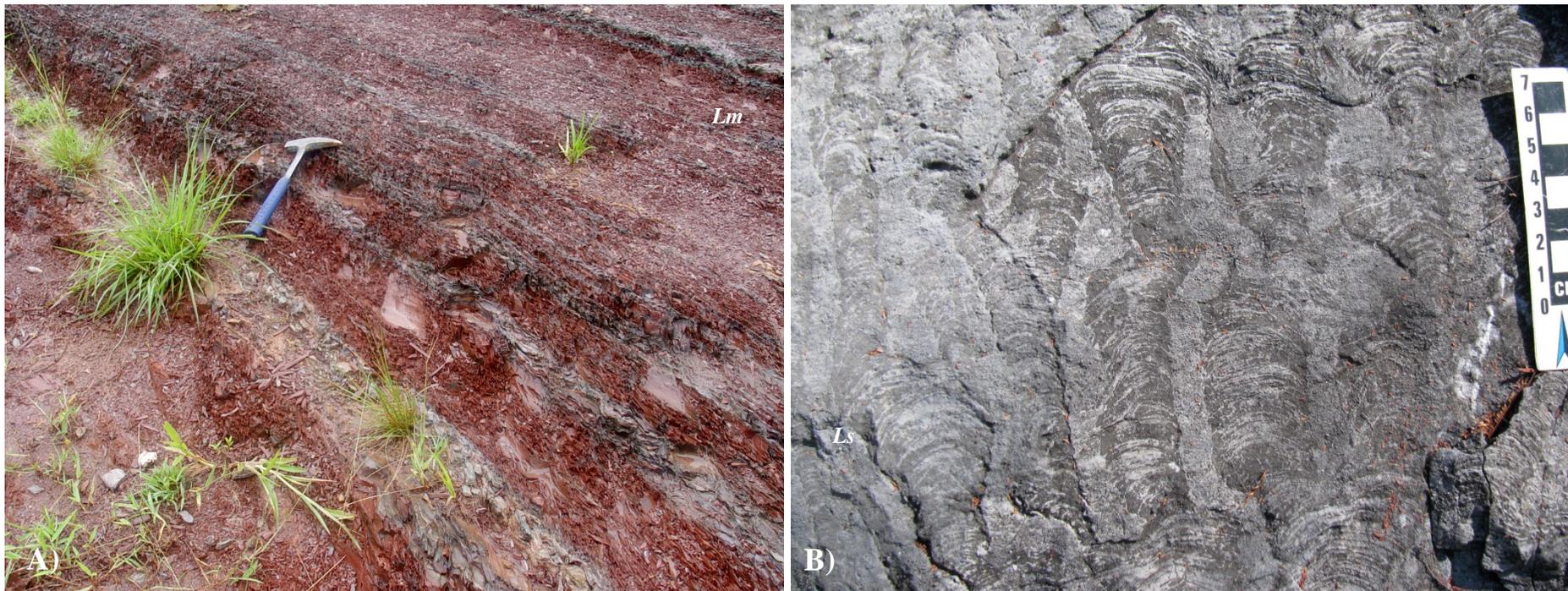


Figura 3.5: Formação Pacu (Grupo Araras). **A)** Afloramento pertencente à *Facies* Argilosa (base), composto por Laminito (*Facies Lm*). Nível argiloso, avermelhado, intemperizado; nível escuro, carbonático **B)** Afloramento pertencente à *Facies* Carbonática (topo), representado por Calcário estromatolítico colunar (*Facies Lc*).

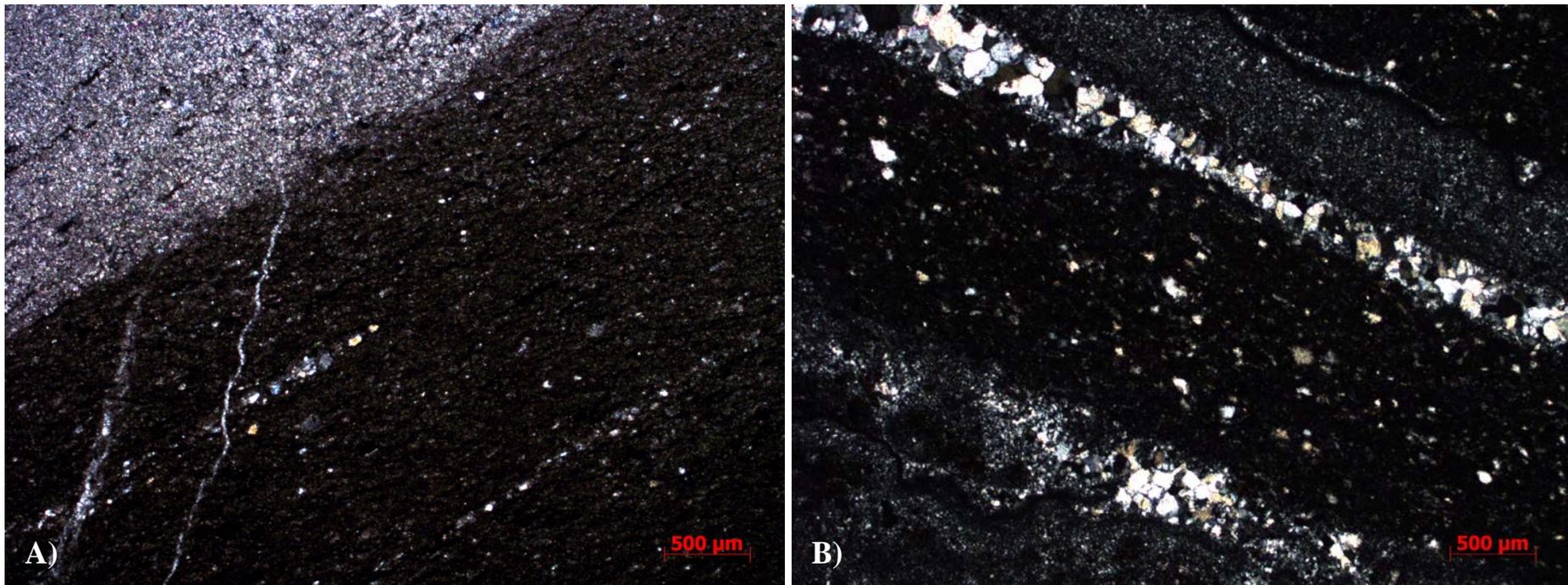


Figura 3.6: Formação Pacu, *Facies* Argilosa. **A)** Detalhe da *Facies* *Lm*. Laminito, granulação muito fina (lama carbonática) formada pela recorrência de laminações delgadas. As laminações tendem a ser planoparalelas, com superfície lisa. Lâminas escuras mais pelíticas, lâminas claras mais carbonáticas. **B)** Detalhe da *Facies* *Fl*. Argilito carbonático, granulação fina, laminado, silicificado (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 2,5X).

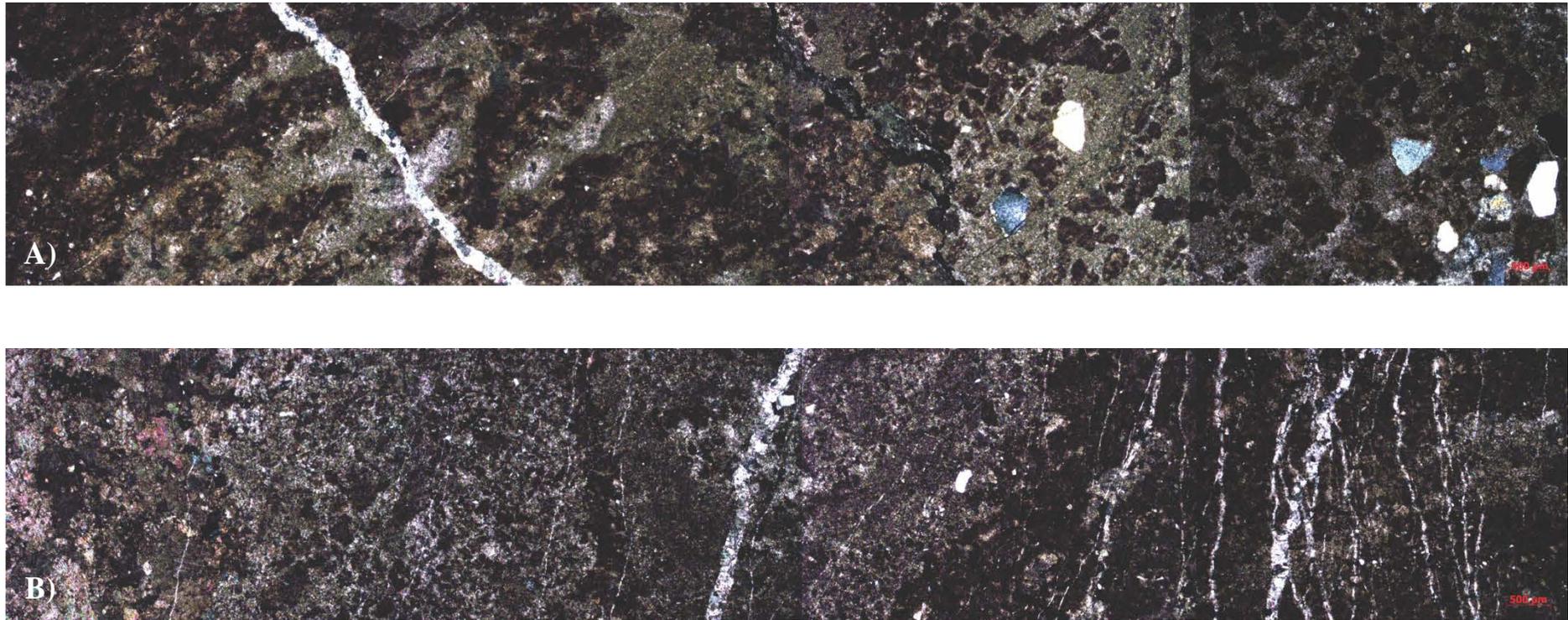


Figura 3.7: Formação Pacu, *Facies Carbonática*. **A - B)** Seções panorâmicas de lâminas delgadas do Calcário estromatolítico colunar (*Facies Ls*). É observável os níveis de crescimento dos microrganismos que geraram a laminação estromatolítica. Porção esquerda da Figura A e direita da Figura B é observável lâminações côncavas para baixo, alternando micrita (lâmina escura) e esparita (lâmina clara). Intraclastos, pelóides carbonáticos e oóides encontram-se dispersos nos espaços entre as colunas de estromatólitos. Os veios/vênulas são preenchidos por material calcítico/quartzoso. (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 2,5X).

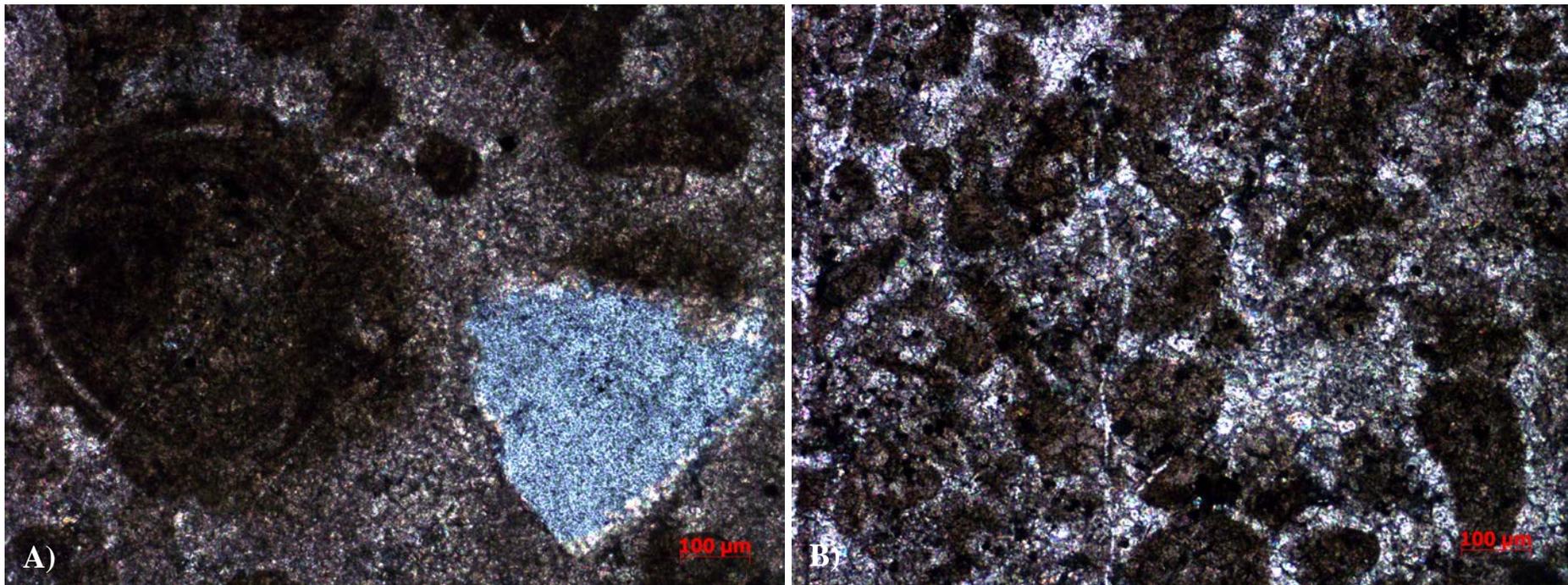


Figura 3.8: Formação Pacu, *Facies* Carbonática. Detalhe da *Facies Ls*. **A)** Em destaque, oólito com estrutura fibro radiada e grão de quartzo (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). **B)** Intraclastos, pelóides carbonáticos e oóides dispersos nos espaços entre as colunas de estromatólitos cimentadas por calcita (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X).

3.1.2 Grupo Alto Paraguai

3.1.2.1 Formação Serra Azul

Na região de Planalto da Serra a Formação Serra Azul é composta por diamictitos recobertos por siltitos-pelitos/arenitos que alcançam cerca de 470 m de espessura (Figura 3.1, 3.2, 3.3e 3.4). Ocorre em pontos restritos, geralmente recoberta por depósitos recentes de talude e frequentemente bastante intemperizada. Os afloramentos são descontínuos, pobremente preservados, apresentando relevo pouco acentuado/arrasado (Figura 3.4). O contato basal com os calcários da Formação Pacu (Grupo Araras) é discordante e bem marcado em campo (Figura 3.1 e 3.4) e o contato superior com os pelitos/arenitos da Formação Raizama é do tipo brusco (Figura 3.14). Assim, para efeito descritivo será adotado aqui a mesma subdivisão proposta por Alvarenga *et al.* (2007) para esta formação.

3.1.2.1.1 Unidade A: Diamictito

A ‘Unidade A’ corresponde à porção basal da Formação Serra Azul e encontra-se disposta em camadas sub-verticais (S_0 350/90 Az) de espessura variável, entre 55 m e 159 m (Figura 3.3 e 3.4). É formada por diamictitos maciços (*Facies Dm*), cinza-esverdeado, composto por grandes seixos/clastos de tamanho (milimétrico a centimétrico) e composição variada (*i.e.* arenito, carbonato, granito) mergulhados/suportados por fina matriz silto-argilosa, muito mal selecionado, fábrica não orientada, fraturado, com clivagem associada (Figura 3.8-A, B). Há ocorrência de grandes blocos de quartzito/granito nas áreas mais arrasadas do domínio desta formação (Figura 3.9-C, D), os quais resistiram ao processo erosivo atuante nos diamictitos.

Petrograficamente, a *facies* diamictito maciço (*Facies Dm*) é composta por grãos/clastos de carbonato indiferenciado, quartzo detrítico e fragmentos de rochas (*i.e.* rocha vulcânica) mergulhados em matriz silto-argilosa (Figura 3.10). Características microscópicas texturais: intervalo de tamanho de grão varia de silte (0.0540 mm) a seixo (8.5 mm). Arcabouço composto por grãos/clastos tamanho cascalho (27%), areia (39%) e lama (34%). Muito mal selecionado (2.4). Esfericidade média; subarredondado devido a faturamento/deformação. Fábrica com orientação caótica. Grãos/clastos suportados pela matriz. Empacotamento frouxo (5). Contatos entre grãos/clastos são abundantemente do tipo grão/não-grão (~95%), raramente pontuais (4%). Classificação modal: Paraconglomerado intraformacional.



Figura 3.9: Formação Serra Azul, Unidade A: Diamictito. **A)** Diamictito maciço (*Facies Dm*) com fragmentos de rocha de composição variada e tamanho de até ~1 cm. **B)** Diamictito maciço (*Facies Dm*) com grande clasto de quartzito com tamanho de ~7 cm. **C)** Área arrasada, domínio da 'Unidade A', com ocorrência de grandes blocos de granito que resistiram ao processo erosivo atuante nos diamictitos. **D)** Aspecto mesoscópico deste granito, composto essencialmente por cristais de quartzo e feldspatos.

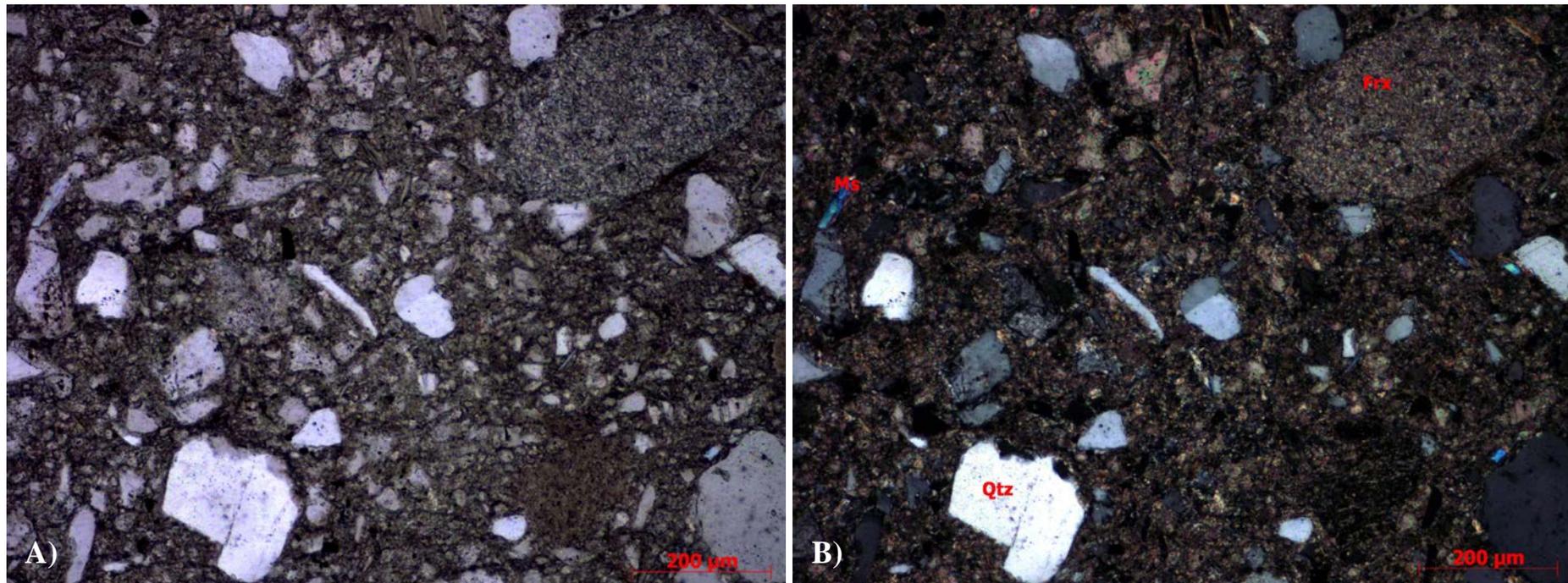


Figura 3.10: Unidade A: Diamictito. Diamictito maciço (*Facies Dm*). **A** e **B**) Paraconglomerado intraformacional com matriz silto-argilosa (Fotomicrografia sob nicóis paralelos e cruzados, respectivamente; óptica 10X). Qtz – quartzo; Ms – muscovita; Frx – fragmento de rocha.

3.1.2.1.2 Unidade B: Sucessão Siltito – Pelito/Arenito

A ‘Unidade B’ corresponde à porção intermediária e superior da Formação Serra Azul (Figura 3.3 e 3.4) e, é formada por siltitos que gradam para intercalações rítmicas de pelito/arenito ao topo, organizadas em camadas sub-verticais (S_0 350/80 Az), alcançando cerca de 300 m de espessura (Seção 1 e 2 – Figura 3.3).

Os siltitos recobrem bruscamente os diamictitos (Unidade A) e abrangem os primeiros 120 m desta Unidade (Figura 3.3). São siltitos finamente laminados (*Facies Fl*), argilosos, coloração de alteração amarelo-avermelhado, com esparsas lentes (0,5 m) de arenito maciço (*Facies Sm*), fino, avermelhado.

Estes siltitos (*Facies Fl*) gradam para uma sucessão rítmica, que compõe os últimos 194 m desta Unidade (Figura 3.3). Os ritmitos são compostos por intercalações (0,5 m) de pelito finamente laminado (*Facies Fl*), micáceo e, arenito maciço (*Facies Sm*), fino, avermelhado, por vezes com superfície ondulada/retrabalhada por onda (Figura 3.11e 3.12-A, B). Em direção ao topo, há o aumento das intercalações destes ciclos rítmicos e ocorrência de camada de folhelho argiloso (*Facies Fm*) na base dos ciclos. Encerrando a unidade ao topo há o reaparecimento de siltitos laminados (*Facies Fl* – Figura 3.3).

Na porção intermediária desta unidade, intercalados aos ritmitos, ocorrem camadas com até 2 m de espessura, compostas por arenito com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo (*Facies Sp*), médio/grosso, marrom-avermelhado, ocasionalmente sustentados por níveis conglomeráticos (*Facies Gm*) de até 1 m de espessura (Figura 3.11e 3.12-B, C, D). Estas camadas possuem ampla distribuição lateral (Figura 3.3) e apresentam aspecto ferruginoso, devido a forte cimentação por óxido de ferro hematítico (Figura 3.11e 3.12-B, C, D).

Determinações obtidas em espectrômetro diferencial portátil de Raios Gama mostram que valores médios de 120 cps passam para intervalos entre 450 e 840 cps nas amostras de arenitos ferrificados. A geoquímica da amostra de arenito ferrificado PS 40-C (ver Figura 3.3), mostra concentrações de 0,55% de K_2O ; 5,7 ppm de U e 76,3 ppm de Th, enquanto que os elementos considerados mais relevantes foram Ba e Zr, com concentrações de 5949 ppm e 3833 ppm, respectivamente.



Figura 3.11: Formação Serra Azul, porção intermediária da Unidade B. **A)** Seção panorâmica (Seção 1, ponto PS 40; ver Figura 3.3) formada por intercalações rítmicas de pelito finamente laminado e arenito maciço (*Facies Fl-Sm*), com destaque para as camadas de arenito/conglomerado ferruginoso (*Facies Sp-Gm*). É possível perceber a repetição dos ciclos (base à esquerda). **B)** Seção panorâmica (Seção 2, ponto PS 69; ver figura 3.3) lateralmente correlacionável a seção panorâmica da Figura 3.11-A. Os ciclos rítmicos são similares à seção do ponto PS 40 (base à direita), com as mesmas ocorrências de camadas de arenito/conglomerado ferruginoso (*Facies Sp-Gm*).

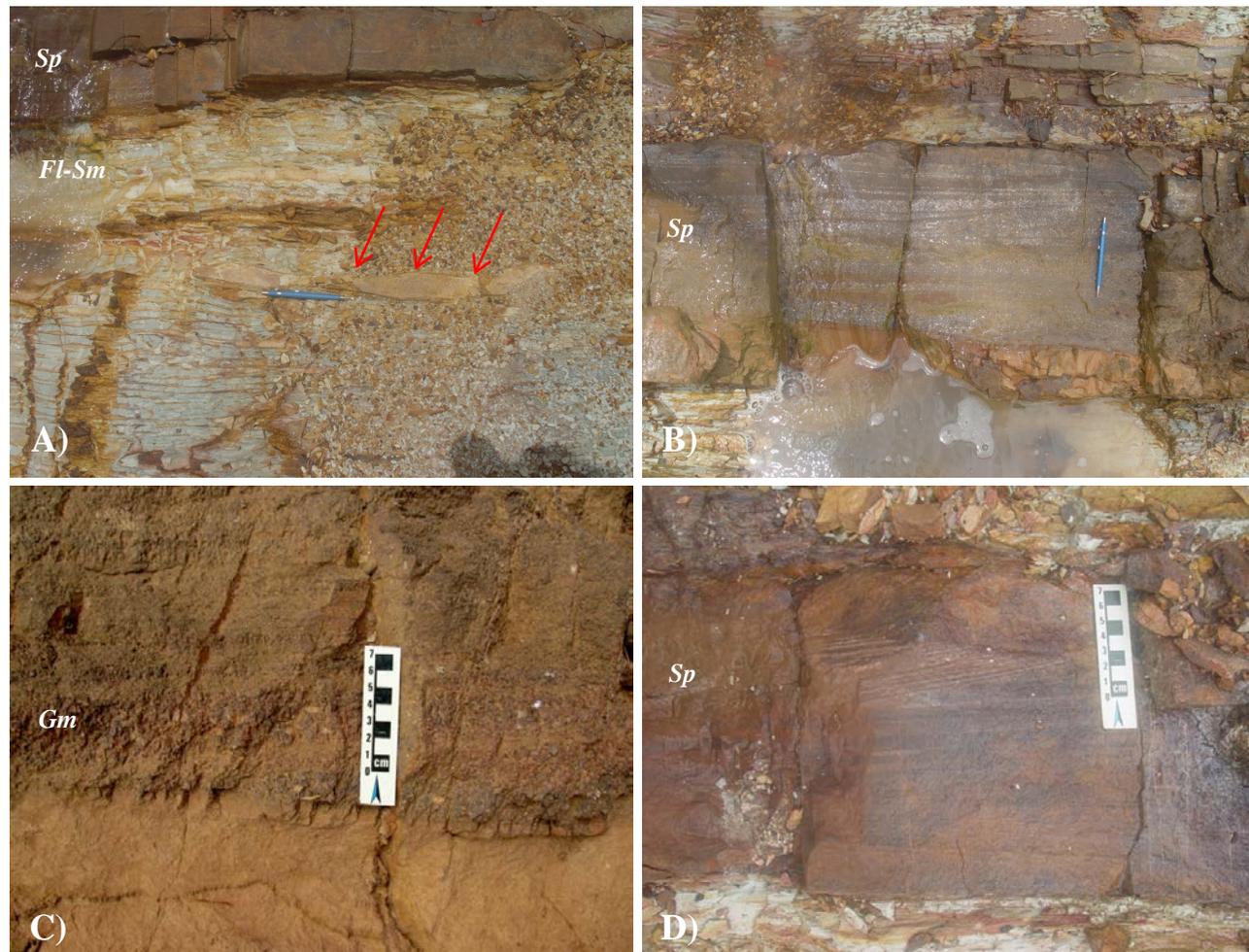


Figura 3.12: Formação Serra Azul, porção intermediária da Unidade B. **A)** Intercalação rítmica entre pelito finamente laminado e arenito maciço (*Facies Fl-Sm*). Atentar ao detalhe (setas) do arenito com superfície ondulada/retrabalhada por onda intercalado ao pelito. **B)** Detalhe, arenito ferruginoso (cimentado por óxido de Fe) com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo (*Facies Sp*). Figuras A e B são representativas da Seção 1, ponto PS 40 (ver Figura 3.3 e 3.11-A). **C)** Detalhe, nível conglomerático (*Facies Gm*) ferruginoso (cimentado por óxido de Fe) que ocorre associado à porção basal da *Facies Sp*. **D)** Detalhe, arenito ferruginoso (cimentado por óxido de Fe) com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo (*Facies Sp*). Figuras B e C são representativas da Seção 2, ponto PS 69 (ver Figura 3.3 e 3.11-B).

Nesta unidade foram analisados em microscópio petrográfico apenas os arenitos ferrificados (*Facies Sp*). Arenito composto por grãos de quartzo detrítico indiferenciado e ocorrência de quartzo policristalino, biotita cloritizada, zircão e grãos opacos, suportados pelos próprios grãos e por cimento de óxido de ferro (Figura 3.12-A, B, C). Características microscópicas texturais: intervalo de tamanho grão varia de silte (0.05 mm) a areia média (0.27 mm). Tamanho de grão modal: areia fina (0.1599 mm). Arcabouço composto por cristais tamanho areia (100%). Moderadamente selecionado (0.6). Esfericidade média; sub-angular devido a dissolução por pressão, faturamento/deformação. Fábrica com orientação caótica. Arcabouço suportado pelos próprios grãos e por cimento de óxido de ferro. Intergranular, seleção ruim, distribuição heterogênea, não-orientados. Empacotamento apertado (84). Contatos entre grãos são 33% suturados, 27% longos, 21% côncavo-convexos, 16 % grão/não-grão e 3% pontuais.

Para melhor definição qualitativa e quantitativa dos elementos químicos presente nestes arenitos foi realizada análise em microsonda eletrônica de varredura, que revelou a ocorrência de componentes não visualizados em microscópio petrográfico, tais como: barita, ilmenita e monazita, além de biotita cloritizada e zircão identificados anteriormente. Destas, destaca-se borda de alteração por Fe nas Baritas (seta), o enriquecimento em Fe em direção às bordas dos grãos de biotita e o processo de hematização (Figura 3.13-D).

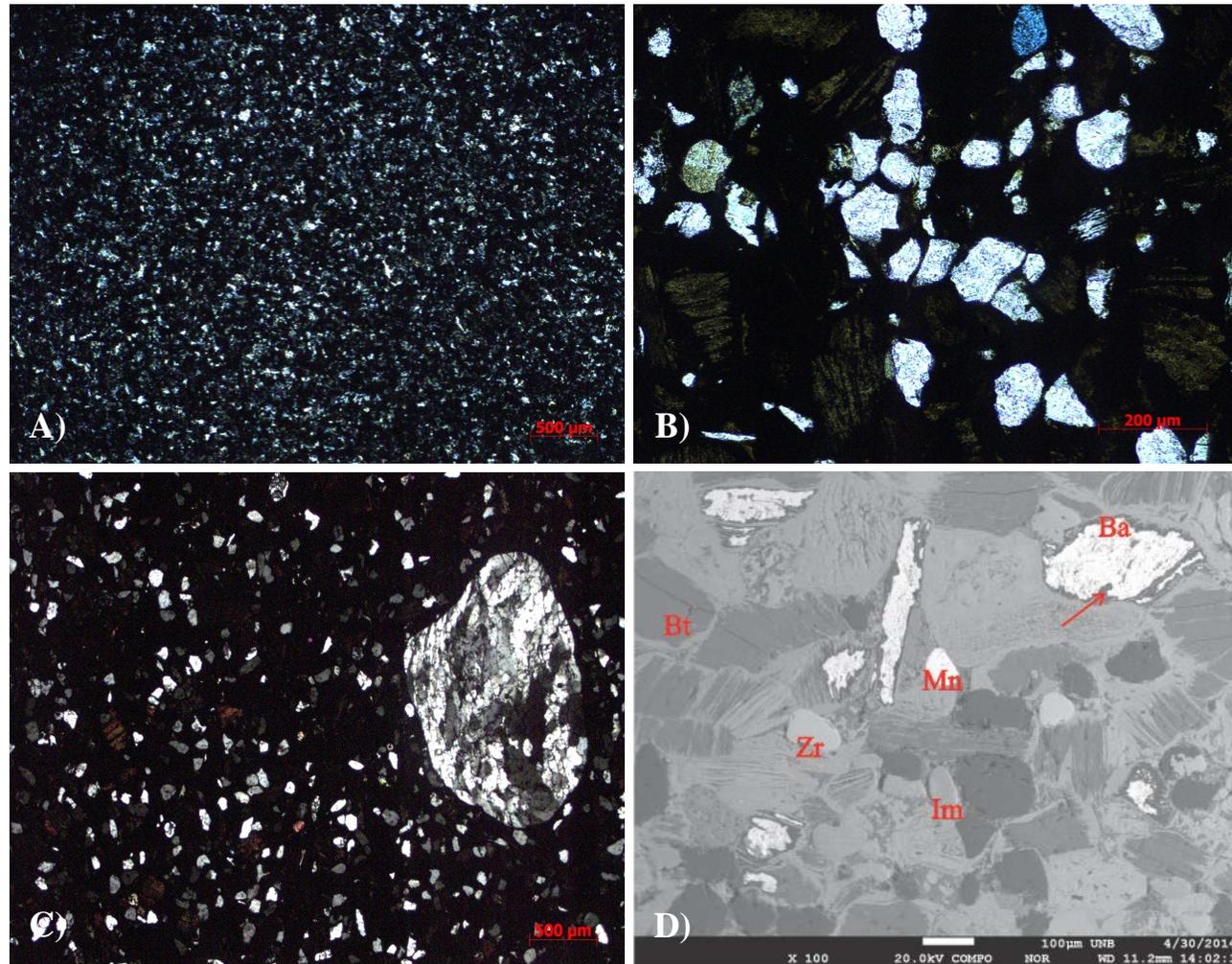


Figura 3.13: Unidade B: Sucessão Siltito – Pelito/Arenito. Arenito com estratificação tabular (*Facies Sp*). **A)** Fotomicrografia do arenito ferrificado (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 5X). **B e C)** Compõe-se principalmente por grãos de quartzo e ocorrência de quartzo policristalino e biotita cloritizada, cimentadas por óxido de ferro (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). **D)** Imagem de varredura eletrônica; seta – indica Ba com borda de alteração por óxido de Fe hematítico. Ba – Barita; Mn – Monazita; Im – Ilmenita; Bt – Biotita; Zr – Zircão.

3.1.2.2 Formação Raizama

A Formação Raizama, região de Planalto da Serra, possui boa continuidade estratigráfica (Figura 3.1), afloramentos bem preservados, alcançando cerca de 1140 m espessura (Seção 1 – Figura 3.3 e 3.4). O contato basal com a Formação Serra Azul, região de Marzagão (seção tipo), foi anteriormente definido como gradacional (Figueiredo *et al.*, 2008), entretanto, na seção aqui descrita foi identificado contato brusco entre os ritmitos, ‘Unidade B’ da Formação Serra Azul, com o aparecimento do primeiro grande banco de arenito grosso, muito silicificado, com cerca de 14 m de espessura, definido aqui como base dos ciclos sedimentares que caracterizam a Formação Raizama (Figura 3.3, 3.4e 3.14). A ocorrência destes grandes bancos de arenito grosso, muito silicificado, com espessuras variando de centimétricas a decamétricas, sustentam as maiores elevações da região. Dessa forma, com base na proporção/ocorrência destes arenitos nos ciclos sedimentares foi possível individualizar a Formação Raizama em quatro ciclos (Ciclos A-D – Figura 3.3e 3.4), compostos por intercalações rítmicas sub-verticais (S_0 9/70 Az) de pelitos e arenitos finos/médios a conglomeráticos, pouco a bastante silicificados, arranjados em grandes ciclos de raseamento ascendente com tendência granocrescente. Notam-se ainda, estruturas do tipo plano-paralelas, cruzadas planares/tabulares e estruturas retrabalhadas por onda. A descrição detalhada de cada ciclo segue a diante.

3.1.2.2.1 Ciclo A

O ‘Ciclo A’, membro basal da Formação Raizama, encontra-se organizado em alguns pequenos ciclos internos, alcançando cerca de 220 m de espessura (Figura 3.3 e 3.4). Na base dos ciclos, ocorre argilito maciço (*Facies Fm*), micáceo, cinza-esverdeado, fraturado, com presença esporádica de finas camadas (0,03 m) de arenito maciço (*Facies Sm*), fino, esbranquiçado, passando para sucessões rítmicas centimétricas de argilitos maciços (*Facies Fm*) intercalados a arenitos maciços com superfície retrabalhada por onda (*Facies Sm*), finos, esbranquiçados, associados a siltitos laminados (*Facies Fl*), por vezes com finas lâminas ferrificadas (Figura 3.3e 3.15-A, B). Os topos dos ciclos são encerrados por bancos de arenito com estratificação cruzada tabular e/ou laminação plano-paralela truncadas por estruturas de onda (*Facies Sp* – Figura 3.3e 3.15-C), feldspáticos, grosso/muito grosso, localmente grânulos, muito silicificado, com ocorrência de lâminas de argila/silte, associados a conglomerados maciços (*Facies Gm*), com clastos/lâminas de argila (Figura 3.15– D).

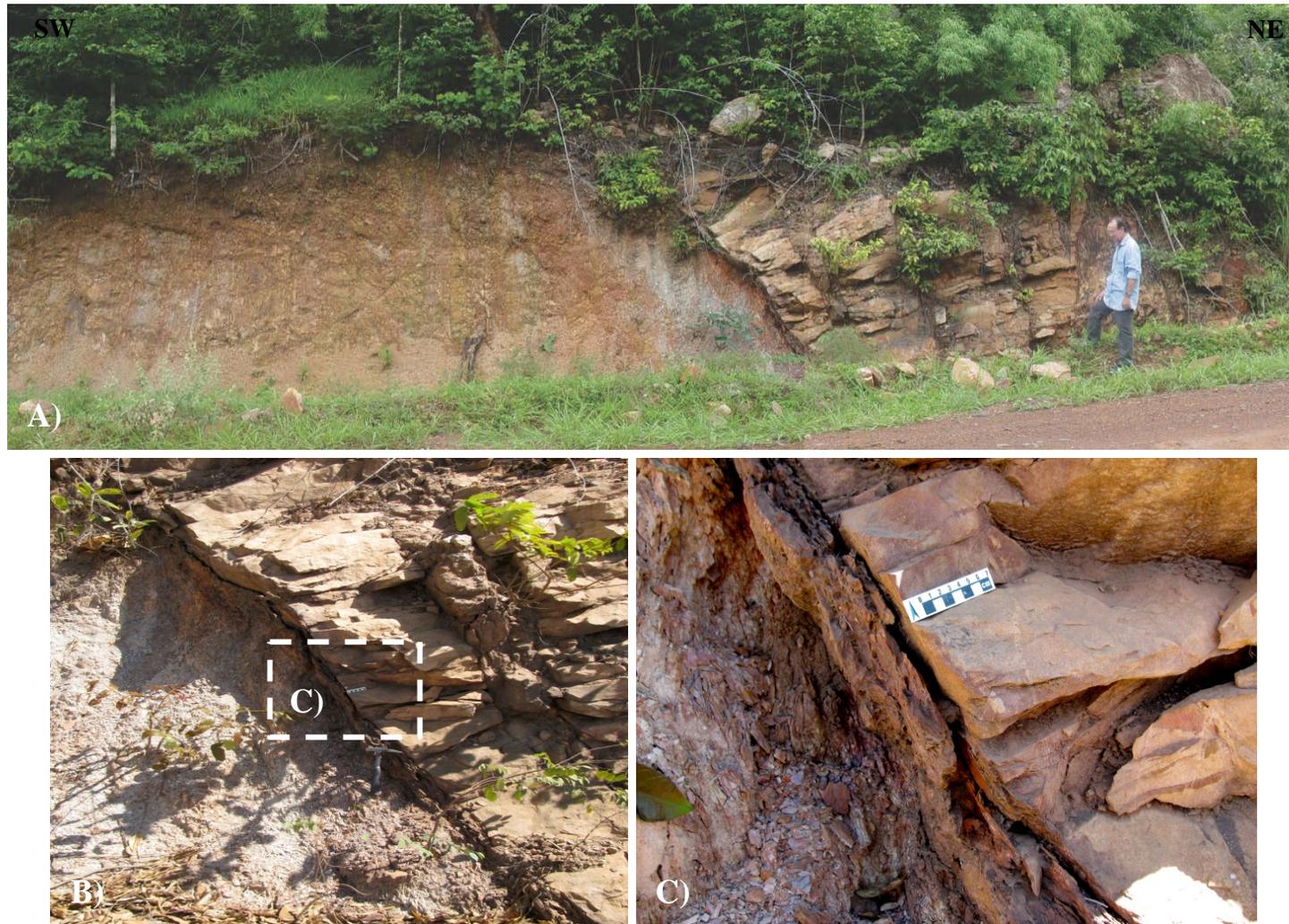


Figura 3.14: **A)** Seção panorâmica que registra contato brusco descrito entre o topo da Formação Serra Azul e base da Formação Raizama (Ciclo A), na região de Planalto da Serra-MT (Ponto PS 43, ver Figura 3.3 e 3.4). **B)** Contato brusco que limita o topo da Formação Serra Azul e o aparecimento do primeiro grande banco de arenito grosso, muito silicificado (Ciclo A), que sustenta a base da Formação Raizama. **C)** Detalhe deste contato.

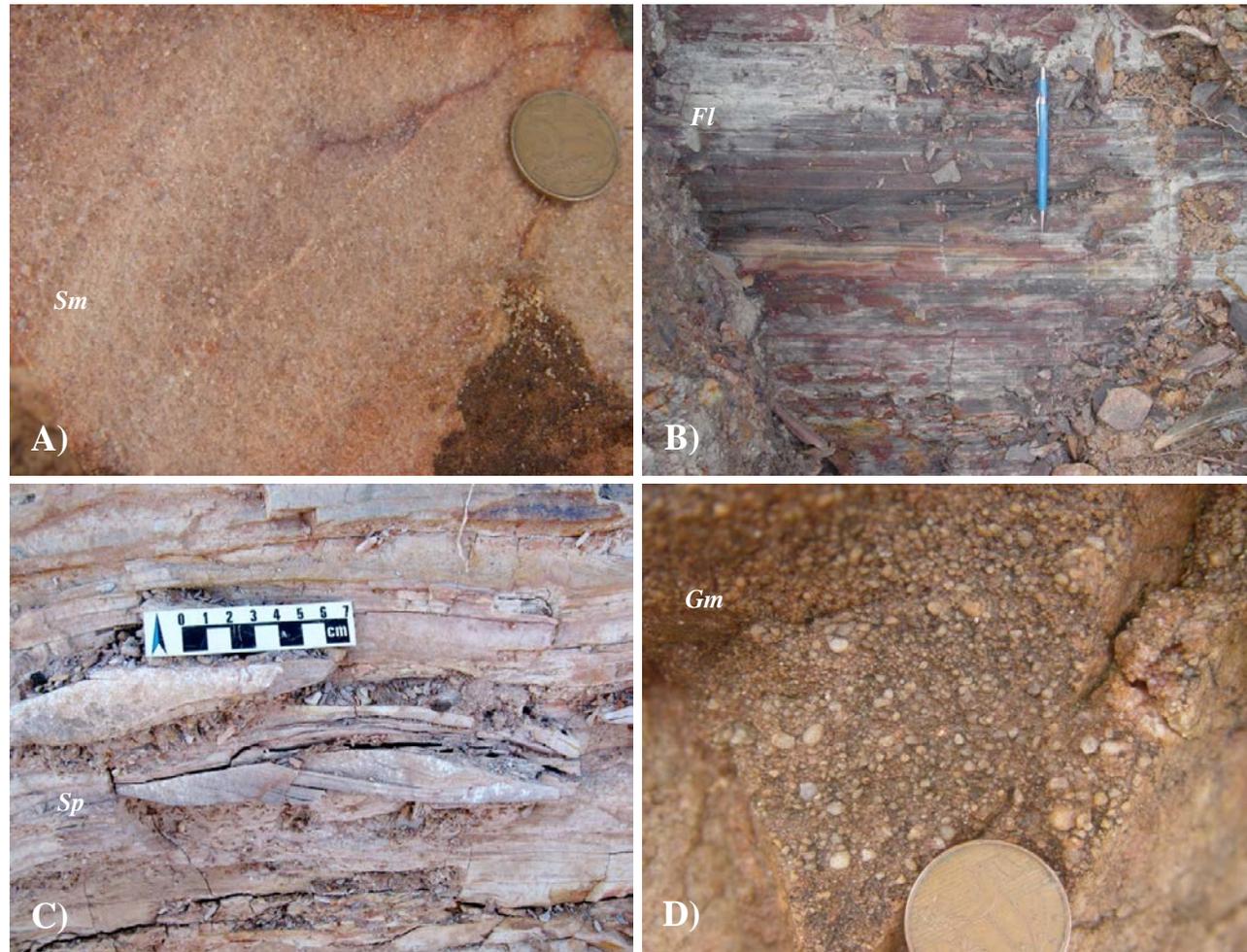


Figura 3.15: Formação Raizama; Ciclo A. **A)** Arenito maciço (*Facies Sm*), granulometria fina. **B)** Siltito finamente laminado (*Facies Fl*), com finas lâminas ferrificadas. **C)** Banco de arenito com estratificação cruzada tabular e/ou laminação plano-paralela truncadas por estruturas de ondas (*Facies Sp*), com ocorrência de finas lâminas de argila/silte. **D)** Conglomerado maciço (*Facies Gm*), com clastos de argila.

3.1.2.2.2 Ciclo B

O ‘Ciclo B’ também encontra-se organizado em pequenos ciclos internos, alcançando cerca de 120 m de espessura (Figura 3.3 e 3.4). Sua base é marcada por camada (50 m) de siltito maciço (*Facies Fm*), muito alterado, que grada para ciclos formados por sucessões rítmicas centimétricas (3 – 7 cm) de siltito laminado (*Facies Fl*), argiloso, amarelado, micáceo, intercalado a finas lâminas de arenito maciço (*Facies Sm*), fino, esbranquiçado, com aumento da proporção/camadas de areia em direção ao topo (Figura 3.3e 3.16-A, B e C). Estas sucessões rítencerram-se ao topo dos ciclos com bancos arenosos, de espessura métrica (3 m), formadas por arenitos com estratificação/laminação plano-paralela (*Facies Sp*), quartzo-feldspáticos, grosso/muito grosso a conglomerático, branco-avermelhado (Figura 3.3, 3.4 e 3.16-A).

3.1.2.2.3 Ciclo C

O ‘Ciclo C’ é o mais espesso dos ciclos, alcançando cerca de 670 m de espessura (Figura 3.3 e 3.4). Consiste em sucessões pelíticas muito alteradas, em parte encobertas e/ou dobradas, logo sua descrição foi parcialmente prejudicada por conta da ausência de bons afloramentos. Entretanto, foi possível observar a ciclicidade e ritmicidade das sucessões, à semelhança dos ciclos basais (Ciclo A e B). Os ciclos internos são formados por intercalações de siltitos laminados (*Facies Fl*) e arenitos maciços (*Facies Sm*), fino/médio, com aumento da proporção/camadas de areia em direção ao topo, associados à ocorrência de níveis de argilitos finamente laminados (*Facies Fl*), esverdeados, encerrados ao topo por finas camadas (0,5 m) de arenito maciço (*Facies Sm*), médio/grosso, muito silicificado. Acima destes ciclos de granocrescência ascendente há espessa camada (300 m) de siltito maciço (*Facies Fm*), muito alterado e/ou dobrado. O pacote se encerra ao topo com ocorrência de significativo banco de arenito maciço (cerca de 18 m de espessura – *Facies Sm*), quartzo-feldspático, médio/grosso, silicificado, branco-avermelhado, fraturado, com ocorrência de finas lâminas siltosas no seu arcabouço (Figura 3.3 e 3.17).

3.1.2.2.4 Ciclo D

O ‘Ciclo D’ possui cerca de 125 m de espessura e marca o fim dos grandes ciclos encerrados por bancos arenosos (Figura 3.3 e 3.4). Este ciclo, a semelhança do ‘Ciclo C’, encontra-se em parte encoberto e/ou dobrado, sendo ainda possível observar a ciclicidade e ritmicidade das sucessões. Também organiza-se internamente em pequenos ciclos rítmicos

formados por intercalações de siltito laminado (*Facies Fl*) com arenito maciço (*Facies Sm*), ambos ricos em mica, com aumento da proporção/camadas de areia em direção ao topo (Figura 3.3 e 3.18). Estes ciclos encerram-se em espessos bancos de arenito maciço (*Facies Sm*), com cerca de 4 m de espessura, quartzo-feldspático, grosso/muito grosso, bem silicificado, branco-avermelhado, com ocorrência de finas lâminas siltosas amarelo-esverdeado e placas de mica no seu arcabouço (Figura 3.3). Ao topo do último ciclo rítmico há ocorrência de três diques preenchidos por material caolinítico maciço, micáceo, medindo aproximadamente 50 cm cada.

Na Formação Raizama foram analisados em microscópio petrográfico apenas os arenitos maciços (*Facies Sm*), do primeiro grande banco de arenito do ‘Ciclo A’ (cerca de 14 m de espessura – Figura 3.3 e 3.14) e do arenito maciço que marca o topo do ‘Ciclo B’ (Figura 3.2 e 3.16). Estes arenitos encontram-se muito silicificados e são compostos essencialmente por grãos de quartzo detrítico, destes raros quartzos policristalinos e abundantes monocristalinos; feldspatos, raros feldspatos detríticos e alta ocorrência de plagioclásio detrítico e, rara ocorrência de mica e zircão detrítico (Figura 3.19-A, B, C e D). Nos arenitos da base, os feldspatos alcalinos apresentam ausência de geminação lamelar, ocorrência de textura pertítica e um caso isolado de mimerquita (Figura 3.19-C); os feldspatos potássicos encontram-se muito alterados para sericita, mica. Cimento é constituído principalmente por sílica (dissolução por pressão) e material caolinítico/sericítico (alteração dos feldspatos). Nos arenitos do topo do ‘Ciclo B’, os grãos de feldspato potássico encontram-se bastante alterados, caolinitizados. Há presença de fina capa de óxido de Fe, que recobre alguns grãos de feldspato, e circunda grãos de quartzo e feldspato. Características microscópicas texturais: intervalos de tamanho de grão varia de areia muito fina (0,10 mm) a areia muito grossa (1,37 mm). Tamanho de grão modal: areia fina (0,17 mm), areia média (0,31 mm), areia grossa (0,57 mm). Arcabouço composto por grãos tamanho areia (85%) e cascalho (15%). Moderadamente selecionado (0,6%). Esfericidade média, sub-arredondado devido à deformação, faturamento e dissolução por pressão. Fábrica com orientação caótica. Arcabouço suportado pelos próprios grãos. Empacotamento apertado (86). Contatos entre grãos são 54% suturados, 26% longos, 19% côncavo-convexos, 0,5% pontuais e 0,1% do tipo grão/não-grão. O sistema poroso possui tamanho médio, com poros variando de 0.5-0.25 mm, intergranular, seleção ruim, distribuição heterogênea, não-orientados. Classificação textural: Arenito sub-arcóseo.

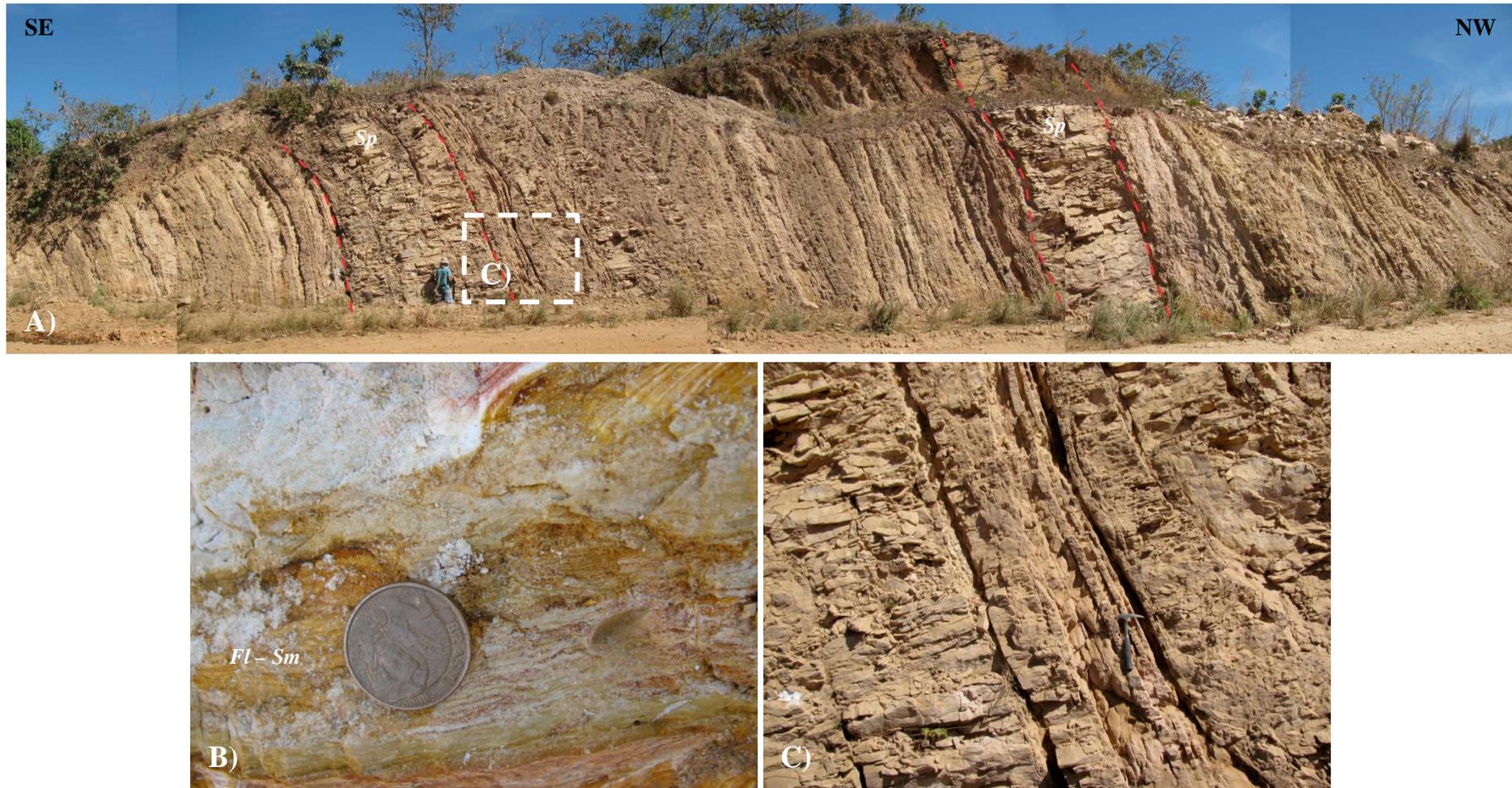


Figura 3.16: Formação Raizama; Ciclo B. **A)** Seção panorâmica que demonstra os ciclos internos compostos por sucessões rítmicas (*Facies Fl – Sm*) limitadas por grandes bancos de arenito com estratificação plano-paralela (*Facies Sp*) destacados pelas linhas tracejadas em vermelho (base à direita). **B)** Detalhe das sucessões rítmicas centimétricas (3 - 7 cm) de siltito laminado (*Facies Fl*) intercalado com finas lâminas de arenito maciço (*Facies Sm*). **C)** Detalhe do contato entre estas sucessões rítmicas e banco arenoso composto por arenito com estratificação/laminação plano-paralela (*Facies Sp*), grosso/muito grosso.



Figura 3.17: Formação Raizama; Ciclo C. Sessão panorâmica que demonstra banco de arenito maciço que marca o topo do Ciclo C (cerca de 18 m de espessura – *Facies Sm*), quartzo-felspático, médio-grosso, bem silicificado, fraturado (PS 59; ver Figura 3.3 e 3.4).

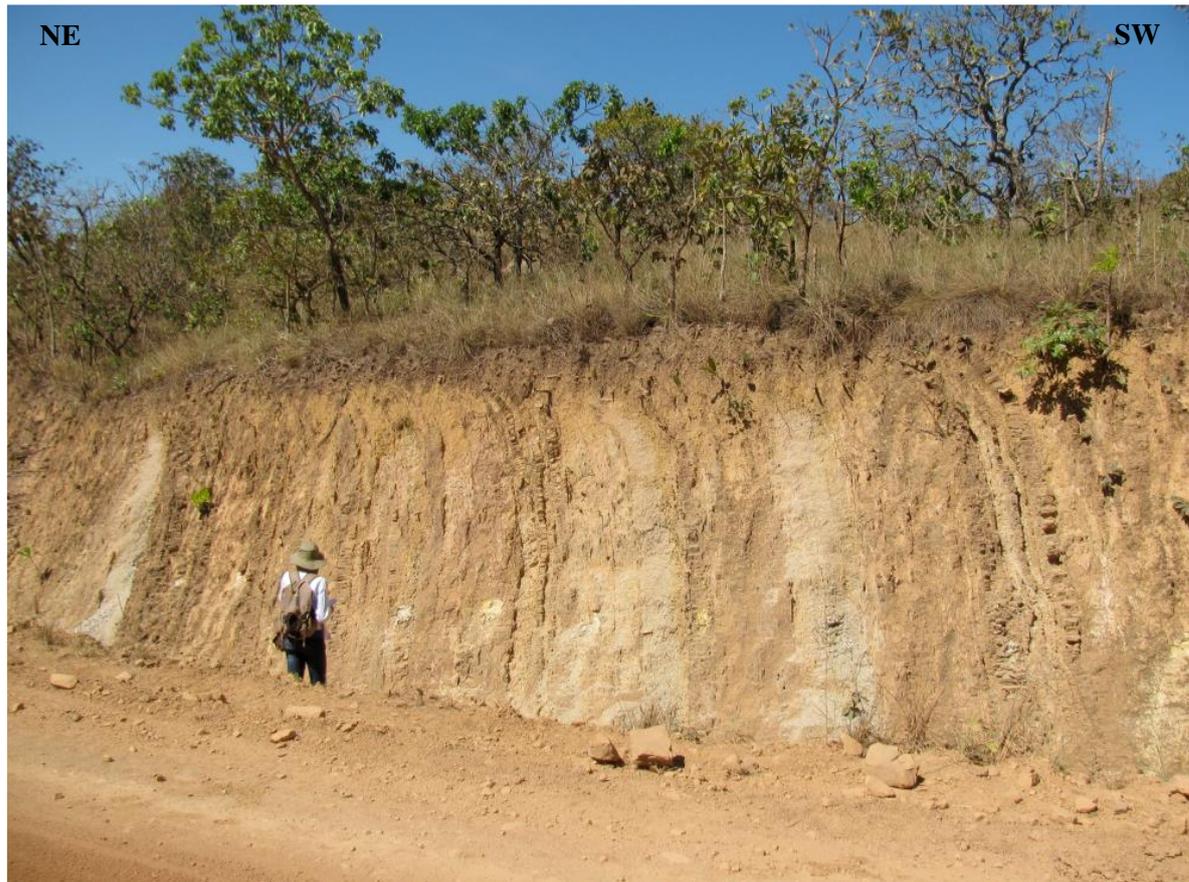


Figura 3.18: Formação Raizama; Ciclo D. Seção panorâmica que demonstra os ciclos rítmicos internos do ‘Ciclo D’, bastante intemperizado, formados por intercalações de siltito laminado (*Facies Fl*) com arenito maciço (*Facies Sm* – PS 77; ver Figura 3.3 e 3.4).

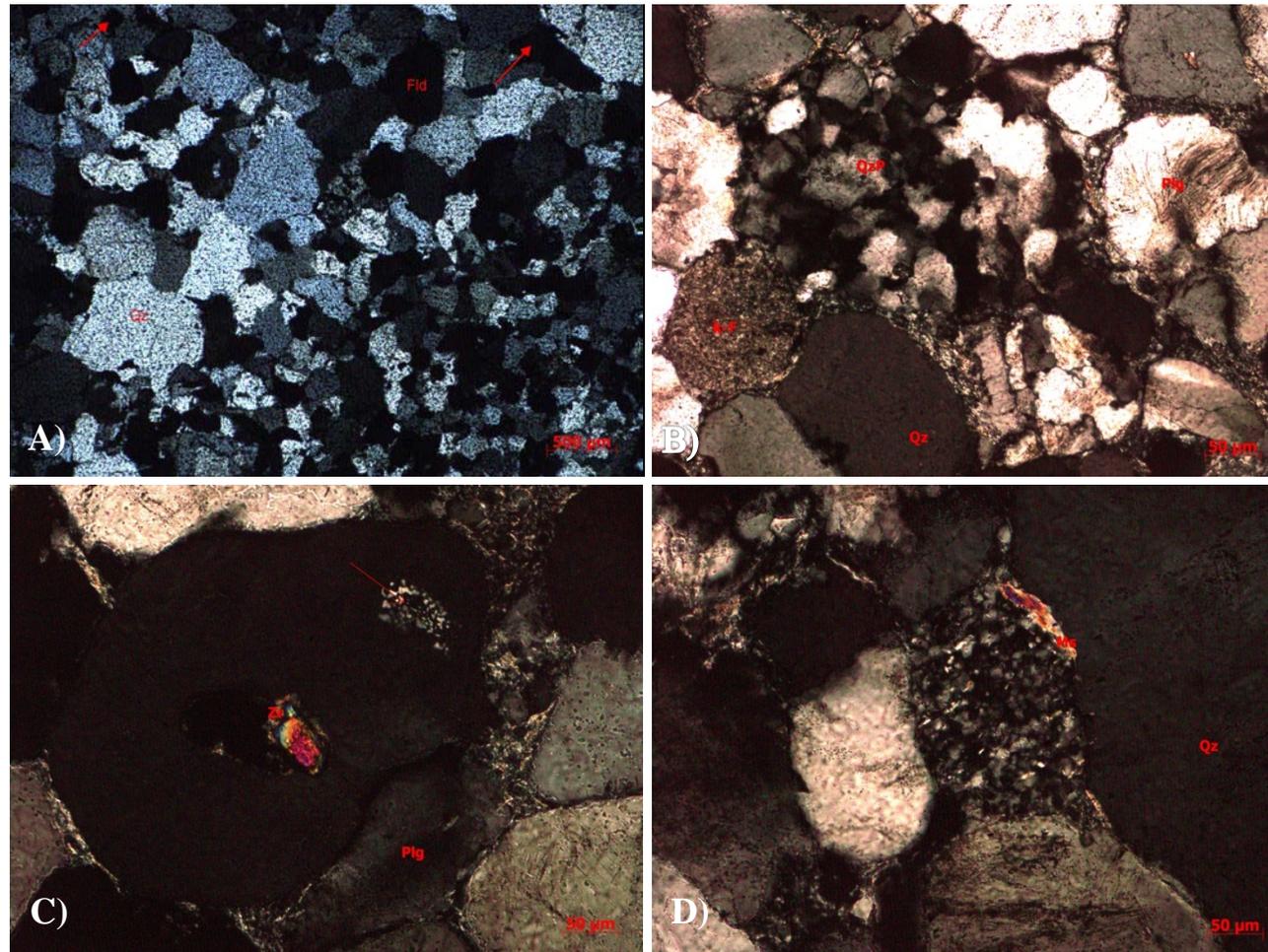


Figura 3.19: Formação Raizama. Arenito maciço (*Facies Sm*). **A)** Fotomicrografia do arenito maciço sob nicóis cruzados (óptica 5X). Setas indicam ocorrência de porosidade. **B)** Compõe-se principalmente por quartzo e feldspatos detriticos cimentados por sílica (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). **C)** Ocorrência de zircão detritico e mimerquita. (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). **D)** Ocorrência de mica (Fotomicrografia sob nicóis cruzados, óptica 10X). Qz – Quartzo; Qzp – Quartzo policrisalino; Fld – Feldspato indiferenciado; K-F – Feldspato potássico; Plg – Plagioclásio; Ms – Muscovita; Zr - Zircão.

3.1.2.3 Formação Diamantino

Estratos pertencentes à Formação Diamantino foram encontrados a noroeste do município de Planalto da Serra (Figura 3.1, 3.2 e 3.4). São siltitos que recobrem de forma brusca a última ocorrência dos grandes bancos de arenito grosso muito silicificado que limita os ciclos de pelito/arenito da Formação Raizama (Figura 3.3), abrangendo área arrasada de relevo pouco acentuado (Seção 1 – Figura 3.4 e 3.20). Estes siltitos são laminados (*Facies Fl*), muito alterados, dispostos em escassos afloramentos pobremente preservados.



Figura 3.20: Formação Diamantino. Área arrasada de relevo pouco acentuado que marca a Formação Diamantino na região de Planalto da Serra-MT.

3.2 REGIÃO DE “SETE PLACAS”

Na localidade conhecida como “Sete Placas”, foram encontrados estratos pertencentes às Formações Raizama e Diamantino (Figura 3.1 e 3.2 – Grupo Alto Paraguai). Duas seções foram estudadas, Seções 4 e 5 (Figura 3.1, 3.2, 3.21e 3.22), as quais apresentam bons afloramentos, porém descontínuos, dificultando a construção de uma seção vertical contínua. Dessa forma, segue adiante descrição detalhada destas formações.

3.2.1 Grupo Alto Paraguai

3.2.1.1 Formação Raizama

A Formação Raizama, na Seção 4, está disposta em camadas sub-horizontais (S_0 150/15 Az) de arenitos com estratificação cruzada acanalada de médio porte (*Facies St*), quartzo-feldspáticos, grosso/muito grosso, vermelho-esbranquiçado, bases dos *sets* são

conglomeráticos, com granodecrescência ascendente em direção aos *foresets* (Figura 3.23-A). O sentido da paleocorrente medida varia de 20° a 50° Az. Nos intervalos seguintes, as camadas mergulham em maior ângulo e, nesta ordem, há ocorrência de camadas arenosas com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo (*Facies Sp* – Figura 3.23-B) e com estratificação cruzada acanalada (*Facies St*) com estrutura de onda ao topo (Figura 3.23-B). Entre estes intervalos há áreas sem afloramento, as quais são atribuídas ao domínio dos sedimentos finos. Seguido de faixa de não exposição, há ocorrência de um ciclo rítmico de material pelítico maciço (*Facies Fm*), coloração de alteração avermelhada, intercalado a arenito maciço (*Facies Sm*), fino, micáceo, encerrado ao topo por arenito com estratificação cruzada *hummocky* (*Facies Sh* – Figura 3.23-C), quartzo-felspático, grosso/muito grosso, esbranquiçado, truncados bruscamente por estruturas de onda. Estes ciclos se repetem, porém com faixas alternadas parcialmente encobertas, dificultando a descrição e a localização do contato com a Formação Diamantino.

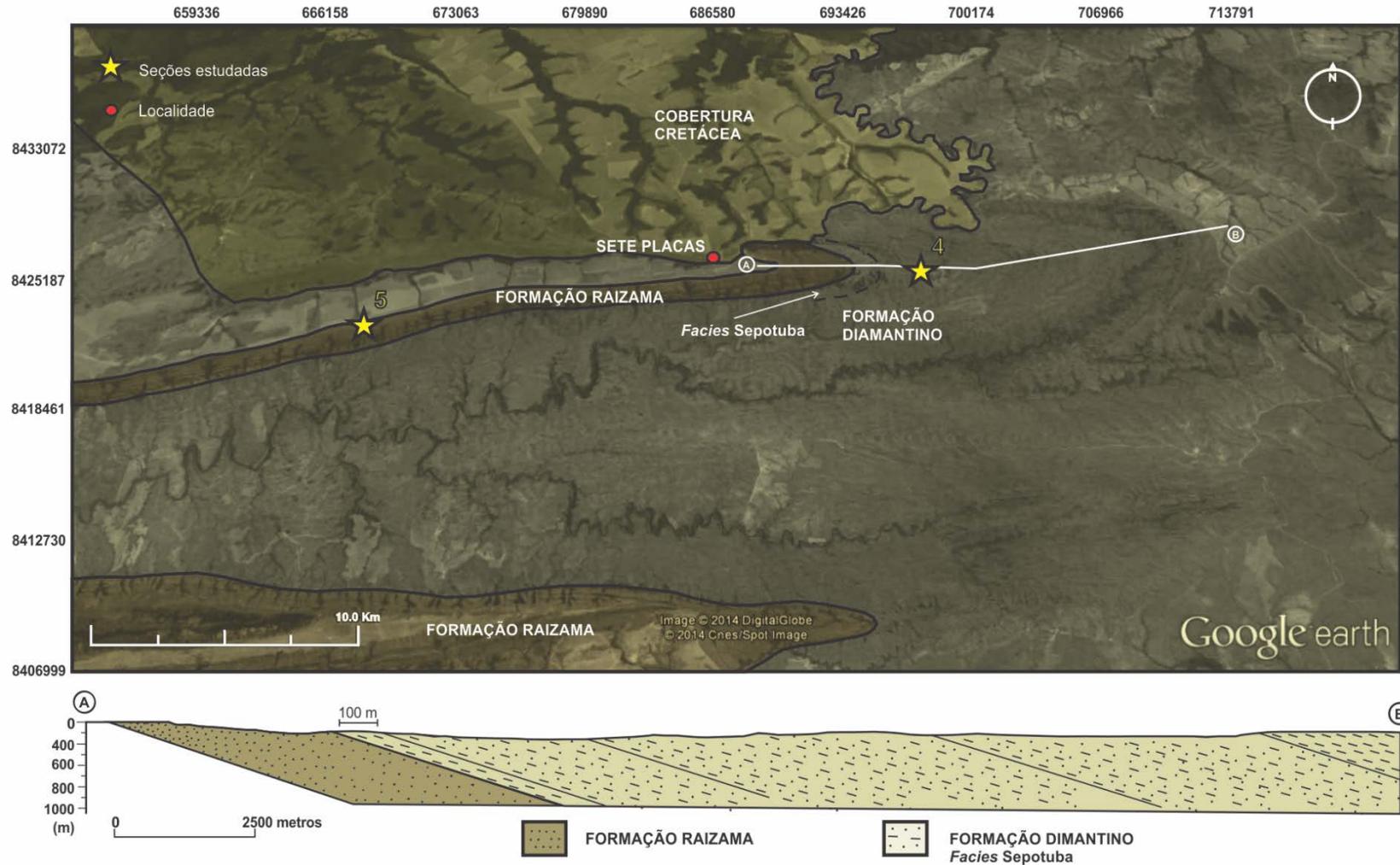


Figura 3.21: Imagem de satélite da região de “Sete Placas”; onde foram estudadas as Seções 4 (perfil A-B) e 5. O esboço marca o limite entre a Cobertura Cretácea, Formação Raizama e a Formação Diamantino. Abaixo, seção transversal esquemática da Seção 4 (perfil A-B), com espessura estimada das Formações Raizama e Diamantino (Zona UTM21; Imagen Digital Globe – Cnes/Spot Image, Google 2014).

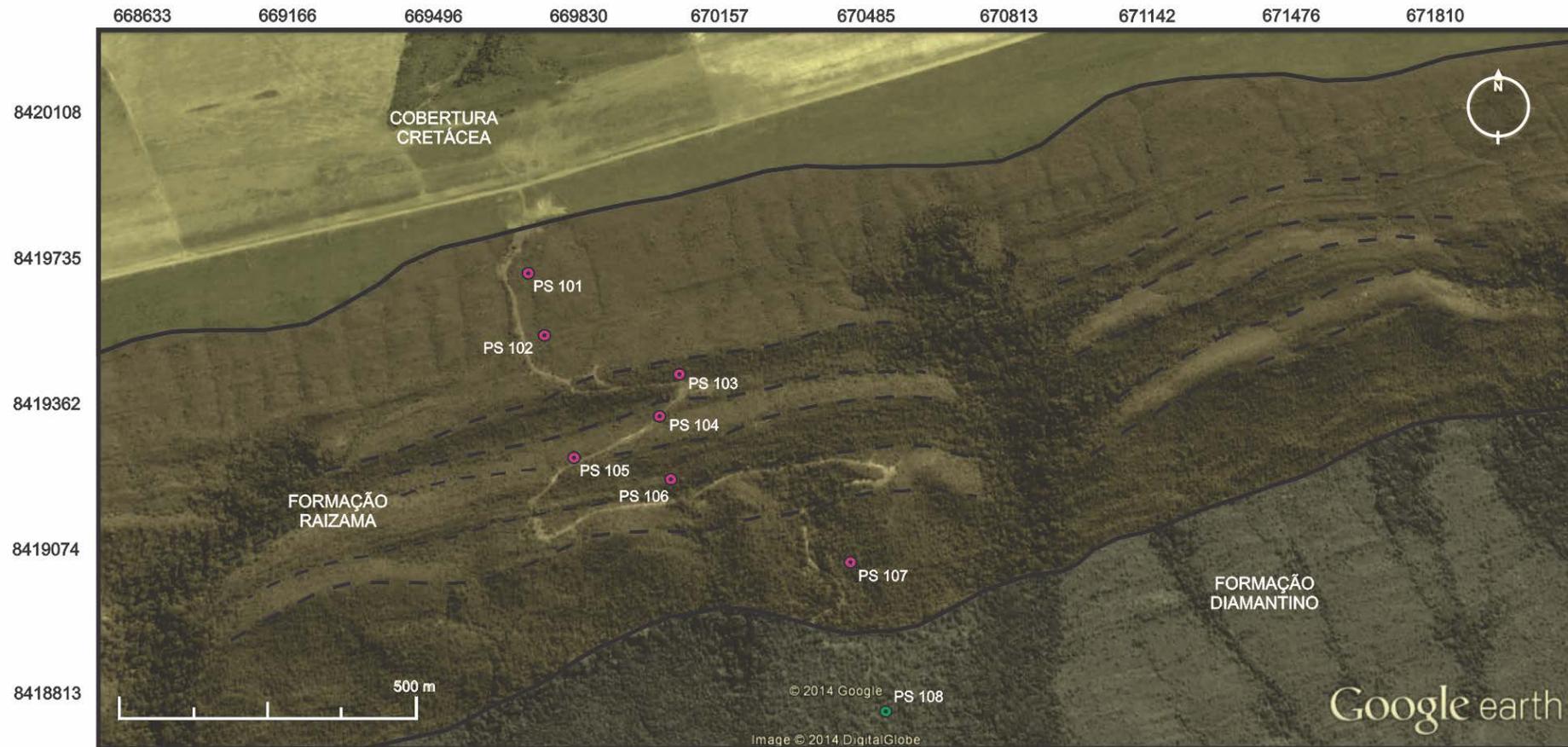


Figura 3.22: Imagem de satélite da região de “Sete Placas”. Detalhe da Seção 5 (ver Figura 3.1, 3.2 e 3.21) com a localização dos pontos descritos. O esboço marca o limite entre a Cobertura Cretácea, Formação Raizama e a Formação Diamantino. Na Formação Raizama os bancos de arenito que limitam os grandes ciclos sedimentares são bem nítidos e encontram-se destacados pelas linhas tracejadas (Zona UTM21; Imagen Digital Globe – Cnes/Spot Image, Google 2014).

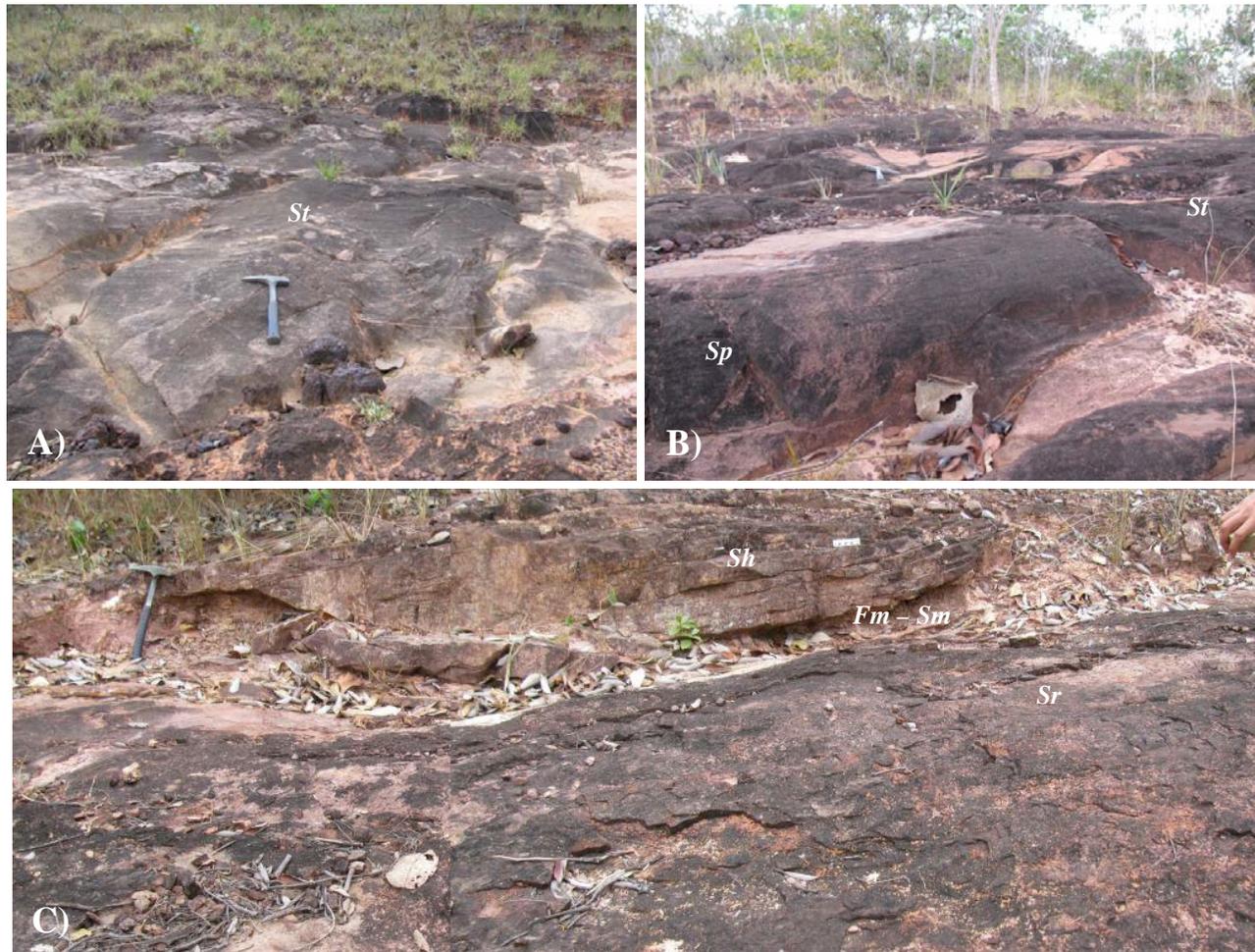


Figura 3.23: Formação Raizama, Seção 4. **A)** Camadas de arenito com estratificação cruzada acanalada com estrutura de onda ao topo (*Facies St*). **B)** Camadas de arenito com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo (*Facies Sp*). **C)** Base formada por camada de arenito com estrutura de onda (*Facies Sr*), intercalado a um ciclo rítmico de pelito maciço (*Facies Fm*) com arenito maciço (*Facies Sm*), de granulometria fina, encerrado ao topo por arenito com estratificação cruzada *hummocky* (*Facies Sh*).

Na Seção 5 ocorrem camadas sub-horizontais (S_0 150/38 Az) de arenito com estratificação cruzada incipiente (*Facies Sp*), quartzo-feldspático, micáceo, grosso/muito grosso, branco-avermelhado e conglomerático na base dos *sets* (Figura 3.24-A, B). Seguido por intercalações rítmicas (0,5 m) de pelito laminado (*Facies Fl*), amarelo-esbranquiçado, com arenito maciço (*Facies Sm*), médio-grosso, micáceo, esbranquiçado, com o aumento da proporção/camadas de areia em direção ao topo (Figura 3.24-C, D). Estas intercalações rítmicas se repetem ao longo da seção, e são encerradas por camadas arenosas semelhantes à descrita no início da seção. Ao topo, encerrando estes ciclos, foi identificado contato brusco entre pelitos de topo da Formação Raizama e a ocorrência de arenito maciço (*Facies Sm*), arcoseano, grosso/muito grosso, com aspecto conglomerático, esbranquiçado, atribuído à Formação Diamantino.

3.2.1.2 Formação Diamantino

A Formação Diamantino, na Seção 4, tem sua base marcada por domínio de cerca de 10 m de siltito laminado (*Facies Fl*), com ocorrência esporádica de camadas arenosas maciças (0,2 m – *Facies Sm*), granulometria fina/muito fina, bastante alteradas, as quais repetem-se de metros e metros que seriam atribuídas a *Facies Sepotuba* (Figura 3.21). Acima afloram alguns ciclos de finas camadas sub-horizontais (S_0 80/15 Az) de argilito/pelito finamente laminado (*Facies Fl*), de coloração amarelo-esverdeado, intercalados a arenito maciço (*Facies Sm*), quartzo-feldspático, granulometria fina/muito fina, micáceo, de coloração amarelo-esbranquiçado. Seguido por ciclo de siltito finamente laminado (*Facies Fl*), argiloso, coloração arroxeadada, intercalado a arenito com estratificação cruzada (*Facies Sp*), argiloso, coloração amarelo-esbranquiçado, com ocorrência de placas de mica marcando o plano de estratificação (Figura 3.25-A). O topo deste ciclo é marcado por afloramento em forma de lajedo, constituído de arenito com ocasionais lentes de argilito, onde há marcas de ondas simétricas (*Facies Sm* – Figura 3.25-B) e ocorrência do fenômeno de esfoliação esferoidal no argilito (*Facies Fm*). Após faixa encoberta, aflora no leito de drenagem espessa camada de arenito maciço (*Facies Sm*), quartzo-feldspático, granulometria fina, micáceo, passando em direção ao topo para um paredão com camadas sub-horizontais de arenito maciço (*Facies Sm*), granulometria fina, cinza-avermelhado, intercalado com lâminas centimétricas de argilito maciço esverdeado (*Facies Fm* – Figura 3.25-C). Muito próximo desta drenagem, aflora sucessão com níveis esverdeados, ricos em mica, com espessura centimétrica e contínua lateralmente, intercalados às camadas cíclicas de argilito-arenito (Figura 3.25-D).

Na Seção 5, foi possível identificar contato brusco entre o topo da Formação Raizama e a base da Formação Diamantino (Figura 3.21). Este contato é marcado pelo término dos ciclos rítmicos da Formação Raizama, encerrado por banco arenoso que dá lugar a siltitos finamente laminados (*Facies Fl*), argilosos, coloração arroxeadada, ricos em mica, os quais seriam atribuídos à *Facies* Sepotuba definida aqui como base da Formação Diamantino.

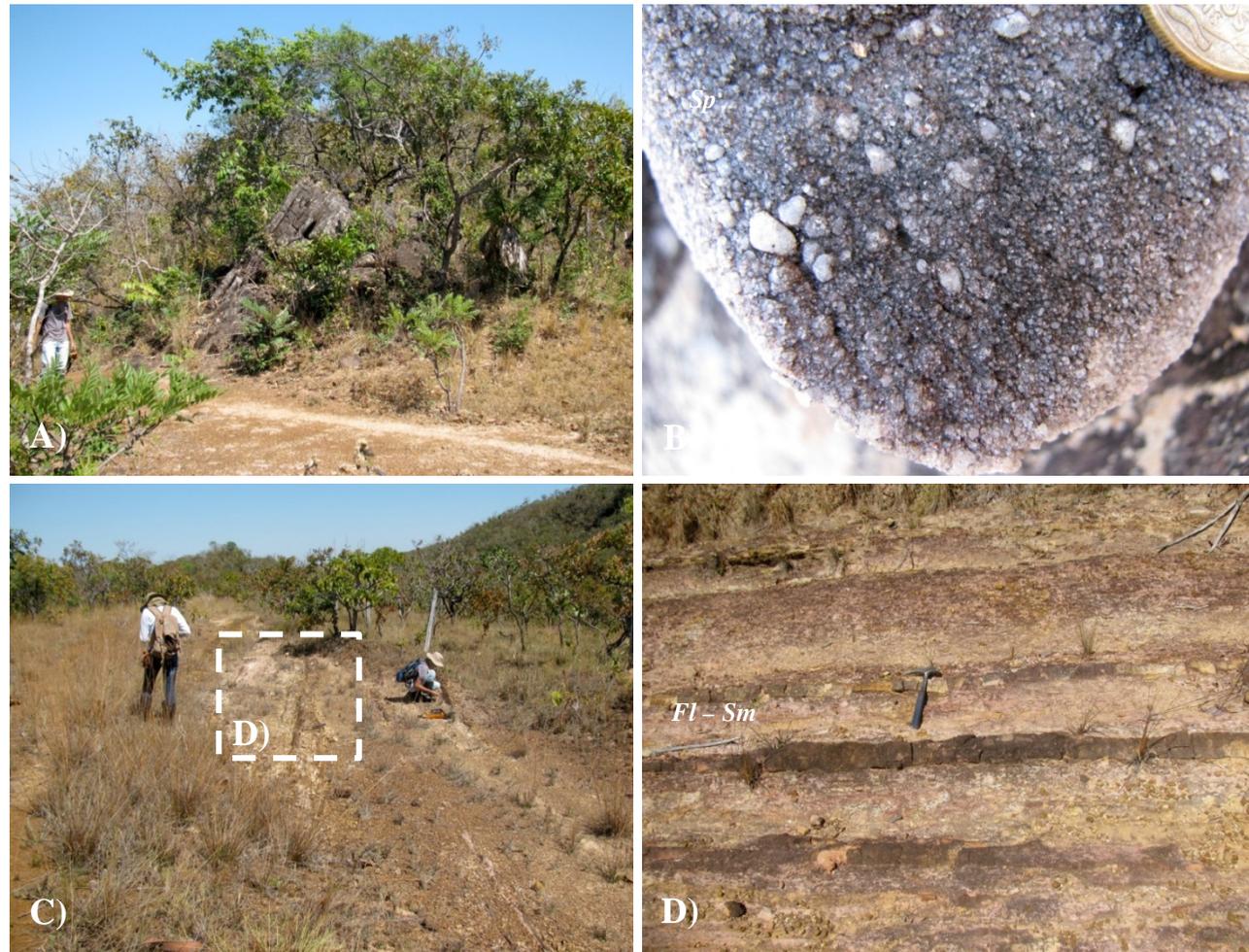


Figura 3.24: Formação Raizama, Seção 5. **A)** Banco de arenito com estratificação cruzada incipiente (*Facies Sp*), conglomerático na base dos *sets*. **B)** Detalhe da *Facies Sp*, com ocorrência de seixos e grânulos. **C)** Intercalações rítmicas (~ 0,5 m) de pelito laminado (*Facies Fl*) com arenito maciço (*Facies Sm*). **D)** Detalhe destas intercalações rítmicas (*Facies Fl/Sm*).



Figura 3.25: Formação Diamantino, Seção 4. **A)** Ciclo formado por siltito finamente laminado (*Facies Fl*) e arenito com estratificação cruzada (*Facies Sp*), com placas de mica marcando o plano de estratificação. **B)** Afloramento em forma de lajedo, constituído de arenito com ocasionais lentes de arglito, onde há marcas de ondas simétricas (*Facies Sr*). **C)** Paredão com camadas sub-horizontais de arenito maciço (*Facies Sm*) intercalado a lâminas centimétricas de argilito maciço esverdeado (*Facies Fm*). **D)** Sucessão com níveis esverdeados, ricos em mica, de espessura centimétrica e contínuos lateralmente, intercalados às camadas de argilito-arenito (*Facies Fm – Sm*).

4 QUIMIOESTRATIGRAFIA

O estudo quimioestratigráfico foi realizado na Seção 3, nos 80 m de calcários estromatolíticos (*Facies Ls*) pertencentes à *Facies Carbonática* da Formação Pacu, unidade superior do Grupo Araras (Coordenadas UTM 0750899/8380324 – Figura 3.1 e 3.2). Esta seção foi sistematicamente medida e amostrada a cada 3 metros. As amostras foram selecionadas para análises isotópicas (C, O e Sr) e geoquímica elementar (Tabela 4.1) que foram utilizadas para produzir curvas quimioestratigráficas (Figura 4.1) que contribuirão no estudo de correlações quimioestratigráficas regionais no contexto da Faixa Paraguai Norte e Glaciação Gaskiers. Razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ foram obtidas a partir de amostras contendo teores acima de 1300 ppm de Sr, de forma a produzir dados confiáveis.

A análise geoquímica revelou que a seção calcária da Formação Pacu possui altas concentrações de Sr, que variam de 0 a 3500 ppm. Essas amostras também exibem um baixo conteúdo de SiO_2 e Al_2O_3 (Tabela 4.1).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ para esta seção mostram na sua base o valor +6,5‰ aumentando levemente ao longo de 54 m atingindo +7,9‰, enquanto que nos últimos 20 m os valores encontrados estão entre +8,4‰ e +8,9‰ (Tabela 4.1). Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ encontrados são muito baixos, entre -7,9‰ e -4,7‰.

As razões isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ foram obtidas em sete amostras e apresentam valores coerentes e homogêneos entre 0.70870 e 0.70877 (Tabela 4.1 e Figura 4.1).

Tabela 4.1: Isótopos de C, O, Sr e geoquímica elementar dos calcários da Formação Pacu.

Nº	Amostra	Grupo	Formação	Nível (m)	Litologia	$\delta^{13}\text{C}\%$ PDB	$\delta^{18}\text{O}\%$ PDB	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MnO	CaO	MgO	Sr ppm	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
1	PS 62A			2	Calcarenito	6.5	-5.3	2.5%	1.0%	0.3%	0.0%	53.3%	0.5%	2800	0.70873±1
2	PS 62B			3	Calcarenito	6.8	-5.1	2.8%	1.2%	0.3%	0.0%	51.8%	0.7%	200	
3	PS 62C			6	Calcarenito	6.8	-4.7	6.3%	1.2%	0.2%	0.0%	50.5%	0.6%	3400	
4	PS 62D			9	Calcarenito	7.0	-6.3	2.8%	1.2%	0.4%	0.0%	52.9%	0.5%	3500	0.70870±1
5	PS 62E			12	Calcarenito	7.1	-5.8	2.0%	0.7%	0.2%	0.0%	50.0%	0.5%	2900	
6	PS 62F			15	Calcarenito	7.3	-6.1	3.7%	1.2%	0.4%	0.0%	52.1%	0.7%	3200	
7	PS 62G			18	Calcarenito	7.2	-6.5	3.1%	1.2%	0.3%	0.0%	52.6%	0.5%	3400	0.70873±1
8	PS 62H			21	Calcarenito	7.4	-6.8	4.8%	1.1%	0.2%	0.0%	51.5%	0.5%	3500	
9	PS 62I			24	Calcarenito	7.6	-6.6	3.5%	1.1%	0.3%	0.0%	52.1%	0.4%	3100	
10	PS 62J	ARARAS	PACU	27	Calcarenito	7.3	-6.7	2.9%	1.2%	0.3%	0.0%	52.6%	0.5%	3200	
11	PS 62K			30	Calcarenito	6.6	-6.3	2.4%	0.9%	0.2%	0.0%	53.8%	0.6%	2800	0.70873±1
12	PS 62L			33	Calcarenito	7.1	-7.1	3.1%	1.4%	0.4%	0.0%	52.0%	0.5%	3400	
13	PS 62M			36	Calcarenito	7.2	-6.8	2.8%	1.7%	0.2%	0.0%	54.6%	0.5%	3500	0.70871±1
14	PS 62N			39	Calcarenito	6.9	-7.3	5.0%	2.2%	0.6%	0.0%	50.4%	0.5%	3400	
15	PS 62O			42	Calcarenito	6.9	-6.2	4.9%	2.0%	0.7%	0.0%	48.2%	1.2%	1300	
16	PS 62P			45	Calcarenito	7.5	-6.3	2.6%	1.0%	0.4%	0.0%	52.8%	0.7%	3000	0.70872±1
17	PS 62R			48	Calcarenito	7.0	-5.8	3.5%	0.8%	0.4%	0.0%	51.9%	1.3%	0	
18	PS 62S			51	Calcarenito	7.9	-5.7	3.9%	1.0%	0.3%	0.0%	51.4%	0.6%	3100	
19	PS 63			54	Calcarenito	7.8	-6.4	4.4%	1.2%	0.4%	0.0%	51.6%	0.7%	3100	
20	PS 64A			61	Calcarenito	8.9	-6.5	5.4%	1.0%	0.2%	0.0%	51.7%	0.7%	3100	0.70877±1
21	PS 64B			72	Calcarenito	8.5	-7.0	5.2%	1.9%	0.7%	0.0%	49.8%	1.2%	2700	
22	PS 64C			80	Calcarenito	8.4	-7.9	6.1%	1.2%	0.2%	0.0%	49.6%	0.6%	3300	

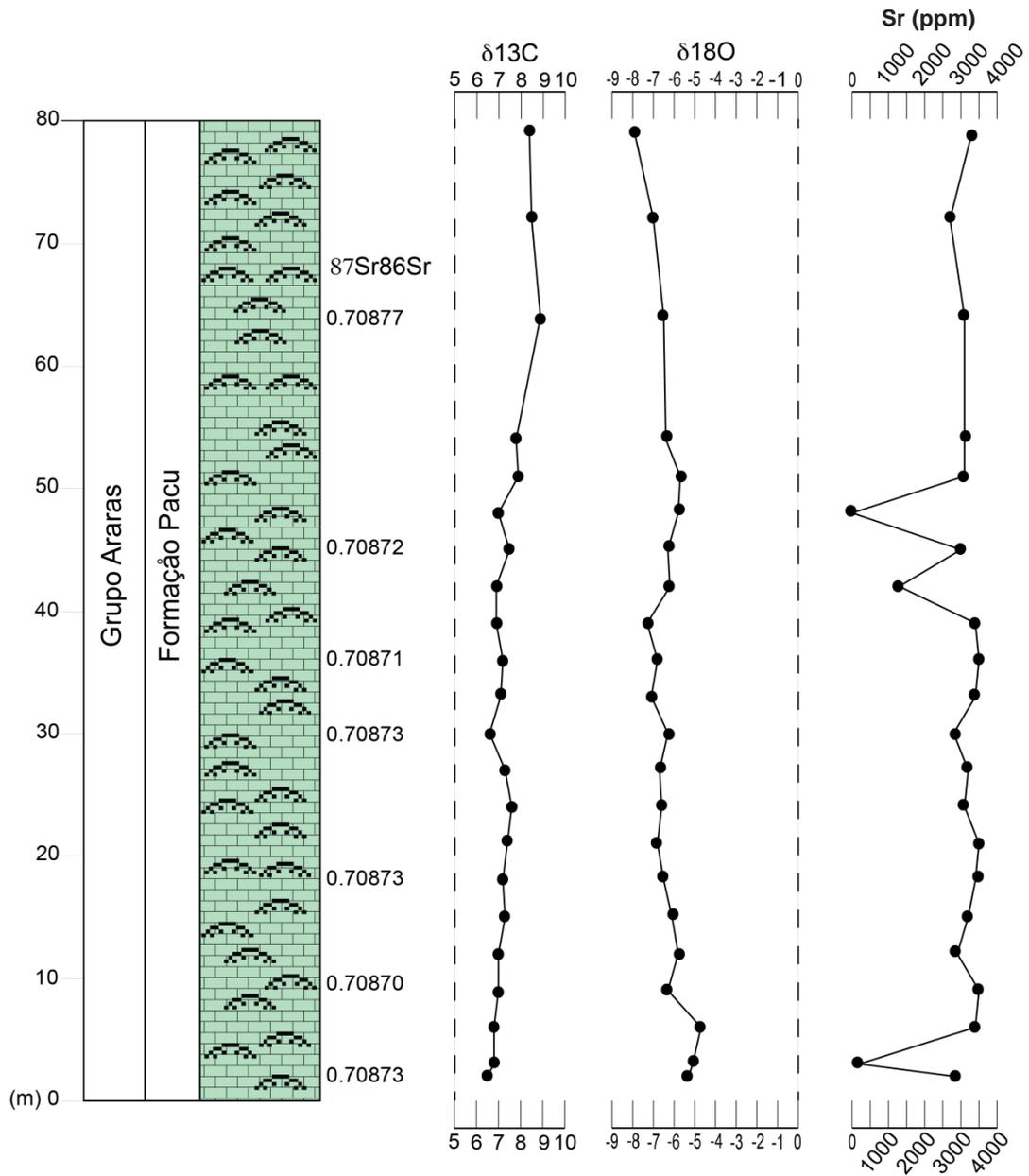


Figura 4.1: Curvas quimioestratigráficas de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ e razões isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para a *Facies Carbonática* da Formação Pacu, Grupo Araras, região de Planalto da Serra (ver Figura 3.2 – Seção 3).

5 GEOCROLOGIA

Seis amostras coletadas no Grupo Alto Paraguai foram selecionadas para análise de proveniência sedimentar, baseada em dados geocronológicos U-Pb obtidos em grãos de zircão detrítico.

5.1 RESULTADOS

A análise geocronológica gerou uma ampla faixa temporal, a partir da base até o topo do Grupo Alto Paraguai. As amostras PS 07 (arenito fino/médio), PS 08-A (arenito fino/médio), PS 40-C (arenito médio/grosso) e PS 22 (diamictito de matriz acinzentada) pertencem a Formação Serra Azul. As amostras PS 11 (arenito grosso) e PS 30 (arenito fino/médio) pertencem a Formação Raizama. A amostra PS 10 (arenito fino/médio) é da Formação Diamantino. Os grãos de zircão detríticos recuperados destas amostras variam granulométricamente de areia muito fina a tamanho silte, morfológicamente caracterizados por grãos bem arredondados, estando alguns quebrados e/ou com bordas agudas (subédricos). Tais características morfológicas estão diretamente relacionadas ao intemperismo, transporte e deposição. Dados geocronológicos são apresentados nas Figuras 5.1 e 5.2 e os dados analíticos são fornecidos na Tabela suplementar em Anexos. Idades são apresentadas utilizando a razão $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$; todos desvios padrão são apresentados no nível sigma 1 (1σ) e médias ponderadas possuem 95% de confiança.

Formação Serra azul

PS 07 (Arenito fino/médio). No total, 59 análises LA-ICP-MS foram obtidas de 54 grãos de zircão recuperados da amostra PS 07. A análise mais jovem, apenas um grão, 297 ± 5 Ma (conc. 91%) mostra uma herança Paleozóica. Os próximos dois grãos mais jovens registram idades 593 ± 4 Ma (conc. 95%) e 619 ± 7 Ma (conc. 99,7%). A maioria dos outros grãos encontra-se entre 1599 ± 9 Ma e 880 ± 6 Ma, Mesoproterozóicos. Quatro picos proeminentes ocorrem em 2737 ± 7 Ma, 2220 ± 7 Ma, 2042 ± 5 Ma e 1861 ± 8 Ma, o primeiro pico Neoarqueano e os três últimos Paleoproterozóicos.

PS 08-A (Arenito fino/médio). No total, 64 análises LA-ICP-MS foram obtidas de 46 grãos de zircão recuperados da amostra PS 08-A. A maioria das análises são concordantes e situam-se entre 2028 ± 14 Ma e 951 ± 5 Ma, principalmente Paleoproterozóicos e Mesoproterozóicos.

PS 40-C (arenito médio/grosso). No total, 58 análises LA-ICP-MS foram obtidas de 54 grãos de zircão recuperados da amostra PS 40-C. A maioria das análises são concordantes e se espalham principalmente entre 925 ± 11 Ma e 1835 ± 9 Ma, com pico expressivo no Mesoproterozóico, a 1174 ± 10 Ma.

PS 22 (Diamictito matriz cinza). No total, 64 análises LA-ICP-MS foram obtidas de 58 grãos de zircão recuperados da amostra PS 22. A maioria das análises são concordantes e se espalham principalmente entre 906 ± 7 Ma e 2023 ± 7 Ma, com dois picos extremos, um a 845 ± 6 Ma e outro em 2601 ± 4 Ma, Neoproterozóico e Neoarqueano, respectivamente.

Formação Raizama

PS 11 (Arenito grosso). No total, 64 análises LA-ICP-MS foram obtidas de 57 grãos de zircão recuperados da amostra PS 11. As análises são predominantemente concordantes e situam-se entre 888 ± 4 Ma e 1915 ± 8 Ma, com dois picos expressivos em 1454 ± 10 e 1780 ± 7 Ma no Paleoproterozóico.

PS 30 (Pelito/Arenito médio-fino). No total, 64 análises LA-ICP-MS foram obtidas de 59 grãos de zircão recuperados da amostra PS 30. Quatro grupos de dados são evidentes. As idades do primeiro grupo são as mais jovens 967 ± 7 Ma, 970 ± 18 Ma e 999 ± 5 Ma, Neoproterozóicos. Enquanto que os três grupos principais de dados variam entre 1134 ± 6 Ma a 1363 ± 8 Ma, 1450 ± 6 Ma a 1572 ± 8 Ma e 1712 ± 8 Ma a 1976 ± 7 Ma, com contribuição principalmente Mesoproterozóica e pico expressivo em 1552 ± 8 Ma.

Formação Diamantino

PS 10 (Pelito/Arenito médio/fino). No total, 64 análises LA-ICP-MS foram obtidas de 57 grãos de zircão recuperados da amostra PS 10. As análises mais jovens, apenas dois grãos, 567 ± 4 Ma a 694 ± 4 Ma, mostram herança Ediacarana. Enquanto que a maioria dos outros grãos são Mesoproterozóicos com picos no Paleozóico e Neoarqueano.

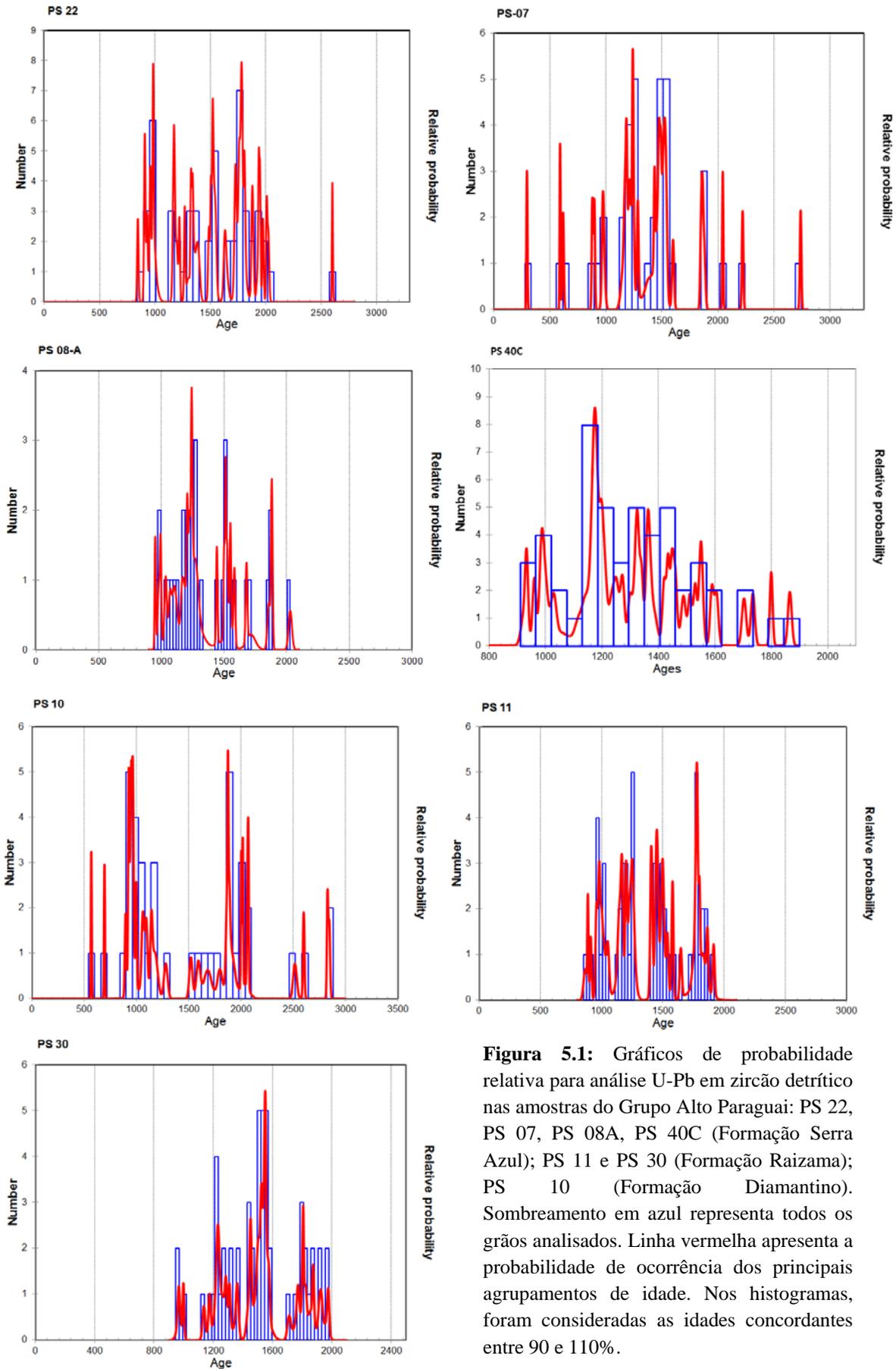


Figura 5.1: Gráficos de probabilidade relativa para análise U-Pb em zircão detrítico nas amostras do Grupo Alto Paraguai: PS 22, PS 07, PS 08A, PS 40C (Formação Serra Azul); PS 11 e PS 30 (Formação Raizama); PS 10 (Formação Diamantino). Sombreamento em azul representa todos os grãos analisados. Linha vermelha apresenta a probabilidade de ocorrência dos principais agrupamentos de idade. Nos histogramas, foram consideradas as idades concordantes entre 90 e 110%.

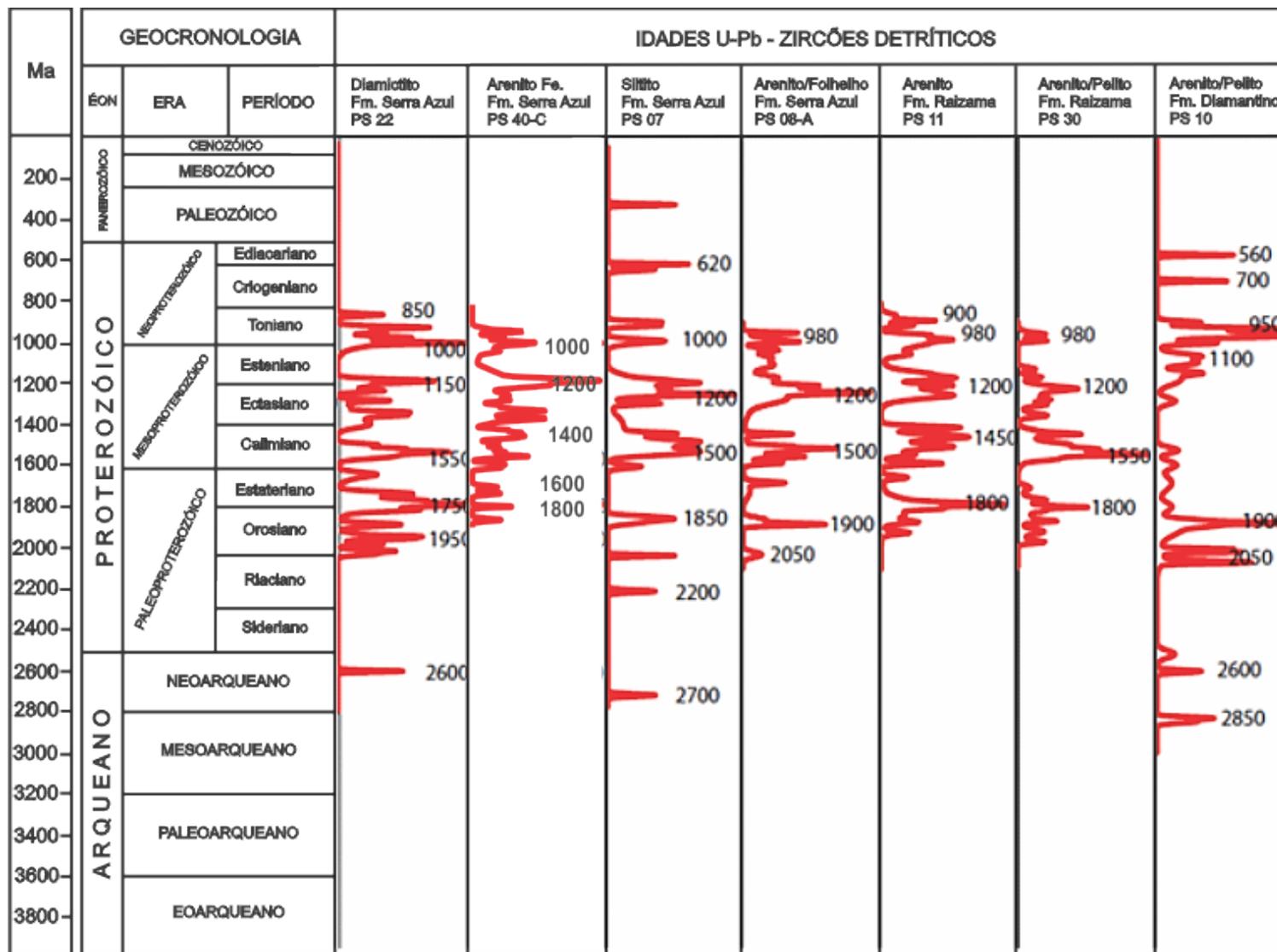


Figura 5.2: Probabilidade das idades relativas U-Pb obtidas em zircões detríticos das amostras coletadas nas formações Serra Azul, Raizama e Diamantino, Grupo Alto Paraguai.

6 DISCUSSÃO

Este item foi desenvolvido a fim de integrar, em ordem cronológica, as análises paleoambientais e estratigráficas em combinação com os dados quimioestratigráficos e geocronológicos existentes, propiciando uma visão geral sobre a história geológica das unidades superiores do segmento E-W da Faixa Paraguai Norte.

6.1 GRUPO ARARAS: Unidade Superior

6.1.1 Formação Pacu

Uma nova unidade estratigráfica denominada Formação Pacu foi definida na Comunidade Pacu, sudeste de Planalto da Serra (Souza *et al.*, 2012). Esta unidade foi subdividida em *Facies* Argilosa (base) e *Facies* Carbonática (topo). Na área estudada, a *Facies* Argilosa é representada por laminito (*Facies* Lm) e argilito carbonático/silicificado laminado (*Facies* Fl), situada logo acima dos doloarenitos da Formação Nobres e, é interpretada como de ambiente marinho raso a transicional. O contato brusco entre esses doloarenitos e os laminitos/argilitos da *Facies* Argilosa sugere uma transgressão marinha (Souza *et al.*, 2012). A *Facies* Carbonática, representada por calcários cinza escuros com estruturas estromatolíticas colunares (*Facies* Ls), possui espessura estimada em mais 200 m na sua área tipo e em torno de 80 m na área de estudo e são interpretados como representante de plataforma carbonática rasa.

A geoquímica elementar (Tabela 4.1) da *Facies* Carbonática caracteriza a seção carbonática como litologicamente homogênea, essencialmente calcítica, com baixa influência de terrígenos. Isotopicamente (Tabela 4.1) esta unidade difere-se em relação aos dados isotópicos classicamente descritos para o Grupo Araras (Formações Mirassol d'Oeste, Guia e Nobres). Os dados $\delta^{13}\text{C}$ da Formação Pacu apresentam intervalo de valores positivos entre +6.5‰ a +8.9‰, que são distintos daqueles encontradas na base do Grupo Araras. Valores negativos variando entre -10.5‰ e -1.7‰ ocorrem na capa dolomítica da Formação Mirassol d'Oeste (Nogueira *et al.*, 2003, 2007; Alvarenga *et al.*, 2004, 2008; Font *et al.*, 2006) e entre -5.4‰ e +0.1‰ em calcário laminado e calcário argiloso da Formação Guia (Alvarenga *et al.*, 2004, 2008; Nogueira *et al.*, 2007; Figueiredo, 2006), enquanto que valores positivos mais altos de até +9.6‰ foram descritos para a formação Nobres (Alvarenga *et al.*, 2004, 2008).

Há um padrão de aumento gradativo dos valores $\delta^{13}\text{C}$ encontrados desde a Formação Mirassol d'Oeste até a Formação Nobres e esse padrão difere dos dados positivos constantes encontrados para a Formação Pacu. Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ encontrados para a Formação Pacu são muito baixos, entre -7,9‰ e -4,7‰. Na Formação Mirassol d'Oeste os valores variam entre -8,0‰ e -1,9‰ (Alvarenga *et al.*, 2008). Variam entre -10,6‰ a -5,8‰ na Formação Guia (Alvarenga *et al.*, 2004, 2008; Nogueira *et al.*, 2007a). Para a Formação Nobres variam entre -6,7‰ a -0,1 ‰ (Pinho *et al.*, 2003; Alvarenga *et al.*, 2004; Figueiredo, 2006; Nogueira *et al.*, 2007a).

Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dos calcários da Formação Pacu são semelhantes, com variações apenas na última casa decimal (0.70870-0.70877 – Tabela 4.1). Estes valores, comparados aos obtidos para a Formação Guia (0.70763-0.70780 – Alvarenga *et al.*, 2004, 2008, 2010), exibem razões ligeiramente mais altas, indicando deposição em intervalos de idade mais jovens do Ediacarano, pós Glaciação Gaskiers. As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtidas para a Formação Pacu quando lançadas na curva de variação isotópica de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da água do mar (Halverson *et al.*, 2007, 2010 – Figura 6.1) também indicam idade de sedimentação pós Glaciação Gaskiers. Considerando o recobrimento desses calcários pelos diamictitos considerados correlatos à Glaciação Gaskiers (Formação Serra Azul, Grupo Alto Paraguai), globalmente datada em 582 Ma (Bowring *et al.*, 2003; Knoll *et al.*, 2004), seria de se esperar uma idade superior a 582 Ma para a Formação Pacu.

Dados de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0.7084 e 0.7085 descritos para os calcários da Formação Tamengo, Grupo Corumbá, Faixa Paraguai Sul (Boggiani, 1998; Boggiani *et al.*, 2010; Alvarenga *et al.*, 2011), local com ocorrência de assembleia de microfósseis, característicos da transição final do Neoproterozóico-Cambriano, dominada por *Corumbella weneri* e *Cloudina lucianoi*, sugerem deposição entre 570 – 545 Ma (Boggiani *et al.*, 2010). Valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ muito próximos aos da Formação Tamengo, entre 0.7086 e 0.7088, também foram encontrados para a Formação Serra Azul (Figueiredo, 2006, 2010; Alvarenga *et al.*, 2010). Essas informações, comparadas às razões encontradas para a Formação Pacu, revelam certa constância nos valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e registram a necessidade de mais investigações, a fim de verificar se a curva global de valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ apresenta valores praticamente constantes entre 582 e 543 Ma. Os dados produzidos poderão ajudar a melhorar a resolução desta curva global (Halverson *et al.*, 2007, 2010), sendo preciso aprimorar a calibração geocronológica das compilações existentes para estabelecer uma curva global com bom grau de confiabilidade.

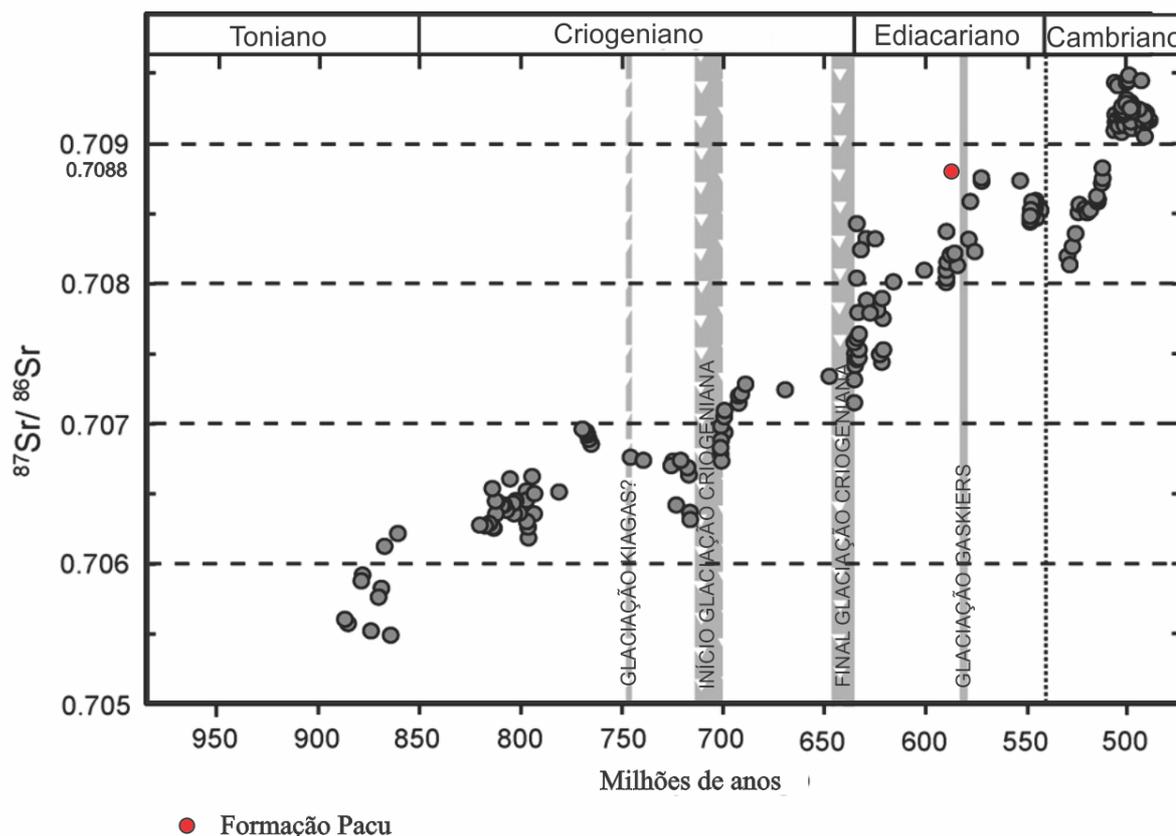


Figura 6.1: Curva marinha de razões isotópicas de Sr para o Neoproterozóico e Cambriano (Adaptado de Halverson *et al.*, 2007, 2010). Os calcários da Formação Pacu, estão estratigráficamente abaixo da Formação Serra Azul, e a plotagem das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dessa formação levou em consideração que os diamictitos da Formação Serra Azul sejam correlatos à Glaciação Gaskiers.

Idades Pb-Pb obtidas nos carbonatos de capa da Formação Mirassol d'Oeste e, calcário laminado e calcário argiloso da Formação Guia apresentam idades de 627 ± 32 Ma (Babinski *et al.*, 2006) e 580 ± 77 Ma (Figueiredo, 2010), respectivamente. A idade Pb-Pb de 633 ± 25 Ma dos carbonatos de capa da Formação Mirassol d'Oeste, interpretada como idade máxima de deposição, permite uma boa correlação com a Glaciação Marinoana (635 Ma – Hoffman *et al.*, 2004; Condon *et al.*, 2005) e, o alto erro analítico obtido para as razões isotópicas de Pb na Formação Guia restringe sua interpretação geocronológica, podendo esta idade representar tanto a idade de sedimentação, quanto a idade de deformação (Figueiredo, 2010). As idades Sm-Nd e idade modelo T_{DM} das formações Mirassol d'Oeste e Guia são similares, com valores de ϵ_{Nd} entre -8.2 a -11 e T_{DM} em torno de 2 Ga (Dantas *et al.*, 2009). Os doloarenitos da Formação Nobres apresentam valores de ϵ_{Nd} que variam entre -11.3 e -11.4 e idade modelo T_{DM} de 2 Ga (Dantas *et al.*, 2009). Estas idades modelo T_{DM} sugerem que rochas da Província Maroni-Itacaúnas (2.25 – 2.05 Ga), Cráton Amazônico (Tassinari &

Macambira, 1999; 2004), sejam a fonte dos sedimentos dos depósitos do Grupo Araras (Dantas *et al.*, 2009 – Figura 6.2).

6.2 GRUPO ALTO PARAGUAI

6.2.1 Formação Serra Azul

A Formação Serra Azul foi primeiramente descrita próximo ao distrito de Marzagão, Mato Grosso (Figueiredo *et al.*, 2004). Inserida na base do Grupo Alto Paraguai esta formação foi subdividida em cinco unidades informais, com espessura mínima entre 250 e 300 m (Figueiredo *et al.*, 2004, 2008, 2011; Alvarenga *et al.*, 2007). Na região de Planalto da Serra a Formação Serra Azul chega a alcançar 470 m de espessura e sua divisão interna (Unidade A e B) segue mesma divisão informal proposta por Alvarenga *et al.* (2007). A ‘Unidade A’ corresponde à porção basal desta formação e é preenchida por diamictitos maciços (*Facies Dm*), compostos por seixos/clastos de tamanho e composição variada (*i.e.* arenito, carbonato, granito) mergulhados em matriz silto-argilosa, com grandes blocos de quartzito e granito. Estas características sugerem que essa unidade pode ter sido originada durante processo de *rain-out* (chuva de detritos) a partir de “pluma” de sedimentos carreados por geleira sendo relacionada a ambiente glácio-marinho raso a transicional (Figueiredo *et al.*, 2004, 2008). A ‘Unidade B’ corresponde à porção intermediária e superior da Formação Serra Azul e é formada por siltitos que gradam para intercalações rítmicas de pelito/arenito com superfícies onduladas/retrabalhadas por onda ao topo. Nesta unidade, intercalados aos ritmitos, ocorre alguns horizontes de arenito com estratificação cruzada tabular (*Facies Sp*) e conglomerados (*Facies Gm*), estes quando ferruginosos têm valores anômalos positivos de Raio Gama, relacionados a grande quantidade de zircônio (3833 ppm). O contato brusco desta unidade com a ‘Unidade A’ sugere a interrupção da influência glacial, evidenciando uma passagem para ambiente marinho profundo esporadicamente influenciado por atividades de ondas.

O contato basal da Formação Serra Azul é brusco, tanto com a Formação Nobres (Grupo Araras) em sua seção tipo (Figueiredo *et al.*, 2004, 2008, 2011; Alvarenga *et al.*, 2007), quanto com a Formação Pacu na região de Planalto da Serra, sugerindo que houve um forte processo erosivo gerado pela deglaciação que suprimiu a Formação Pacu na área da seção tipo da Formação Serra Azul. A ausência da Formação Pacu nessa região pode também ser explicada pela sua não deposição ou variação lateral da espessura. O contato superior da Formação Serra Azul com a Formação Raizama foi descrito como gradacional em sua seção

tipo (Figueiredo *et al.*, 2004, 2008, 2011; Alvarenga *et al.*, 2007), entretanto, na “Seção 1” (Figura 3.3) foi identificado contato brusco entre os ritmitos (Unidade B, Formação Serra Azul) e arenito grosso que marca o do primeiro banco arenoso que define a base dos grandes ciclos deposicionais que caracterizam a Formação Raizama.

Idades Pb-Pb obtidas em lentes calcárias atribuídas a porção superior da Formação Serra Azul estabeleceu idade mínima de deposição de 570 Ma e máxima de 622 Ma (Figueiredo, 2010). Idades K-Ar obtidas em clastos vulcânicos recuperados nos diamictitos revelaram idades máximas de deposição em cerca de 730 e 1200 Ma (Figueiredo, 2010). Idade Ar-Ar obtida em muscovita detrítica forneceu idade máxima de deposição em torno de 640 Ma (McGee *et al.*, 2015a). Idade U-Pb obtida em zircões detríticos forneceu idade máxima de deposição em 646 Ma (McGee *et al.*, 2015b). Tais idades Ar-Ar e U-Pb levaram a interpretar que a Formação Serra Azul seria correlata tanto da Glaciação Marinoana quanto Gaskiers (McGee *et al.*, 2015b), entretanto, zircões de 619 e 593 Ma encontrados neste trabalho sugerem deposição da Formação Serra Azul pós Glaciação Marinoana (635 Ma – Hoffman *et al.*, 2004; Condon *et al.*, 2005). Dessa forma, com base nestes dados e outras evidências globais disponíveis é possível correlacionar a Formação Serra Azul com outros depósitos glaciais Ediacaranos, incluindo a Formação Gaskiers de Newfoundland–Canadá, dando mais robustez à hipótese da ocorrência de outro evento glacial na América do Sul, correlato da Glaciação Gaskiers (Figueiredo *et al.*, 2004, 2008, 2011; Alvarenga *et al.*, 2007; McGee *et al.*, 2015a,b). Dados de Sm-Nd apresentam valores de ϵ_{Nd} entre -6.7 a -9.5 e idades modelo T_{DM} de 2.0 e 1.6 Ga (Figueiredo, 2010). Estas idades Sm-Nd T_{DM} associadas aos outros dados radiométricos apresentados sugerem que as rochas das Províncias Maroni-Itacaiúnas (2.25 – 2.05 Ga), Ventuari-Tapajós (1.98 – 1.81 Ga) e Rio Negro-Juruena (1.78 – 1.55 Ga), Cráton Amazônico (Tasinari & Macambira, 1999, 2004), podem ser as principais fontes de sedimentos para os depósitos da Formação Serra Azul. Entretanto, idades menores que 900 Ma, como por exemplo, a idade de 730 Ma obtida em clastos vulcânicos, não foram identificadas no Cráton Amazônico (Figueiredo, 2010), sugerindo que nessa época já havia uma parte de sedimentos provenientes de leste-sudeste, região do Maciço de Goiás e Faixa Brasília, onde são frequentes essas idades.

6.2.2 Formação Raizama

A Formação Raizama, estimada em 1600 m de espessura, foi definida na base do Grupo Alto Paraguai (Almeida, 1964a). Entretanto, os depósitos da Formação Serra Azul,

devido ao seu posicionamento estratigráfico e características dos ambientes deposicionais, foram recentemente incluídos na base deste grupo (Figueiredo *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2012). Na região de Planalto da Serra, a Formação Raizama alcança cerca de 1140 m de espessura e foi individualizada em quatro grandes ciclos (Ciclos A-D – Figura 3.2) com base na proporção/ocorrência de domínios de bancos arenosos e de pelitos. Na região de “Sete Placas” (Figura 3.21 e 3.22) os afloramentos dessa formação são descontínuos, dificultando a sua individualização interna.

A oeste da Faixa Paraguai Norte, região de Nobres-MT, a Formação Raizama está disposta diretamente acima de uma superfície erosiva que marca o topo da Formação Nobres (Grupo Araras – Figueiredo, 2010). Isto indica que os estratos da Formação Pacu (Grupo Araras) e Formação Serra Azul foram removidos ou não foram depositados nesta região. O contato superior da Formação Raizama com a Formação Sepotuba foi descrito como gradacional (Almeida, 1984, Bandeira *et al.*, 2012). Entretanto, na região de Planalto da Serra e na Região de “Sete Placas” este contato foi descrito como brusco. Na região de Planalto da Serra esse contato foi definido em função de uma mudança topográfica entre os arenitos grossos (Formação Raizama) que sustentam as maiores elevações da região e uma região aplainada sem afloramentos (Formação Diamantino). Em contrapartida, na região de “Sete Placas” os arenitos da Formação Raizama passam bruscamente para uma unidade de pelitos arroxeados atribuídos a *Facies* Sepotuba, intercalados com ocasionais arenitos arcoseanos finos da Formação Diamantino.

Os depósitos da Formação Raizama, compostos por intercalações rítmicas de pelitos e arenitos maciços e/ou com estratificação cruzada tabular/laminação plano-paralela retrabalhadas/truncadas por estrutura de onda de grande amplitude métrica (Figura 3.23-A) e estratificação cruzada *hummocky* (Figura 3.23-C), arrançados em grandes ciclos de raseamento ascendente (*shallowing-upward*) com tendência granocrescente ascendente (*coarsening-upward*), representam ambiente de *shoreface* inferior dominado por processos de onda e tempestade. Esta interpretação sugere que os eventos de tempestades que atuavam no *shoreline* eram episódicos, acomodando por decantação sedimentos finos em suspensão em períodos de tempo bom.

Idades Ar-Ar obtidas em muscovitas detríticas retiradas de arenito estabeleceu idade máxima de deposição em 924 Ma (McGee *et al.*, 2015a). Idades U-Pb obtidas em zircões detríticos forneceram idades de máximo deposicional em 1002 Ma (Santos, 2014), 635 Ma (McGee *et al.*, 2015b), 888 Ma e 967 Ma (este trabalho). Estes valores encontrados estão

distantes da idade de deposição, considerando que esta formação é mais jovem que a Formação Serra Azul, tendo sido depositada em um intervalo de idade entre 622 Ma e 541 Ma (Figueiredo, 2010; Bandeira *et al.*, 2012; Romero *et al.*, 2013). A ocorrência de traços fósseis característicos do limite Neoproterozóico-Cambriano Inferior, pertencentes ao icnogênero *Skólitos* corroboram com a afirmação de que o limite mínimo de idade para a Formação Raizama estaria na transição Neoproterozóico-Cambriano Inferior (Santos, 2014). Dessa forma, tais idades indicam que os sedimentos da Formação Raizama seriam provenientes em parte do Cráton Amazônico e região do Maciço de Goiás e Faixa Brasília (Figura 6.2).

6.2.3 Formação Diamantino

A existência de uma perfeita continuidade entre os folhelhos da Formação Sepotuba e os arcóseos da Formação Diamantino (Scorza, 1960; Almeida, 1964a-b), associados à semelhança litológica de seus sedimentos pelíticos e o não reconhecimento de feições geológicas que definem a Formação Sepotuba, levaram a diversos autores considerarem ao topo do Grupo Alto Paraguai apenas a Formação Diamantino (Vieira, 1964; Figueiredo & Olivatti, 1974; Ribeiro Filho *et al.*, 1975; Alvarenga & Saes, 1992; Souza *et al.*, 2012). Desse modo a espessura dada para a Formação Sepotuba em torno de 900 m e para a Formação Diamantino estimada em 600 m (Almeida, 1964) é duvidosa, provavelmente devido à dificuldade em distinguir estas formações usando apenas critérios litológicos.

Na região de Planalto da Serra, os siltitos laminados da Formação Diamantino recobrem bruscamente a Formação Raizama e abrange área arrasada de relevo pouco acentuado. Na região de “Sete Placas”, na base da Formação Diamantino, pelitos arroxeados micáceos intercalados a arenitos muito finos com ocorrência de marcas de ondas simétricas alcançam cerca de 200 m de espessura e passam em direção ao topo para siltitos/pelitos intercalados a arcóseos finos com mais de 5000 m de espessura (Figura 3.21). Convencionou-se nomear os pelitos arroxeados micáceos de Formação Sepotuba (Almeida, 1964a-b), entretanto, neste trabalho foram incluídos à base da Formação Diamantino como *Facies Sepotuba*. O limite superior da Formação Diamantino é marcado por contato brusco/erosivo com os depósitos Cretáceos do Grupo Parecis.

Na área de estudo, os afloramentos dessa formação são descontínuos, impedindo uma interpretação paleoambiental confiável. Todavia, há na literatura interpretações diversas, tais como: ambiente continental de clima quente (Figueiredo & Olivatti, 1974), marinho sublitorâneo (Barros *et al.*, 1982), *basin plan* em contexto de lago tectônico ou bacia de

antefossa (Silva Jr & Nogueira, 2010) e turbiditos distais sucedidos por depósitos lacustres/deltaicos em bacia *foreland* (Bandeira *et al.*, 2012). Esta variedade de interpretações ressalta a complexidade desses depósitos e mostra a importância de maiores investigações.

Idades Rb-Sr obtidas nas rochas da porção basal e superior forneceram idades de 569 Ma e 660 Ma, respectivamente (Cordani *et al.*, 1978). Idade Rb-Sr obtida em folhelhos da porção basal forneceu idade de 568 Ma, interpretada como idade diagenética (Bonhomme *et al.*, 1982; Cordani *et al.*, 1985). Idades Ar-Ar obtidas em muscovitas detríticas retiradas de arenito estabeleceu idade máxima de deposição em 544 Ma (McGee *et al.*, 2015a). Idades U-Pb obtidas em zircões detríticos forneceram idades máximas de deposição em 541 Ma (Bandeira *et al.*, 2012), 560 Ma (McGee *et al.*, 2015b), 567 Ma e 694 Ma (este trabalho). Estes valores encontrados sugerem que a deposição no Grupo Alto Paraguai pode ter se estendido até o Cambriano Inferior. Dados de Sm-Nd apresentam valores de ϵ_{Nd} entre -4.9 a -9.7 e idades modelo T_{DM} de 1.5 a 1.8 Ga (Dantas *et al.*, 2009). Estas idades Sm-Nd T_{DM} associadas aos outros dados radiométricos indicam uma mudança de área fonte, sugerindo que os sedimentos antes provenientes de norte-noroeste (Cráton Amazônico), teriam derivado de uma fonte mais jovem provavelmente a leste-sudeste nas rochas Neoproterozóicas do Maciço de Goiás e Faixa Brasília (Coelho *et al.*, 2008; Giustina, 2010; Nilson *et al.*, 1997; Pimentel *et al.*, 1991, 1998, 2000; Pimentel & Fuck, 1992, 1994), inferindo inversão tectônica da bacia (Dantas *et al.*, 2009; Bandeira *et al.*, 2012; McGee *et al.*, 2015a,b).

6.3 MODELO TECTÔNICO E CONTEXTO EVOLUTIVO DA FAIXA PARAGUAI NORTE

A interpretação das prováveis áreas fontes para os depósitos da Faixa Paraguai tem implicação direta na sua história evolutiva, pois a Faixa Paraguai considerada como representante do evento Brasileiro (940-630 Ma – Cordani *et al.*, 2009), segundo evidenciado nos dados aqui descritos pode ser consideravelmente mais jovem que outros orógenos envolvidos na sutura do Gondwana (*i.e.* Trindade *et al.*, 2006; McGee *et al.*, 2015a,b).

O modelo proposto para a deposição das unidades basais da Faixa Paraguai Norte (Formação Puga, grupos Cuiabá e Araras) é de um ambiente de margem passiva (Alvarenga & Trompette, 1992), com sedimentos provenientes principalmente do Cráton Amazônico. Este período de deposição foi seguido por um período glacial responsável pela deposição da Formação Serra Azul (Figueiredo *et al.*, 2004, 2008, 2011; Alvarenga *et al.*, 2007; McGee *et al.*, 2015a,b), já com alguma contribuição sedimentar provinda de leste-sudeste (Maciço de

Goiás e Faixa Brasília). Em seguida, a deposição da Formação Raizama foi controlada tectonicamente devido ao início do soerguimento da bacia, registrando sedimentação derivada tanto de norte-noroeste, Cráton Amazônico, como de leste-sudeste, Maciço de Goiás e da Faixa Brasília (Dantas *et al.*, 2009; Bandeira *et al.*, 2012; McGee *et al.*, 2015a,b). A atividade tectônica e deformação flexural da litosfera associada à inversão da bacia gerou uma bacia *foreland* que foi preenchida pelos depósitos da Formação Diamantino, com sedimentos essencialmente provenientes de leste-sudeste da região do Maciço de Goiás e Faixa Brasília (Dantas *et al.*, 2009; Bandeira *et al.*, 2012; McGee *et al.*, 2015a,b). Estes depósitos registraram a erosão do órogeno em cerca de 540-530 Ma, estando de acordo com a idade da intrusão de granitos pós-orôgenicos em cerca de 518 Ma (Ferreira, 2009; Godoy *et al.*, 2010; McGee *et al.*, 2012).

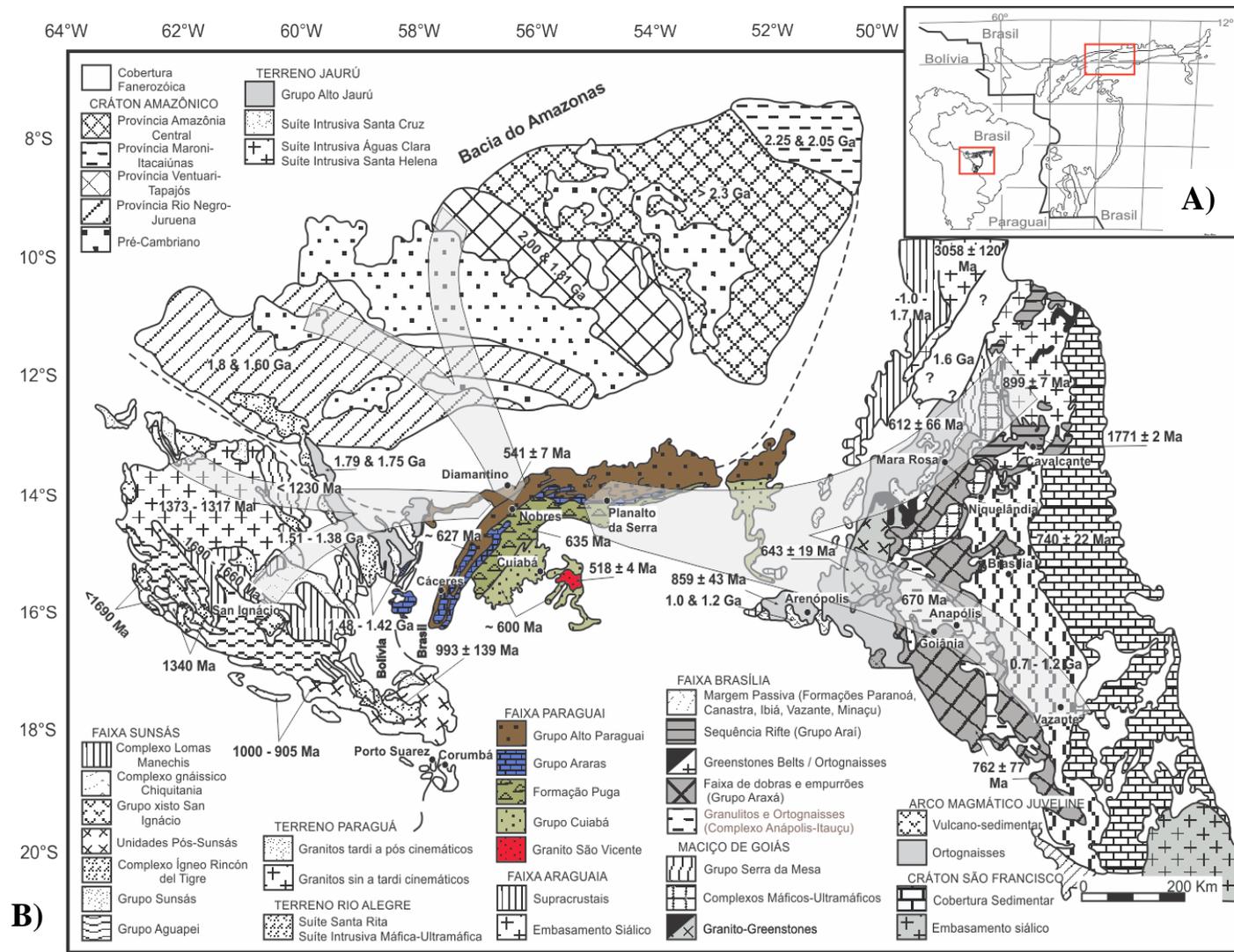


Figura 6.2: **A)** Mapa com a localização da Faixa Paraguaui dentro do contexto da Placa Sul-Americana e área de estudo (área em vermelho – adaptado a partir de Figueiredo *et al.*, 2008). **B)** Mapa simplificado do SW do Cráton Amazônico, Faixas Paraguaui e Brasília indicando as potenciais áreas fontes para os depósitos superiores da Faixa Paraguaui Norte (Grupo Alto Paraguaui). Os sedimentos das Formações Serra Azul e Raizama são provenientes principalmente de NNW e para a Formação Diamantino são provenientes principalmente de ESE, como indicado pelas faixas cinzas. Cráton Amazônico (Tassinari & Macambira, 1999, 2004). Cráton São Francisco – cobertura sedimentar (Babinski & Kaufman, 2003). Faixa Brasília – margem passiva (Coelho *et al.*, 2008); Sequência Rife, Greenstones Belts, Faixa de dobras e empurrões (Pimentel *et al.*, 1991; 1998; 2000); Complexo Anápolis-Itaçu (Giustina, 2010). Maciço de Goiás – Grupo Serra da Mesa (Pimentel *et al.*, 1991; Pimentel & Fuck, 1992); Complexo máfico-ultramáfico (Nilson *et al.*, 1997); Granito-Greenstones (Pimentel & Fuck, 1994; Nilson *et al.*, 1997). Arco magmático Juvenile – Vulcano-sedimentar (Viana *et al.*, 1995); Ortognaisses (Pimentel *et al.*, 1997). Faixa Araguaia – Supracrustais (Moura *et al.*, 2008); Embasamento siálico (Pimentel *et al.*, 2000). Faixa Paraguaui – Grupo Cuiabá, Formação Puga, Grupo Araras, Grupo Alto Paraguaui (Cordani *et al.*, 1978, 1985; Bonhomme *et al.*, 1982; Nogueira, 2003; Nogueira *et al.*, 2003; Babinski *et al.*, 2006, 2007; Figueiredo, 2006; Dantas *et al.*, 2009; Bandeira *et al.*, 2012; McGee *et al.*, 2015a,b; este trabalho).

7 CONCLUSÕES

O estudo do limite Neoproterozóico-Cambriano Inferior do segmento E-W da Faixa Paraguai Norte, região de Planalto da Serra e “Sete Placas”, Mato Grosso, revelaram novas informações sob o ponto de vista estratigráfico, isotópico, geocronológico e tectônico. As principais conclusões foram:

- A unidade superior do Grupo Araras, representada pela Formação Pacu, exibe valores $\delta^{13}\text{C}$ (+6.5‰ a +8.9‰), $\delta^{18}\text{O}$ (-7,9‰ e -4,7‰) e razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.7087 - 0.7088) distintos daqueles encontrados no restante do grupo (formações Mirassol d’Oeste, Guia e Nobres).
 - Os altos valores positivos $\delta^{13}\text{C}$ encontrados na Formação Pacu diferem daqueles obtidos para as formações basais do Grupo Araras, com valores negativos.
 - As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ quando comparados aos encontrados para as demais formações do Grupo Araras revelaram grande diferença entre esses intervalos estratigráficos, mostrando a existência de águas com distintas razões isotópicas de Sr.
 - A atual curva global marinha de razões isotópicas de Sr, coloca os valores encontrados como compatíveis com o final do Ediacarano, mais jovem que a Glaciação Gaskiers, entretanto esses calcários estão imediatamente abaixo da Formação Serra Azul, unidade considerada correlata dessa glaciação, sugerindo a necessidade de reavaliação e ampliação do banco de dados para uma melhor aferição geocronológica desta curva global.
- O contato basal da Formação Serra Azul, com o topo da Formação Pacu é discordante e pode ser bem marcado em campo. Enquanto que o seu contato superior com a base da Formação Raizama, descrito como gradacional para a região de Marzagão, se apresenta claramente como tipo brusco na região de Planalto da Serra.
- A ausência das formações Pacu e Serra Azul na região de Rosário d’Oeste-Nobres e, a ausência da Formação Pacu na região de Marzagão, conferem evidências de descontinuidades estratigráficas entre as unidades superiores da Faixa Paraguai Norte.
- Na base da Formação Raizama foi definida uma discordância. Evidenciada pelo contato dessa formação com os doloarenitos da Formação Nobres na região de Rosário

d'Oeste-Nobres, enquanto que em Marzagão-Planalto da Serra esta formação está diretamente sobre a Formação Serra Azul.

- A Formação Raizama, na região de Planalto da Serra, possui boa continuidade estratigráfica, o que permitiu na “Seção 1” a individualização de quatro grandes ciclos (Ciclos A-D) com base na proporção/ocorrência de domínios de bancos arenosos e de pelitos.
- Idades U-Pb, em zircões detríticos da Formação Diamantino, confirmam mudança significativa de área fonte, sugerindo que a fonte principal desses sedimentos derivaram de leste-sudeste, regiões do Maciço de Goiás e da Faixa Brasília, corroborando com o modelo de inversão tectônica da bacia com o estabelecimento de bacia *foreland*.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. Geologia do centro-oeste mato-grossense. Rio de Janeiro, DNPM, Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia 215, p. 1-54. 1964a.
- ALMEIDA, F. F. M. Glaciação eocambriana em Mato Grosso. Notas Prel. e Est. Rio de Janeiro, DNPM, Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia Rio de Janeiro 117, p. 1-11. 1964b.
- ALMEIDA, F. F. M. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso). Rio de Janeiro, DNPM, Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia 219, p. 1-96. 1965a.
- ALMEIDA, F. F. M. Geossiclíneo Paraguai. 1ª Semana de Debates Geológicos, Centro Acad. Est. Geol. Porto Alegre, p. 88-109. 1965b.
- ALMEIDA, F. F. M. Sistema tectônico marginal do cráton do Guaporé. In: CONGR. BRÁS. GEOL., 28. Porto Alegre, 1974. Anais... Porto Alegre, SBG. v. 4, p. 11-17.
- ALMEIDA, F. F. M. & MANTOVANI, M. S. M. Geologia e geocronologia do Granito São Vicente, Mato Grosso. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 47: 451-458. 1975.
- ALMEIDA, F. F. M. Província Tocantins, setor Sudoeste. In: ALMEIDA, F. F. M. & HASUI, Y. (coord.). O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blücher, 1984. p. 265-281.
- ALVARENGA, C. J. S. Dobramentos da Faixa Paraguai na borda sudeste do Cráton Amazônico. In: CONGR. BRÁS. GEOL., 33. Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, 1984. SBG. v. 7, p. 3258-3271.
- ALVARENGA, C. J. S. 1985. Evidências de fácies turbidíticas grosseiras no Grupo Cuiabá, MT. In: SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 2. Goiânia, 1985. Atas... Goiânia, SBG. p. 256-266.
- ALVARENGA, C. J. S. Turbiditos e a glaciação do final do Proterozóico superior no Cinturão Paraguai, Mato Grosso. Revista Brasileira de Geociências, v. 18, p. 323-327, 1988.
- ALVARENGA, C. J. S. 1990. Phénomènes sédimentaires, structuraux et circulation de fluides développés à la transition chane-craton: Exemple de la Quote Paraguai d'age Proterozoque Supérieur, Mato Grosso, Brésil. Marseille. 177 p. (These Doc., Sei. Univ. d'Aix Marseille HI).

- ALVARENGA, C. J. S. & SAES, G. S. 1992. Estratigrafia e sedimentologia do Proterozóico Médio e Superior da região sudeste do Cráton Amazônico. *Rev. Bras. Geoc.*, 22 (4): 493-499.
- ALVARENGA, C. J. S. & TROMPETTE, R. 1988. Upper Proterozoic glacial environment of the border of Amazonian Craton and its evolution towards the adjacent Paraguay Belt (Mato Grosso, Brazil). *In: Meeting Earth's Glacial Record-Proj.* 260. Cuiabá 1988. Abstracts and Field Trip... Cuiabá, IGCP-UNESCO/UFMT. p. 31-44.
- ALVARENGA, C. J. S. & TROMPETTE, R. 1992. Glacially influenced sedimentation in the Late Proterozoic of Paraguay Belt (Mato Grosso, Brasil). *Palaogeogr. Paleoclimatol. Paleocol.*, 92: 85-105.
- ALVARENGA, C. J. S. & TROMPETTE, R., 1993. Evolução tectônica Brasileira da Faixa Paraguai: a estruturação da Região de Cuiabá. *Rev. Bras. Geociênc.* 23, 18–30.
- ALVARENGA, C. J. S.; MOURA, C. A. V.; GORAYEB, P. S. S.; ABREU, F. A. M., 2000. Paraguay and Araguaia belts. *In: U.G. CORDANI, E. J.; MILANI, A.; THOMAZ FILHO & CAMPOS, D. A. Tectonic Evolution of South America*, p. 183–193, Rio de Janeiro, 31st International Geological Congress.
- ALVARENGA, C. J. S.; SANTOS, R. V. & DANTAS, E. L. 2004. C-O-Sr isotopic stratigraphy of cap carbonates overlying Marinoan-age glacial diamictites in the Paraguay Belt, Brazil. *Precambrian Research*, 131, 1–21.
- ALVARENGA, C. J. S.; FIGUEIREDO, M. F.; BABINSKI, M. & PINHO, F. E. C. 2007. Glacial diamictites of Serra Azul Formation (Ediacaran, Paraguay Belt): evidence of the Gaskiers glacial event in Brazil. *Journal of South American Earth Science*, 23, 236–241.
- ALVARENGA, C. J. S.; DARDENNE, M. A. *et al.* 2008. Isotope stratigraphy of Neoproterozoic cap carbonate in the Araras Group, Brazil. *Gondwana Research*, 13, 469–479.
- ALVARENGA, C. J. S.; BOGGIANI, P. C.; BABINSKI, M.; DARDENE, M. A.; FIGUEIREDO, M. F. F.; SANTOS, R. V.; DANTAS, E. The Amazonian Palaeocontinent. *In: K. C. CONDIE, editor: Developments in Precambrian Geology, Vol 16, Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: Focus on South Western Gondwana*, GAUCHER C.; SIAL, A. N.; HALVERSON, G. P. and FRIMMEL, H. E. The Netherlands: Elsevier, 2010, pp. 15 – 28. ISBN: 978-0-444-53249-7.
- ALVARENGA, C. J. S.; BOGGIANI, P. C.; BABINSKI, M.; DARDENE, M. A.; FIGUEIREDO, M. F. F.; DANTAS, E.; UHLEIN, A.; SANTOS, R. V.; SIAL, A. N. & TROMPETTE, R. Chapter 45 Glacially influenced sedimentation of the Puga Formatin, Cuiabá Group and Jacadigo Group, and associated carbonates of the Araras and

- Corumbá groups, Paraguay Belt, Brazil. Geological Society, London, Memoirs. 2011; v. 36; p. 487-497.
- ARAÚJO, H. J. T.; SANTOS NETO, A.; TRINDADE, C. A. H.; PINTO, J. C. A.; MONTALVÃO, R. M. G.; DOURADO, T. D. C.; PALMEIRA, R. C. B.; TASSINARI, C. C. G. 1982. Folha SF. 21 Campo Grande, Geologia. *In*: RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, MME. p. 23-124. (Levantamento de Recursos Naturais 28).
- BABINSKI, M.; KAUFMAN, A. J. 2003. First direct dating of a Neoproterozoic post-glacial cap carbonate. IVth South American Symposium on Isotope Geology, short papers, pp. 321-323.
- BABINSKI, M.; TRINDADE, R. I. F.; ALVARENGA, J. C. S.; BOGGIANI, P. C.; LIU, D.; SANTOS, R. V. 2006. Geochronological constraints on the neoproterozoic glaciations in Brazil. Snowball Earth Conference, Ascona, Switzerland.
- BABINSKI, M.; VIEIRA, L. C.; TRINDADE, R. I. F. 2007. Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuí Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events. *Terra Nova*, 19:401-406.
- BANDEIRA, J. 2006. Fácies e Estratigrafia da Formação Sepotuba: Registro da última incursão marinha na transição Neoproterozóico-Cambriano da Faixa Paraguai Norte, Mato Grosso. Dissertação (Mestrado). Manaus: UFAM.
- BANDEIRA, J. 2011. Fácies e Estratigrafia do Grupo Alto Paraguai: Neoproterozóico-Cambriano da Faixa Paraguai Norte, Mato Grosso. Tese (Doutorado). Belém: CG/UFPA.
- BANDEIRA, J.; NOGUEIRA, A. C. R.; PETRI, S.; RICCOMINI, C.; TRINDADE, R. I. F.; SIAL, A. N.; RIDALGO, R. L. Depósitos litorâneos neoproterozóicos do Grupo Alto Paraguai no sudoeste do Cráton Amazônico, região de Mirassol d'Oeste, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, p. 595-606, 2007.
- BANDEIRA, J.; MCGEE, B.; NOGUEIRA, A. C. R.; COLLINS, A. S.; TRINDADE, R. 2012. Sedimentological and provenance response to Cambrian closure of the Clymene ocean: The upper Alto Paraguai Group, Paraguay Belt, Brazil. *Gondwana Research* 21: 323-340.
- BARROS, A. M.; SILVA, R. H.; CARDOSO, O. R. F. A.; FREIRE, A. F.; SOUZA, JR, J. J.; RIVETTI, M.; LUZ, D. S.; PALMEIRA, R. C. B.; TASSINARI, C. C. G. 1982. Geologia da Folha SD. 21-Cuiabá. Rio de Janeiro, Projeto Radambrasil, DNPM, Levantamento de Recursos Naturais, 26, p. 25-192.

- BOGGIANI, P. C. Análise estratigráfica da bacia Corumbá (neoproterozóico)-Mato Grosso do Sul. São Paulo, 1998. 181 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar)-Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1997.
- BOGGIANI, P. C.; FERREIRA, V. P. *et al.* 2003. The cap carbonate of the Puga hill (central South America) in the context of the Post-Varanger glaciation. *In: South American Symposium on Isotope Geology*, 4, Salvador, Brazil, Short Papers, 324–327.
- BOGGIANI, P. C.; GAUCHER, C.; SIAL, A. N.; BABINSKI, M.; SIMON, C. M.; RICCOMINI, C.; FERREIRA, V. P.; FAIRCHILD, T. R. 2010. Chemostratigraphy of the Tamengo Formation (Corumba Group, Brazil): A contribution to the calibration of the Ediacaran carbon-isotope curve *Precambrian Res.*, doi: 10.1016/j.precramres.2010.06.003.
- BONHOMME, M. G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; MACEDO, M. H. F.; THOMAS FILHO, A. 1982. Radiochronological age and correlation of Proterozoic sediments in Brazil. *Precamb. Res.*, 18: 103-118.
- BOWRING, S.; MYROW, P.; LANDING, E.; RAMEZANI, J.; GROTZINGER, J. 2003. Geochronological constraints on terminal Neoproterozoic events and the rise of metazoans. *Journal of Geophysical Research Abstracts* 5, 13219.
- BÜHN, B.; PIMENTEL, M. M.; MATTEINI, M.; DANTAS, E. L. 2009. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by *laser ablation* multi-collector inductively plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 81 (1): 99-114.
- CARTO, S. L. & EYLES, N. 2011. The deep-marine glaciogenic Gaskiers Formation. Newfoundland, Canada. *In: ARNALD, E.; HALVERSON, G. P. & SHIELDS-ZHOU, G. (eds) The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations*, Geological Society, London, *Memoirs*, 36, 467-473.
- CASTELNAU, F. Expedition dans les parties centrales de l’Amérique du sud. Paris: COUSSOT, P. & MEUNIER, 1857. 15 vol., 7 partes.
- CATUNEANU, O. 2006. *Principles of Sequence Stratigraphy*: 1-345. First edition. Elsevier, Canadá.
- COELHO, J. C. C.; MARTINS-NETO, M. A.; MARINHO, M. S. 2008. Estilos estruturais e evolução tectônica da porção mineira da bacia proterozóica do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências* 38 (2), 149–165.
- CONDON, D.; ZHU, M.; BOWRING, S.; WANG, W.; YANG, A.; JIN, Y. 2005. U–Pb ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China. *Science* 308, 95–98.

- CORRÊA, J. A.; CORREIA FILHO, F. C. L.; SCISLEWSKI, G.; NETO, C.; CAVALLON, L. A.; CERQUEIRA, N. L. S.; NOGUEIRA, V. L. Projeto Bodoquena: Geologia das regiões centro e oeste de Mato Grosso do Sul. Brasília: CPRM/DNPM, 1979. 111 p.
- CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; THOMAZ FILHO, A. 1978. Applicability of the rubidium-strontium methods to shales and related rocks. *In*: COHEE, G. V.; GLAESSNER, M. F.; HEDBERG, H. D. (Eds.). Contributions to the geologic time scale. Am. Assoc. Petrol. Geol., Studies in Geologie, 6, p. 93-117.
- CORDANI, U. G.; THOMAZ FILHO, A.; BRITO NEVES, B. B.; KAWASHITA, K. 1985. On the applicability of the Rb-Sr method to argillaceous sedimentary rocks: some examples from Precambrian sequences of Brazil. *Giornale Geol.*, 471:253-280.
- CORDANI, U. G.; TEIXEIRA, W.; D'AGRELLA, M. S. and TRINDADE, R. I. 2009. The position of the Amazonian Craton in supercontinents. *Gondwana Res.*, 15, 396-407.
- DANTAS, E. L.; ALVARENGA, C. J. S.; SANTOS, R. V. & PIMENTEL, M. M. 2009. Using Nd isotopes to understand the provenance of sedimentary rocks from a continental margin to a foreland basin in the Neoproterozoic Paraguay Belt, Central Brazil. *Precambrian Research*, 170, 1-12.
- DEL'ARCO, J. O.; SILVA, R. H.; TARAPANOFF, L.; FREIRE, F. A.; PEREIRA, L. G. M.; SOUZA, S. L.; LUZ, L. G.; PALMEIRA, R. C. B.; TASSINARI, C. C. G. 1982. Folha SE. 21 Corumbá e Parte da Folha SE. 20, Geologia. *In*: RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, MME. p. 25- 160. (Levantamento de Recursos Naturais 27).
- EVANS, J. W. 1894. The geology of Mato Grosso (Particularly the region drained by the upper Paraguay), *Quart. Journal Soc. London, Londres*, 50(2): 85-104.
- EYLES, C. H.; EYLES, N.; MIALL, A. D. 1985. Models of glacio-marine sedimentation and their application on the interpretation of ancient glacial sequences. *Palaeoeco. Palaeoclim. Palaeoeco.*, 51:15-84.
- FERREIRA, C. O. 2009. Constraints of the Neoproterozoic-Cambrian magmatism along the Transbrasiliano Lineament, central Brazil. A study based on U-Pb, Lu-Hf (LA-C-ICPMS) and Nd isotopic signature. Universidade de Brasília, Brasília.
- FIGUEIREDO, A. J. A. & OLIVATTI, O. 1974. O Projeto Alto – Guaporé. Relatório final integrado. Goiânia, DNPM/CPRM, 11. (Relatório do arquivo técnico da DGM, 2323).
- FIGUEIREDO, A. J. A.; EULALIO, A.; RODRIGUES, A. P.; BARRETO, B. F.; PIMENTEL, G. B.; COUTO, J. G. P.; REISCHL, J. L.; COSTA, S. A. G.; RESENDE FILHO, S. T.; PASTORE JUNIOR, W. P.; RIBEIRO FILHO, W. Projeto Alto

- Guaporé. Relatório Final. Folha Tangará da Serra SD. 21-YB. Goiânia: DNPM/CPRM, 1974. v.1.
- FIGUEIREDO, M. F.; BABINSKI, M.; ALVARENGA, C. J. S.; PINHO, F. E. C. 2004. Diamictites overlying Marinoan-age carbonates of Araras Formation, Paraguay belt, Brazil: evidence of a new glaciation?. *In: Symposium on Neoproterozoic-Early Paleozoic Events in SW-Gondwana, 1, Extended Abstracts, IGCP Project 478, Second Meeting, Brazil, p. 18–19.*
- FIGUEIREDO, M. F. Químioestratigrafia das rochas ediacaranas do extremo norte da Faixa Paraguai, Mato Grosso. 2006. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 105p.
- FIGUEIREDO, M. F.; BABINSKI, M.; ALVARENGA, C. J. S. & PINHO, F. E. C. 2008. Nova unidade litoestratigráfica registra glaciação ediacarana em Mato Grosso: Formação Serra Azul. *Geologia USP*, 8, 65–75.
- FIGUEIREDO, M. F. 2010. Químioestratigrafia isotópica (C, O, S e Sr), Geocronologia (Pb-Pb e K-Ar) e Proveniência (Sm-Nd) das rochas da Faixa Paraguai Norte, Mato Grosso. Tese (Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências.
- FIGUEIREDO, M. F.; BABINSKI, M.; ALVARENGA, C. J. S. 2011. The Serra Azul Formation, Paraguay Belt, Brazil. *Geological Society, London, Memoirs 2011; v. 36; p. 499-502.*
- FOLK, R. L. 1974. The petrology of sedimentary rocks. 182 p., Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, USA.
- FONT, E.; NE´DE´LEC, A.; TRINDADE, R. I. F.; MACOUIN, M. & CHARRIÈRE, A. 2006. Chemostratigraphy of the Neoproterozoic Mirassol d'Oeste cap dolostone (Mato Grosso, Brazil): an alternative model for Marinoan cap dolostone formation. *Earth and Planetary Science Letters*, 250, 89–103.
- GAUCHER, C.; BOGGIANI, P. C.; SPRECHMANN, P.; SIAL, A. N. & FAIRCHILD, T. 2003. Integrated correlation of the Vendian to Cambrian Arroyo del Soldado and Corumbá Groups (Uruguay and Brazil): palaeogeography, palaeoclimatic and palaeobiologic implications. *Precambrian Research*, 120, 241–278.
- GIUSTINA, M. E. S. 2010. Geocronologia e significado tectônico de rochas máficas de alto grau metamórfico da Faixa Brasília. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar. Universidade de Brasília, Brasília. pp. 116.

- GODOY, A. M.; PINHO, F. E. C.; MANZANO, J. C.; ARAÚJO, L. M. B.; SILVA, J. A.; FIGUEIREDO, M. Estudos Isotópicos das Rochas Granitóides Neoproterozóicas da Faixa de Dobramento Paraguai. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 40 (3): 380–391, 2010.
- HALVERSON, G. P.; HOFFMAN, P. F.; SCHRAF, D. P.; MALOOF, A. C. Toward a neoproterozoic composite carbon-isotope record. *Bulletin of the Geological Society of America*, v. 117, p. 1181-1207, 2005.
- HALVERSON, G. P.; DUDAS, F. O.; MALOOF, A. C.; BOWRING, S. A. 2007. Evolution of the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ composition of Neoproterozoic seawater. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 256, 103–129.
- HALVERSON, G. P.; HURTGEN, M. T.; PORTER, S. M.; COLLINS, A. C. 2010. Neoproterozoic–Cambrian biogeochemical evolution. *In: GAUCHER, C.; SIAL, A. N.; HALVERSON, G. P.; FRIMMEL, H. (Eds.), Neoproterozoic–Cambrian Tectonics, Global Change and Evolution: A Focus on Southwestern Gondwana, Dev. Precambrian Geol.*, vol. 16. Elsevier, pp. 351–356.
- HASUI, Y. & ALMEIDA, F. F. M. 1970. Geocronologia do Centro-Oeste brasileiro. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, 19(1): 1-26.
- HENNIES, W. T. 1966. Geologia do Centro-Norte Mato-Grossense. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 65p.
- HOFFMAN, K. H.; SCHRAG, D. P. 2002. The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra Nova*, 14: 129-155.
- HOFFMANN, K. H.; CONDON, D. J.; BOWRING, S. A.; CROWLEY, J. L. 2004. U–Pb zircon date from the Neoproterozoic Ghaub Formation, Namibia: constraints on Marinoan glaciation. *Geology* 32, 817–820.
- JACKSON, S. E.; PEARSON, N. J.; GRIFFIN, W. L. & BELOUSOVA, E. A. 2004. The application of laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. *Chem Geol* 211: 47–69.
- KENNEDY, M. J.; CHRISTIE-BLICK, N.; SOHL, L. E. 2001. Are Proterozoic cap carbonates and isotopic excursions a record of a gas hydrate destabilization following Earth's coldest intervals? *Geology*, 29: 443-446.
- KNOLL, A. H.; WALTER, M. R.; NARBONNE, G. M.; CHRISTIE-BLICK, N., 2004. A new period for the geologic time scale. *Science* 305, 621–622.
- LACERDA FILHO, J. V.; ABREU FILHO, W.; VALENTE, C. R.; OLIVEIRA, C. C.; ALBUQUERQUE, M. C. (Organizadores); 2004. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de*

- Recursos Minerais do Estado do Mato Grosso. Escala 1:1.000.000: 1-252. CPRM, Cuiabá.
- LITHERLAND, M.; ANNELS, R. N. *et al.* 1986. The Geology and Mineral Resources of the Bolivian Precambrian Shield. British Geological Survey, Overseas Memoir, 9.
- LUDWIG, K. R. User's manual for Isoplot 3.0: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, 2003. 71 p. (Special Publication, 4).
- LUZ, J. S.; OLIVEIRA, A. M.; LEMOS, D. B.; ARGOLO, J. L.; SOUZA, N. B.; ABREU FILHO, W. 1978. Projeto Província Serrana. Goiânia, DNPM/ CPRM. v. 1, 105 p. (Relatório Final).
- LUZ, J. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUZA, J. O.; MOTTA, J. J. I. M.; TANNO, L. C.; CARMO, L. S.; SOUZA, N. B. 1980. Projeto Coxipó. Goiânia, DNPM/CPRM. v. 1, 136 p. (Relatório Final).
- MCGEE, B.; COLLINS, A. S. and TRINDADE, R. I. F. 2012. G'day Gondwana – the final accretion of a supercontinent: U-Pb ages from the post-orogenic São Vicente Granite, northern Paraguay Belt, Brazil. *Gondwana Research*, **21**: 316-322.
- MCGEE, B.; COLLINS, A. S. and TRINDADE, R. I. F. 2015a. Age and Provenance of the Cryogenian to Cambrian passive margin to foreland basin sequence of the northern Paraguay Belt, Brazil. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **127**: 76-86.
- MCGEE, B.; COLLINS, A. S.; TRINDADE, R. I. F. and JOURDAN, F. 2015b. Investigating mid-Ediacarian glaciation and final Gondwana amalgamation using coupled sedimentology and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ detrital muscovite provenance from the Paraguay Belt, Brazil. *International Association of Sedimentologists, Sedimentology*, **62**: 130-154.
- MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO; IBGE. Mapa Político do Estado do Mato Grosso. Diretoria de Geociências. 2009. Escala 1:1.500.000.
- MOURA, C. A. V.; PINHEIRO, B. L. S.; NOGUEIRA, A. C. R.; GORAYEB, P. S. S.; GALARZA, M. A. 2008. Sedimentary provenance and palaeoenvironment of the Baixo Araguaia Supergroup: constraints on the palaeogeographical evolution of the Araguaia belt and assembly of West Gondwana. *Geological Society, London, Special Publications* 294, 173–196.
- MYROW, P. M. & KAUFMAN, A. J. 1999. A newly discovered cap carbonate above Varanger age glacial deposits in Newfoundland. *Journal of Sedimentary Petrology*, **69**, 784-793.

- NICOLS, G.; 2009. *Sedimentology and Stratigraph*, Second Edition: 1-432. Wiley-Blackwell, UK.
- NILSON, A. A.; GIOIA, S.; PIMENTEL, M. M. 1997. Idade Sm-Nd do Complexo Máfico-Ultramáfico de Americano do Brasil, Goiás e características isotópicas das rochas encaixantes. *Anais, VI Congresso Brasileiro de Geoquímica, SBGq*, pp. 643–645.
- NOGUEIRA, V. L. & OLIVEIRA, C. C. 1978. Projeto Bonito Aquidauana. Goiânia, DNPM/CPRM. 121 p. (Relatório Final 1).
- NOGUEIRA, A. C. R.; RICCOMINI, C.; SIAL, A. N.; MOURA, C. A. V. & FAIRCHILD, T. R. 2003. Soft-sediment deformation at the base of Neoproterozoic Puga cap carbonate (southwestern Amazon craton, Brazil): confirmation of rapid icehouse to greenhouse transition in snowball Earth. *Geology*, 31, 613–616.
- NOGUEIRA, A. C. R. & RICCOMINI, C. 2006. O Grupo Araras (Neoproterozóico) na parte norte da Faixa Paraguai e sul do Cráton Amazônico, Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 36: 623-640.
- NOGUEIRA, A. C. R.; RICCOMINI, C.; SIAL, A. N.; MOURA, C. A. V.; TRINDADE, R. I. F. & FAIRCHILD, T. R. 2007. Carbon and strontium isotope fluctuations and paleoceanographic changes in the late Neoproterozoic Araras carbonate platform, southern Amazon craton, Brazil. *Chemical Geology*, 80, 168–190.
- OLIVA, L. A.; OLIVATTI, O.; RIBEIRO FILHO, W.; SCHOBENHAUS FILHO, C. 1979. Folha SD21 Cuiabá. Brasília, DNPM. (Carta geológica do Brasil ao milionésimo).
- PIMENTEL, M. M. & FUCK, R. A. 1992. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Geology* 20 (4), 375–379.
- PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. 1994. Geocronologia Rb–Sr da porção sudoeste do Maciço Mediano de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências* 24 (2), 104–111.
- PIMENTEL, M. M.; HEAMAN, L.; FUCK, R. A. 1991. U–Pb zircon and sphene geochronology of late Proterozoic volcanic arc rock units from southwestern Goiás, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 4, 329–339.
- PIMENTEL, M. M.; WHITEHOUSE, M. J.; VIANA, M. G.; FUCK, R. A.; MACHADO, N. 1997. The Mara Rosa arc in the Tocantins Province: further evidence for Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Precambrian Research* 81, 299–310.
- PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; JUNGES, S. 1998. New Sm–Nd isotopic constraints for the age of metamorphic events in the Neoproterozoic Brasilia belt, Central Brazil. Abstracts, 14. International Conference on Precambrian and Craton Tectonics —

- International Conference on Basement Tectonics. UFOP—International Basement Tectonics Association, Ouro Preto, pp. 50–52.
- PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; GIOIA, S. M. C. L. 2000. The Neoproterozoic Goiás magmatic arc, central Brazil: a review and new Sm–Nd isotopic data. *Revista Brasileira de Geociências* 30 (1), 035–039.
- PINHO, F. E. C.; SIAL, A. N.; FIGUEIREDO, M. F.; 2003. Contribution to the Neoproterozoic C- and O-isotopic record: carbonate rocks from the Paraguay belt, Mato Grosso, Brazil. In: *South American Symposium on Isotope Geology*, 4, Short Papers, Salvador, Brazil. p. 390–393.
- PLINT, A. G. 2010. Wave-and Storm-Dominated Shoreline and Shallow-Marine Systems. In: JAMES, N. P. & DALRYMPLE, 2010, R. W. (Autors), *Facies Models* 4 (167-194). Toronto: Geological Association of Canada.
- RIBEIRO FILHO, W. & FIGUEIREDO, A. J. A. 1974. Reconhecimento geológico da região oeste de Mato Grosso. In: *SBG, Cong. Bras. Geol.*, 28, Porto Alegre. Anais, p.27-35.
- RIBEIRO FILHO, W.; LUZ, J. S.; ABREU FILHO, W. 1975. Projeto Serra Azul, relatório final. Departamento Nacional de Produção Mineral e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Goiânia. 1:104 p.
- RICCOMINI, C. & NOGUEIRA, A. C. R. A deformação sinsedimentar no Grupo Araras (Neoproterozóico) no contexto da margem sul-sudeste do Cráton Amazônico. In: *XLII Congresso Brasileiro de Geologia*, 2004, Araxá, MG. Anais. Araxá, MG: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 2004. p. S07-319-S07-319.
- RICCOMINI, C.; NOGUEIRA, A. C. R. & SIAL, A. N. 2007. Carbon and oxygen isotope geochemistry of Ediacaran outer platform carbonates, Paraguay Belt, central Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 79, 519–527.
- RODRIGUES, R.; AZEVEDO, R. L. M.; ESTRADA, N. M.; REHIM, H. A. A.; SATO, K.; KAWASHITA, K.; SOLIANI JR., E. Inferências cronoestratigráficas para carbonatos da Bacia dos Parecis, com base em dados da razão $87\text{SR}/86\text{Sr}$. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, 1994, Camboriu. 1994. Anais ... Camboriu: SBG, 1994. v.3, p.286-287.
- ROMERO, J. A. S.; LAFON, J. M.; NOGUEIRA, A. C. R.; SOARES, J. L. 2013. Sr isotope geochemistry and Pb-Pb geochronology of the Neoproterozoic cap carbonates, Tangará da Serra, Brazil. *Inter. Geo. Rev.*, 55:1-19.
- SANTOS, H. P. 2014. Fácies e Proveniência de depósitos costeiros da Formação Raizama: Evidências do registro Ediacarano-Cambriano na Faixa Paraguai, Região de Nobre,

- Mato Grosso. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Universidade Federal do Pará, Belém. pp. 95.
- SCHOBHENHAUS FILHO, C. & OLIVA, L. A. 1979. Folha SE2J Corumbá. Brasília, DNPM. (Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo).
- SCHOBHENHAUS FILHO, C. & SOARES, M. E. S. 1979. Folha SF21 Rio Apa. Brasília, DNPM. (Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo).
- SCHOBHENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R. & ASMUS, H. E. 1981. Mapa geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Minerais, esc. 1: 2.500.000, MME - DNPM.
- SCORZA, E. P. 1960. Geologia de Diamantino, Estado de Mato Grosso. Div. De Geol. E Miner., Noras Prel. e Estudos, nº 113, 11 págs. Rio de Janeiro.
- SILVA JR., J. B. C. & NOGUEIRA, A. C. R. Depósitos progradantes da Formação Diamantino: os últimos estágios de sedimentação da Faixa Paraguai Norte, Região de Diamantino, Estado de Mato Grosso. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 45., 26 set.- 01 out. 2010, Belém. Anais... Belém: SBG, 2010. p.303. Depósitos sedimentares Pré-cambrianos.
- SOUZA, J. O.; *et al.* Projeto Planalto da Serra, Folhas Paranatinga, Cacimba, Brasilândia e Caiana. Organizado por João Olímpio Souza; Débora Regina Vieira dos Santos; Felicíssimo Rosa Borges; Karine Gollmann. Escala 1:100.000. Goiânia: CPRM, 2012. CPRM.....p. il.; + mapas.
- STACEY, J. S. & KRAMERS, J. D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth Planet Sc Lett* 26: 207–221.
- TASSINARI, C. C. G. & MACAMBIRA, M. J. B. 1999. Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22(3):174-182.
- TASSINARI, C. C. G. & MACAMBIRA, M. J. B. 2004. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. *In: Mantesso-Neto V. et al.* 2004. Geologia do continente Sul Americano: uma evoluçãoda obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca. P. 471-488.
- TRINDADE, R. I. F.; D'AGRELLA-FILHO, M. S.; EPOF, I. and BRITO NEVES, B. B. 2006 Paleomagnetism of Early Cambrian Itabaiana mafic dikes (NE Brazil) and the final assembly of Gondwana. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 244, 361–377.
- TUCKER, M. E. & WRIGHT, V. P. Carbonate Sedimentology. 1. ed. London: Blackwell Science, 1990, 482p.

- TUCKER, M. E. 2003. *Sedimentary Rocks in the Field*. Third Edition: 1-234. Departmente of Geological Sciences. University of Durham. John Wiley & Sons, Ltd., UK.
- VIANA, M. G.; PIMENTEL, M. M.; WHITEHOUSE, M. J.; FUCK, R. A.; MACHADO, N. 1995. O Arco Magmático de Mara Rosa, Goiás: geoquímica e geocronologia e suas implicações regionais. *Revista Brasileira de Geociências* 25 (2), 111–123.
- VIEIRA, A. J. *Geologia do Centro-Oeste de Mato Grosso*. Ponta Grossa, Petrobrás – DEBSP, 1964, Boletim 303. 79p.
- WALKER, R. G.; 1976. Facies Models – 3.Sandy Fluvial Systems. *Geoscience Canada* 3: 101-109.
- WALKER, R. G.; 1984. *Facies Models, Second Edition*: 1-317. Geoscience Canada, Canada.
- WALKER, R. G. & JAMES, N. P. (editors); 1992. *Facies models: response to sea level change*: 1-409. Geological Association of Canada, Ontario.
- WIEDENBECK, M.; ALLE, P.; CORFU, F.; GRIFFIN, W. L.; MEIER, M.; OBERLI, F.; VON QUADT, A.; RODDICK, J. C.; SPIEGEL, W. 1995. 3 natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace-element and REE analyses. *Geostandards Newsletter* 19: 1–23.

ANEXOS

CAPÍTULO 5

Tabela suplementar:

Formação Serra Azul

Amostra	Th/U	Razões Radiogênicas						Rho	Estimativa de Idade (Ma)						Conc. (%)
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	
PS 07	0,278	0,053	3,671	0,047	1,603	0,344	4,005	0,649	327	83	297	5	300	10	90,7
	0,152	0,087	4,266	0,055	6,839	0,661	8,06	0,848	1359	82	346	23	515	33	25,5
	0,162	0,06	0,905	0,084	0,791	0,689	1,202	0,626	589	20	519	4	532	5	88,2
	1,157	0,061	3,933	0,096	0,676	0,805	3,992	0,29	628	83	593	4	600	18	94,4
	0,622	0,06	1,025	0,101	1,13	0,84	1,525	0,727	621	22	619	7	619	7	99,7
	0,4	0,063	0,969	0,112	1,093	0,969	1,461	0,734	707	21	682	7	688	7	96,5
	0,454	0,063	1,796	0,114	1,144	0,989	2,129	0,755	712	38	694	8	698	11	97,4
	0,159	0,071	0,446	0,137	0,606	1,332	0,753	0,759	943	9	828	5	860	4	87,7
	0,472	0,078	0,998	0,139	2,012	1,501	2,257	0,967	1151	20	840	16	931	14	73
	0,288	0,071	1,464	0,146	0,712	1,425	1,628	0,651	947	30	880	6	899	10	92,9
	0,864	0,082	5,22	0,147	4,356	1,654	6,799	0,64	1237	102	884	36	991	43	71,4
	1,856	0,07	1,102	0,149	0,704	1,445	1,307	0,741	934	23	897	6	908	8	96
	0,439	0,075	1,443	0,163	0,954	1,68	1,729	0,53	1062	29	974	9	1001	11	91,7
	0,214	0,074	1,5	0,164	1,419	1,673	2,065	0,678	1036	30	981	13	998	13	94,7
	0,459	0,087	2,584	0,173	0,77	2,08	2,697	0,475	1363	49	1029	7	1142	18	75,5
	0,383	0,09	1,128	0,18	1,886	2,222	2,197	0,855	1415	22	1067	19	1188	15	75,4
	0,309	0,079	0,453	0,185	0,71	2,011	0,843	0,816	1171	9	1093	7	1119	6	93,4
	0,152	0,078	1,025	0,185	0,876	2,001	1,348	0,624	1153	20	1097	9	1116	9	95,1

0,303	0,082	0,792	0,188	0,94	2,109	1,229	0,746	1235	16	1108	10	1152	8	89,7
0,256	0,079	0,312	0,189	0,59	2,066	0,668	0,85	1185	6	1113	6	1138	5	94
0,224	0,08	0,871	0,189	0,639	2,097	1,081	0,539	1204	17	1119	7	1148	7	92,9
0,233	0,079	1,115	0,191	0,651	2,088	1,292	0,682	1183	22	1125	7	1145	9	95,1
0,415	0,082	0,258	0,192	0,498	2,166	0,561	0,835	1240	5	1133	5	1170	4	91,4
0,238	0,082	0,631	0,196	0,756	2,207	0,984	0,737	1234	12	1155	8	1183	7	93,6
0,229	0,083	2,408	0,197	0,536	2,261	2,467	0,336	1274	47	1159	6	1200	17	91
0,327	0,081	0,484	0,2	0,694	2,22	0,846	0,789	1212	10	1174	7	1187	6	96,9
0,196	0,082	0,436	0,2	0,674	2,263	0,803	0,809	1243	9	1177	7	1201	6	94,7
0,359	0,084	0,346	0,202	0,623	2,326	0,713	0,843	1285	7	1184	7	1220	5	92,1
0,351	0,097	0,877	0,218	1,741	2,917	1,95	0,963	1572	16	1269	20	1386	15	80,7
0,421	0,088	1,419	0,218	1,559	2,637	2,109	0,733	1374	27	1273	18	1311	16	92,7
0,286	0,094	0,71	0,227	0,7	2,922	0,996	0,662	1498	13	1317	8	1388	8	87,9
0,34	0,092	0,359	0,23	1,548	2,925	1,589	0,973	1473	7	1334	19	1388	12	90,6
0,248	0,094	3,445	0,232	0,93	3,002	3,571	0,246	1508	64	1343	11	1408	27	89
0,361	0,092	2,229	0,235	0,765	2,981	2,357	0,525	1465	42	1362	9	1403	18	93
0,497	0,092	0,604	0,242	0,722	3,052	0,942	0,733	1460	11	1395	9	1421	7	95,6
0,517	0,1	2,268	0,245	1,829	3,39	2,92	0,622	1629	42	1413	23	1502	23	86,7
0,176	0,093	0,453	0,246	0,662	3,158	0,802	0,791	1488	9	1419	8	1447	6	95,4
0,104	0,095	0,458	0,247	0,625	3,23	0,778	0,764	1528	9	1421	8	1464	6	92,9
0,17	0,09	0,335	0,249	1,009	3,099	1,063	0,945	1434	6	1431	13	1432	8	99,8
0,176	0,093	0,565	0,254	0,817	3,259	0,993	0,801	1487	11	1460	11	1471	8	98,2
0,147	0,094	0,479	0,257	0,738	3,341	0,879	0,814	1515	9	1474	10	1491	7	97,3
0,256	0,096	0,504	0,26	0,667	3,421	0,836	0,76	1540	9	1487	9	1509	7	96,6
0,399	0,09	1,468	0,263	0,831	3,27	1,699	0,464	1429	28	1505	11	1474	13	105,3
0,214	0,095	1,233	0,268	0,616	3,493	1,379	0,395	1519	23	1531	8	1526	11	100,8
0,474	0,094	0,77	0,279	2,147	3,634	2,281	0,94	1514	15	1588	30	1557	18	104,9
0,357	0,099	0,496	0,282	1,057	3,833	1,167	0,898	1599	9	1600	15	1600	9	100,1
0,489	0,12	0,638	0,294	0,884	4,872	1,09	0,792	1960	11	1660	13	1797	9	84,7

0,163	0,115	0,559	0,301	0,77	4,768	0,952	0,783	1877	10	1697	11	1779	8	90,4
0,57	0,122	2,393	0,317	0,869	5,337	2,546	0,321	1989	43	1774	13	1875	22	89,2
0,256	0,113	0,445	0,322	1,64	5,019	1,699	0,964	1850	8	1798	26	1822	14	97,2
0,38	0,114	0,418	0,324	0,656	5,084	0,778	0,81	1861	8	1809	10	1834	7	97,2
0,415	0,126	0,265	0,34	1,78	5,91	1,8	0,989	2042	5	1888	29	1963	16	92,4
0,413	0,139	0,378	0,385	0,626	7,397	0,731	0,822	2220	7	2099	11	2161	7	94,6
0,006	0,189	0,396	0,481	0,75	12,567	0,848	0,866	2737	7	2533	16	2648	8	92,6

Amostra	Razões Radiogênicas							Estimativa de Idade (Ma)							Conc.
	Th/U	207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U	$\pm 1\sigma$	Rho	207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U	$\pm 1\sigma$	
PS 08-A	0,187	0,073	0,709	0,159	0,532	1,611	0,887	0,751	1028	14	951	5	975	6	92,6
	0,141	0,078	1,26	0,16	0,847	1,712	1,518	0,529	1135	25	958	8	1013	10	84,3
	0,222	0,075	1,922	0,164	0,948	1,689	2,143	0,422	1059	39	980	9	1005	14	92,6
	0,171	0,073	0,62	0,167	0,603	1,684	0,865	0,831	1021	13	994	6	1003	6	97,4
	0,2	0,074	0,424	0,171	0,633	1,733	0,761	0,901	1034	9	1015	6	1021	5	98,2
	0,412	0,076	0,68	0,173	0,692	1,822	0,97	0,856	1100	14	1031	7	1053	6	93,7
	0,174	0,075	0,588	0,178	2,103	1,843	2,184	0,962	1070	12	1056	20	1061	14	98,7
	0,214	0,079	0,579	0,18	1,38	1,953	1,496	0,919	1165	11	1067	14	1099	10	91,6
	0,364	0,077	0,85	0,183	0,974	1,939	1,297	0,735	1121	17	1081	10	1094	9	96,5
	0,256	0,074	2,06	0,183	1,742	1,878	2,698	0,639	1055	41	1083	17	1073	18	102,6
	0,352	0,081	0,788	0,187	0,999	2,082	1,272	0,769	1220	15	1103	10	1143	9	90,4
	0,329	0,08	0,706	0,189	0,66	2,077	0,967	0,636	1186	14	1118	7	1141	7	94,3
	0,22	0,089	2,906	0,193	1,337	2,376	3,199	0,408	1411	56	1137	14	1235	23	80,6
	0,403	0,084	2,622	0,194	1,796	2,231	3,178	0,559	1284	51	1140	19	1191	22	88,8
	0,371	0,08	1,63	0,195	0,942	2,159	1,883	0,733	1201	32	1150	10	1168	13	95,7
	2,024	0,088	4,337	0,195	1,487	2,36	4,585	0,556	1373	83	1151	16	1231	33	83,9
	0,348	0,08	0,277	0,196	0,684	2,173	0,738	0,912	1207	5	1154	7	1173	5	95,7
	0,526	0,108	0,939	0,197	3,407	2,924	3,589	0,964	1760	17	1159	37	1388	27	65,9
	0,193	0,081	0,365	0,197	0,525	2,206	0,64	0,757	1225	7	1160	6	1183	4	94,7

0,343	0,083	1,315	0,199	1,014	2,277	1,661	0,591	1271	26	1169	11	1205	12	91,9
0,161	0,082	0,928	0,2	1,275	2,268	1,577	0,8	1255	18	1173	14	1203	11	93,5
0,252	0,082	0,223	0,201	0,803	2,263	0,834	0,959	1240	4	1179	9	1201	6	95,1
0,24	0,083	1,432	0,203	0,578	2,32	1,544	0,321	1267	28	1191	6	1218	11	94
0,223	0,083	1,025	0,203	0,725	2,34	1,256	0,537	1281	20	1193	8	1225	9	93,1
0,29	0,095	1,091	0,205	1,448	2,684	1,813	0,792	1530	21	1200	16	1324	13	78,5
0,544	0,088	1,153	0,209	0,914	2,548	1,471	0,822	1390	22	1224	10	1286	11	88
0,199	0,082	0,283	0,209	0,469	2,369	0,548	0,779	1246	6	1226	5	1233	4	98,4
0,509	0,087	8,486	0,213	2,776	2,545	8,935	0,545	1351	156	1246	32	1285	63	92,3
0,338	0,093	3,24	0,238	1,85	3,065	3,737	0,49	1494	60	1377	23	1424	28	92,2
0,345	0,094	0,302	0,238	1,516	3,078	1,545	0,98	1501	6	1378	19	1427	12	91,8
0,239	0,095	0,342	0,241	0,776	3,154	0,848	0,902	1523	6	1394	10	1446	7	91,5
0,341	0,085	2,076	0,242	1,154	2,847	2,375	0,724	1321	40	1398	15	1368	18	105,9
0,26	0,096	0,977	0,243	1,275	3,209	1,606	0,785	1541	18	1404	16	1459	12	91,1
0,111	0,091	0,287	0,244	1,025	3,049	1,065	0,96	1443	5	1405	13	1420	8	97,4
0,203	0,094	0,196	0,246	0,599	3,189	0,63	0,936	1512	4	1415	8	1455	5	93,6
0,366	0,098	3,145	0,247	0,785	3,339	3,242	0,223	1590	59	1421	10	1490	25	89,3
0,291	0,098	0,37	0,258	0,812	3,48	0,893	0,898	1582	7	1480	11	1523	7	93,5
0,992	0,119	0,929	0,264	2,257	4,32	2,441	0,924	1937	17	1510	30	1697	20	78
0,248	0,096	0,293	0,265	0,819	3,509	0,87	0,934	1551	5	1514	11	1529	7	97,6
0,334	0,103	0,366	0,284	0,833	4,036	0,91	0,904	1679	7	1612	12	1641	7	96
0,266	0,105	1,937	0,287	2,437	4,159	3,12	0,927	1715	35	1627	35	1666	25	94,8
0,501	0,115	0,345	0,294	1,869	4,663	1,9	0,983	1879	6	1663	27	1761	16	88,5
0,808	0,119	0,323	0,295	1,221	4,847	1,27	0,965	1944	6	1667	18	1793	11	85,7
0,353	0,115	0,331	0,306	0,734	4,853	0,805	0,896	1883	6	1719	11	1794	7	91,3
0,456	0,114	0,627	0,309	0,851	4,836	1,057	0,914	1857	11	1735	13	1791	9	93,4
0,238	0,125	0,769	0,339	1,371	5,848	1,579	0,867	2028	14	1884	22	1954	14	92,9

Amostra	Th/U	Razões radiogênicas						Rho	Estimativa de Idade (Ma)						Conc.
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	
PS 22	0,627	0,069	1,396	0,14	0,787	1,333	1,396	0,766	900	24	845	6	860	8	93,9
	1,422	0,073	3,013	0,151	0,59	1,517	3,013	0,316	1014	60	905	5	937	18	89,3
	0,211	0,07	1,053	0,151	0,795	1,453	1,053	0,728	924	14	906	7	911	6	98,1
	0,312	0,07	0,757	0,151	0,661	1,458	0,757	0,846	925	8	908	6	913	5	98,2
	0,33	0,073	0,877	0,155	0,716	1,552	0,877	0,787	1007	10	928	6	951	5	92,1
	0,311	0,074	1,633	0,16	1,552	1,624	1,633	0,949	1031	10	957	14	979	10	92,8
	0,243	0,073	0,816	0,16	0,638	1,61	0,816	0,739	1013	10	957	6	974	5	94,5
	0,139	0,073	0,8	0,165	0,648	1,656	0,8	0,772	1013	9	983	6	992	5	97
	0,229	0,073	0,735	0,165	0,58	1,664	0,735	0,735	1019	9	984	5	995	5	96,6
	1,686	0,074	2,027	0,166	1,492	1,697	2,027	0,728	1042	28	991	14	1007	13	95,1
	0,002	0,073	1,886	0,171	1,41	1,706	1,886	0,739	1000	25	1016	13	1011	12	101,6
	0,244	0,079	0,865	0,192	0,711	2,084	0,865	0,792	1169	10	1130	7	1144	6	96,6
	0,208	0,079	0,806	0,192	0,707	2,089	0,806	0,855	1172	8	1131	7	1145	6	96,5
	0,021	0,08	0,73	0,194	0,545	2,143	0,73	0,677	1196	10	1145	6	1163	5	95,8
	0,233	0,079	1,194	0,198	1,094	2,158	1,194	0,91	1171	9	1166	12	1168	8	99,6
	0,24	0,081	0,726	0,2	0,651	2,233	0,726	0,873	1220	6	1176	7	1191	5	96,4
	0,181	0,084	1,492	0,208	0,981	2,425	1,492	0,637	1303	22	1220	11	1250	11	93,6
	0,18	0,086	0,984	0,213	0,932	2,522	0,984	0,943	1338	6	1243	11	1278	7	92,9
	0,863	0,105	1,169	0,214	0,887	3,103	1,169	0,739	1721	14	1248	10	1434	9	72,5
	0,029	0,083	0,586	0,214	0,504	2,448	0,586	0,801	1268	6	1250	6	1257	4	98,6
	0,218	0,085	0,669	0,22	0,617	2,589	0,669	0,901	1324	5	1281	7	1297	5	96,7
	0,847	0,098	7,156	0,232	1,294	3,136	7,156	0,335	1590	131	1343	16	1441	55	84,4
	0,317	0,093	0,708	0,233	0,59	2,979	0,708	0,789	1486	7	1348	7	1402	5	90,7
	0,167	0,089	0,994	0,234	0,692	2,853	0,994	0,845	1393	14	1354	8	1370	7	97,2
	0,425	0,095	1,392	0,241	0,613	3,155	1,392	0,388	1527	24	1392	8	1446	11	91,1
	0,274	0,086	0,884	0,242	0,642	2,879	0,884	0,678	1347	12	1395	8	1376	7	103,6
	0,309	0,095	0,716	0,243	0,604	3,175	0,716	0,899	1521	7	1404	8	1451	6	92,3

0,553	0,095	0,821	0,247	0,69	3,248	0,821	0,914	1534	8	1424	9	1469	6	92,9
0,871	0,104	1,889	0,25	0,745	3,592	1,889	0,602	1699	32	1439	10	1548	15	84,7
0,351	0,088	0,929	0,251	0,611	3,034	0,929	0,6	1374	13	1444	8	1416	7	105,1
0,263	0,094	0,76	0,254	0,709	3,282	0,76	0,92	1505	5	1458	9	1477	6	96,9
0,361	0,095	0,701	0,255	0,633	3,332	0,701	0,879	1520	6	1466	8	1488	5	96,5
0,376	0,1	0,991	0,272	0,81	3,768	0,991	0,912	1630	11	1553	11	1586	8	95,2
0,219	0,096	0,83	0,278	0,686	3,675	0,83	0,897	1548	9	1579	10	1566	7	102
0,488	0,106	0,766	0,278	0,577	4,046	0,766	0,694	1723	9	1582	8	1644	6	91,8
0,793	0,108	1,038	0,28	0,886	4,185	1,038	0,838	1774	10	1591	12	1671	9	89,7
0,502	0,107	0,883	0,285	0,718	4,209	0,883	0,783	1753	9	1615	10	1676	7	92,1
0,371	0,101	1,484	0,285	1,127	3,977	1,484	0,747	1644	18	1618	16	1629	12	98,4
0,225	0,121	1,427	0,296	1,365	4,938	1,427	0,96	1970	7	1672	20	1809	12	84,9
0,523	0,106	0,824	0,296	0,683	4,323	0,824	0,797	1728	8	1673	10	1698	7	96,8
0,775	0,109	0,997	0,302	0,773	4,52	0,997	0,884	1775	12	1701	12	1735	8	95,8
0,725	0,115	0,875	0,304	0,74	4,837	0,875	0,822	1884	8	1713	11	1791	7	90,9
0,594	0,11	2,525	0,305	2,052	4,644	2,525	0,809	1808	27	1715	31	1757	21	94,9
0,320	0,108	0,86	0,308	0,778	4,571	0,86	0,891	1762	7	1729	12	1744	7	98,2
0,681	0,109	0,789	0,308	0,718	4,622	0,789	0,893	1778	6	1732	11	1753	7	97,4
0,713	0,109	0,723	0,311	0,534	4,671	0,723	0,829	1779	9	1748	8	1762	6	98,2
0,508	0,11	0,848	0,312	0,764	4,751	0,848	0,885	1806	7	1752	12	1776	7	97
0,618	0,111	0,758	0,313	0,548	4,774	0,758	0,811	1809	10	1756	8	1780	6	97,1
0,368	0,106	1,196	0,316	0,583	4,634	1,196	0,425	1737	19	1771	9	1755	10	102
0,746	0,115	0,782	0,318	0,663	5,033	0,782	0,816	1876	7	1781	10	1825	7	94,9
0,185	0,119	0,675	0,32	0,617	5,245	0,675	0,891	1937	5	1792	10	1860	6	92,5
0,573	0,109	0,694	0,329	0,619	4,95	0,694	0,864	1787	6	1831	10	1811	6	102,5
0,865	0,121	0,77	0,334	0,686	5,579	0,77	0,869	1975	6	1856	11	1913	7	94
0,365	0,119	0,738	0,344	0,686	5,661	0,738	0,915	1948	5	1905	11	1925	6	97,8
0,7	0,124	0,789	0,347	0,723	5,906	0,789	0,903	2008	6	1919	12	1962	7	95,5
0,334	0,125	0,802	0,36	0,682	6,189	0,802	0,911	2023	7	1984	12	2003	7	98,1

0,296	0,118	1,616	0,384	1,442	6,269	1,616	0,888	1933	13	2094	26	2014	14	108,3
0,376	0,174	1,29	0,482	1,263	11,604	1,29	0,978	2601	4	2537	26	2573	12	97,5

Amostra	Th/U	Razões Radiogênicas						Rho	Estimativa de Idade (Ma)						Conc.
		207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U	$\pm 1\sigma$		207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U	$\pm 1\sigma$	
PS 40-C	0,155	0,076	0,446	0,166	0,864	1,730	0,972	0,876	1086	9	989	8	1020	6	91,1
	0,211	0,081	0,460	0,191	0,936	2,146	1,043	0,887	1233	9	1127	10	1164	7	91,4
	0,131	0,087	0,370	0,222	0,725	2,676	0,814	0,871	1368	7	1293	8	1322	6	94,5
	0,078	0,086	0,294	0,221	0,819	2,624	0,870	0,933	1340	6	1288	10	1307	6	96,2
	0,237	0,080	0,440	0,192	1,383	2,122	1,451	0,951	1197	9	1135	14	1156	10	94,8
	0,065	0,079	0,354	0,189	0,854	2,063	0,925	0,914	1179	7	1115	9	1137	6	94,6
	0,110	0,085	0,305	0,223	0,922	2,628	0,971	0,944	1326	6	1298	11	1309	7	97,9
	0,099	0,080	0,574	0,200	0,730	2,201	0,928	0,755	1198	11	1173	8	1182	6	97,9
	0,153	0,084	0,390	0,228	0,686	2,645	0,789	0,844	1299	8	1322	8	1313	6	101,8
	0,166	0,071	0,394	0,165	0,724	1,617	0,824	0,857	958	8	985	7	977	5	102,8
	0,223	0,092	0,321	0,249	0,957	3,142	1,009	0,943	1459	6	1432	12	1443	8	98,2
	0,167	0,071	0,545	0,154	1,271	1,500	1,383	0,915	944	11	925	11	930	8	97,9
	0,175	0,095	0,324	0,283	1,057	3,711	1,106	0,953	1530	6	1606	15	1574	9	105,0
	0,411	0,114	0,372	0,355	1,133	5,581	1,192	0,947	1865	7	1958	19	1913	10	105,0
	0,470	0,106	0,376	0,308	1,040	4,503	1,106	0,936	1734	7	1729	16	1732	9	99,7
	0,125	0,079	0,387	0,217	0,823	2,353	0,909	0,892	1164	8	1265	9	1228	6	108,6
	0,210	0,078	0,538	0,198	0,786	2,124	0,952	0,802	1141	11	1165	8	1157	7	102,2
	0,102	0,085	0,455	0,241	0,826	2,835	0,943	0,860	1323	9	1391	10	1365	7	105,1
	0,255	0,083	0,350	0,237	0,679	2,715	0,764	0,866	1273	7	1370	8	1333	6	107,7
	0,203	0,080	0,358	0,214	0,665	2,360	0,755	0,855	1198	7	1249	8	1230	5	104,3
0,177	0,098	0,335	0,200	1,201	4,034	1,247	0,961	1589	6	1682	18	1641	10	105,9	

0,314	0,079	0,473	0,269	0,972	2,184	1,081	0,890	1181	9	1173	10	1176	8	99,3
0,216	0,093	0,407	0,282	1,052	3,453	1,128	0,927	1489	8	1537	14	1517	9	103,2
0,192	0,104	0,414	0,321	1,492	4,618	1,548	0,962	1703	8	1794	23	1752	13	105,4
0,242	0,083	0,789	0,211	1,538	2,401	1,729	0,886	1259	15	1233	17	1243	12	98,0
0,039	0,075	1,505	0,194	1,541	1,995	2,154	0,708	1058	30	1143	16	1114	15	108,0
0,155	0,075	0,497	0,175	0,659	1,815	0,825	0,760	1071	10	1041	6	1051	5	97,2
0,202	0,072	1,433	0,184	2,705	1,833	3,061	0,892	993	29	1089	27	1057	20	109,6
0,166	0,079	0,491	0,213	1,097	2,326	1,202	0,906	1174	10	1247	12	1220	9	106,2
0,110	0,099	0,369	0,289	1,098	3,949	1,158	0,944	1605	7	1638	16	1624	9	102,0
0,357	0,074	0,440	0,167	1,239	1,701	1,315	0,939	1039	9	995	11	1009	8	95,8
0,124	0,088	0,591	0,237	0,975	2,874	1,141	0,843	1384	11	1369	12	1375	9	98,9
0,194	0,096	0,421	0,279	1,272	3,699	1,654	0,966	1551	8	1586	22	1571	13	102,2
0,151	0,085	0,435	0,237	0,934	2,781	1,344	0,944	1319	8	1371	16	1350	10	104,0
0,251	0,087	0,553	0,234	0,671	2,807	1,085	0,847	1359	11	1356	11	1358	8	99,8
0,048	0,073	0,440	0,161	1,732	1,624	0,802	0,804	1024	9	960	6	980	5	93,7
0,296	0,091	1,146	0,235	0,795	2,956	2,077	0,830	1448	22	1363	21	1396	16	94,1
0,158	0,074	0,458	0,172	0,776	1,743	0,918	0,848	1028	9	1023	8	1024	6	99,4
0,137	0,081	0,382	0,210	0,705	2,330	0,865	0,881	1211	8	1227	9	1221	6	101,3
0,127	0,082	0,438	0,206	0,559	2,338	0,830	0,823	1250	9	1209	8	1224	6	96,8
0,163	0,094	0,374	0,272	0,518	3,527	0,639	0,742	1512	7	1549	7	1533	5	102,4
0,122	0,079	0,357	0,212	0,660	2,307	0,750	0,853	1172	7	1239	7	1214	5	105,7
0,425	0,096	0,326	0,268	0,665	3,553	0,740	0,876	1550	6	1531	9	1539	6	98,8
0,165	0,091	0,282	0,251	0,526	3,147	0,597	0,834	1447	5	1442	7	1444	5	99,6
0,166	0,072	0,539	0,172	0,808	1,713	0,971	0,811	994	11	1022	8	1013	6	102,9
0,348	0,110	0,270	0,329	0,572	4,995	0,633	0,874	1799	5	1835	9	1818	5	102,0
0,141	0,090	0,322	0,259	0,662	3,203	0,736	0,877	1420	6	1484	9	1458	6	104,5
0,274	0,079	0,401	0,202	0,538	2,208	0,671	0,738	1175	8	1188	6	1184	5	101,1
0,272	0,078	0,560	0,191	1,161	2,066	1,289	0,895	1159	11	1127	12	1138	9	97,3

0,215	0,087	0,293	0,232	0,702	2,778	0,761	0,908	1361	6	1342	9	1350	6	98,6
0,129	0,090	0,265	0,258	0,890	3,220	0,929	0,954	1434	5	1481	12	1462	7	103,3
0,030	0,070	0,251	0,168	0,739	1,627	0,780	0,938	932	5	1002	7	981	5	107,5
0,069	0,077	0,705	0,207	1,637	2,196	1,782	0,916	1119	14	1214	18	1180	12	108,5
0,156	0,076	0,494	0,173	1,053	1,808	1,163	0,898	1090	10	1028	10	1048	8	94,3

Formação Raizama

Amostra	Th/U	Razões Radiogênicas						Rho	Estimativa de Idade (Ma)						Conc.
		207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U	$\pm 1\sigma$		207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U	$\pm 1\sigma$	
PS 11	0,334	0,072	0,943	0,144	1,692	1,422	1,937	0,87	977	19	867	14	898	12	88,7
	0,214	0,071	0,715	0,148	0,531	1,44	0,891	0,736	949	15	888	4	906	5	93,6
	0,195	0,07	0,762	0,152	0,796	1,469	1,102	0,693	934	16	911	7	918	7	97,6
	0,316	0,073	0,591	0,16	0,816	1,615	1,007	0,787	1018	12	957	7	976	6	94
	0,328	0,073	1,123	0,161	1,256	1,627	1,685	0,735	1016	23	965	11	981	11	94,9
	0,231	0,073	0,766	0,164	1,042	1,643	1,293	0,792	1004	16	979	9	987	8	97,6
	0,197	0,074	1,696	0,164	0,736	1,668	1,849	0,613	1032	34	980	7	996	12	95
	0,247	0,074	1,036	0,167	0,928	1,709	1,391	0,846	1046	21	996	9	1012	9	95,2
	0,235	0,073	0,581	0,169	0,988	1,699	1,146	0,85	1009	12	1008	9	1008	7	99,9
	0,558	0,08	2,157	0,17	1,025	1,86	2,39	0,665	1186	42	1010	10	1067	16	85,2
	0,314	0,073	0,818	0,17	0,655	1,718	1,049	0,797	1026	17	1011	6	1015	7	98,5
	0,108	0,074	2,316	0,173	2,405	1,758	3,338	0,717	1032	47	1029	23	1030	22	99,7
	0,301	0,074	0,502	0,173	0,798	1,776	0,943	0,826	1052	10	1029	8	1037	6	97,9
	0,266	0,078	0,587	0,175	0,858	1,884	1,04	0,806	1146	12	1041	8	1076	7	90,9
	0,342	0,094	1,7	0,19	2,058	2,478	2,69	0,767	1518	32	1123	21	1266	19	74
	0,241	0,078	1,043	0,191	0,558	2,045	1,183	0,646	1136	21	1128	6	1131	8	99,2
	0,238	0,079	0,398	0,192	0,549	2,088	0,679	0,751	1169	8	1132	6	1145	5	96,8
	0,289	0,08	0,418	0,193	0,755	2,138	0,863	0,855	1205	8	1137	8	1161	6	94,4

0,243	0,08	0,301	0,194	0,605	2,137	0,676	0,867	1199	6	1141	6	1161	5	95,2
0,307	0,079	0,418	0,194	0,682	2,102	0,8	0,824	1164	8	1142	7	1149	6	98,1
0,301	0,078	0,747	0,194	0,954	2,088	1,212	0,77	1148	15	1143	10	1145	8	99,5
0,256	0,082	0,627	0,205	0,887	2,314	1,086	0,799	1246	12	1200	10	1217	8	96,4
0,514	0,083	1,33	0,206	0,635	2,344	1,474	0,383	1259	26	1207	7	1226	10	95,9
0,458	0,082	1,156	0,209	0,684	2,369	1,343	0,465	1247	23	1225	8	1233	10	98,2
0,195	0,082	0,471	0,21	0,59	2,379	0,755	0,729	1249	9	1229	7	1236	5	98,4
0,208	0,081	0,438	0,212	0,76	2,374	0,877	0,846	1227	9	1239	9	1235	6	100,9
0,361	0,08	1,435	0,215	0,945	2,373	1,718	0,528	1200	28	1254	11	1234	12	104,5
0,203	0,083	0,639	0,219	1,115	2,498	1,285	0,944	1262	12	1277	13	1271	9	101,1
0,325	0,091	0,583	0,228	0,79	2,875	0,982	0,78	1453	11	1326	9	1375	7	91,2
0,337	0,089	0,297	0,229	0,483	2,826	0,567	0,779	1414	6	1330	6	1362	4	94,1
0,319	0,093	0,518	0,23	0,869	2,96	1,012	0,843	1491	10	1336	10	1397	8	89,6
0,356	0,094	0,68	0,234	2,115	3,03	2,233	0,951	1506	13	1356	26	1415	17	90
0,438	0,089	0,386	0,234	0,741	2,871	0,836	0,928	1401	7	1357	9	1374	6	96,9
0,558	0,091	0,602	0,236	0,879	2,965	1,065	0,807	1447	11	1367	11	1399	8	94,5
0,351	0,094	0,457	0,237	0,821	3,061	0,939	0,857	1500	9	1372	10	1423	7	91,4
0,483	0,093	1,086	0,24	1,034	3,07	1,5	0,865	1484	21	1386	13	1425	11	93,4
0,546	0,089	0,29	0,242	0,827	2,968	0,876	0,936	1405	6	1396	10	1399	7	99,4
0,408	0,091	0,501	0,247	0,656	3,111	0,826	0,755	1454	10	1423	8	1435	6	97,9
0,326	0,095	0,423	0,256	1,043	3,367	1,125	0,921	1537	8	1468	14	1497	9	95,5
0,234	0,091	1,84	0,257	0,653	3,224	1,952	0,297	1447	35	1474	9	1463	15	101,9
0,228	0,098	0,359	0,262	0,616	3,527	0,713	0,829	1581	7	1499	8	1533	6	94,8
0,348	0,091	0,583	0,262	1,351	3,29	1,472	0,915	1447	11	1501	18	1479	11	103,8
1,059	0,101	0,462	0,263	0,869	3,676	0,984	0,869	1647	9	1507	12	1566	8	91,5
0,283	0,098	0,41	0,27	0,707	3,632	0,817	0,841	1578	8	1541	10	1556	7	97,6
0,875	0,106	3,153	0,288	1,023	4,209	3,317	0,295	1731	57	1632	15	1676	27	94,3
0,517	0,107	0,892	0,297	0,694	4,391	1,13	0,8	1753	16	1676	10	1711	9	95,6
0,554	0,11	0,3	0,301	0,696	4,563	0,758	0,902	1800	5	1696	10	1743	6	94,2

0,723	0,109	0,499	0,306	0,751	4,607	0,902	0,808	1783	9	1723	11	1751	8	96,6
0,354	0,109	0,37	0,307	0,586	4,605	0,693	0,802	1780	7	1725	9	1750	6	97
0,484	0,111	1,024	0,308	0,921	4,73	1,378	0,646	1824	19	1729	14	1772	12	94,8
0,638	0,108	0,437	0,31	0,651	4,639	0,784	0,795	1773	8	1742	10	1756	7	98,2
0,548	0,112	1,46	0,312	0,689	4,823	1,614	0,635	1832	26	1753	11	1789	14	95,7
0,575	0,117	0,456	0,314	0,99	5,074	1,09	0,9	1915	8	1759	15	1832	9	91,9
0,591	0,113	3,221	0,314	0,571	4,891	3,271	0,146	1846	58	1762	9	1801	28	95,5
1,096	0,109	0,522	0,315	0,803	4,722	0,958	0,928	1776	10	1767	12	1771	8	99,5
0,768	0,114	0,424	0,321	0,603	5,037	0,737	0,773	1864	8	1792	9	1826	6	96,2
0,413	0,108	0,777	0,325	0,754	4,862	1,083	0,856	1773	14	1815	12	1796	9	102,4

Amostra	Th/U	Razões Radiogênicas						Rho	Estimativa de Idade (Ma)						Conc.
		207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U	$\pm 1\sigma$		207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U	$\pm 1\sigma$	
PS 30	0,383	0,072	1,365	0,162	0,81	1,609	1,589	0,48	988	28	967	7	974	10	98
	0,254	0,071	2,988	0,162	1,912	1,596	3,574	0,534	965	60	970	18	969	22	101
	0,131	0,074	0,287	0,168	0,574	1,704	0,642	0,861	1034	6	999	5	1010	4	97
	0,25	0,078	0,437	0,184	0,762	1,971	0,878	0,848	1136	9	1090	8	1106	6	96
	0,105	0,08	1,649	0,188	0,625	2,069	1,763	0,543	1193	33	1111	6	1139	12	93
	0,399	0,081	0,872	0,191	1,062	2,143	1,374	0,759	1233	17	1125	11	1163	10	91
	0,19	0,079	0,366	0,192	0,665	2,092	0,759	0,85	1175	7	1131	7	1146	5	96
	0,254	0,081	0,844	0,195	0,841	2,19	1,192	0,679	1227	17	1151	9	1178	8	94
	0,271	0,081	0,397	0,196	0,996	2,197	1,073	0,923	1231	8	1153	11	1180	7	94
	0,326	0,083	1,458	0,197	0,9	2,253	1,714	0,501	1267	28	1159	10	1198	12	91
	0,263	0,081	0,592	0,198	0,897	2,217	1,075	0,818	1224	12	1166	10	1186	8	95
	0,38	0,083	0,557	0,204	0,595	2,328	0,815	0,855	1267	11	1195	6	1221	6	94
	0,194	0,084	0,337	0,205	0,555	2,362	0,65	0,807	1286	7	1200	6	1231	5	93
	0,146	0,082	0,55	0,205	0,701	2,318	0,891	0,752	1241	11	1205	8	1218	6	97
	0,255	0,112	1,474	0,219	2,313	3,376	2,77	0,841	1830	26	1276	27	1499	21	70
	0,157	0,087	0,413	0,22	0,686	2,642	0,801	0,829	1363	8	1282	8	1312	6	94

0,266	0,085	0,349	0,22	0,542	2,574	0,645	0,787	1309	7	1284	6	1293	5	98
0,445	0,091	0,772	0,234	0,975	2,922	1,243	0,768	1441	15	1353	12	1388	9	94
0,431	0,092	0,703	0,235	0,952	2,997	1,183	0,788	1474	13	1363	12	1407	9	92
0,184	0,091	0,31	0,236	0,603	2,965	0,678	0,858	1450	6	1365	7	1399	5	94
0,201	0,093	0,816	0,238	0,628	3,057	1,029	0,78	1493	15	1375	8	1422	8	92
0,303	0,091	0,323	0,238	0,542	2,998	0,631	0,809	1455	6	1376	7	1407	5	95
0,295	0,087	0,694	0,238	0,947	2,858	1,174	0,79	1359	13	1378	12	1371	9	101
0,244	0,094	0,544	0,241	0,702	3,111	0,888	0,903	1502	10	1391	9	1435	7	93
0,437	0,085	1,243	0,242	1,398	2,829	1,87	0,739	1311	24	1397	18	1363	14	107
0,344	0,094	0,749	0,245	0,743	3,177	1,055	0,861	1508	14	1413	9	1452	8	94
0,202	0,094	0,543	0,247	0,803	3,191	0,97	0,807	1504	10	1421	10	1455	7	94
0,133	0,095	0,639	0,249	0,793	3,251	1,018	0,752	1522	12	1433	10	1469	8	94
0,246	0,095	0,512	0,251	0,717	3,305	0,881	0,906	1538	10	1444	9	1482	7	94
0,287	0,095	0,346	0,252	0,578	3,296	0,673	0,816	1528	7	1447	7	1480	5	95
0,5	0,096	0,271	0,252	0,549	3,346	0,612	0,86	1552	5	1450	7	1492	5	93
0,235	0,091	0,787	0,254	0,749	3,18	1,087	0,654	1443	15	1459	10	1452	8	101
0,213	0,096	0,25	0,255	0,592	3,381	0,643	0,897	1553	5	1463	8	1500	5	94
0,33	0,096	0,382	0,256	0,526	3,379	0,651	0,743	1543	7	1469	7	1499	5	95
0,494	0,095	0,337	0,258	0,565	3,37	0,658	0,814	1523	6	1479	7	1497	5	97
0,315	0,097	0,981	0,261	0,592	3,48	1,146	0,706	1561	18	1495	8	1523	9	96
0,384	0,096	0,293	0,262	0,584	3,469	0,654	0,862	1547	5	1501	8	1520	5	97
0,237	0,096	0,432	0,262	0,66	3,481	0,789	0,804	1552	8	1502	9	1523	6	97
0,637	0,098	1,433	0,263	1,395	3,536	2	0,688	1580	27	1503	19	1535	16	95
0,254	0,103	5,539	0,265	1,361	3,771	5,706	0,431	1681	99	1517	19	1587	45	90
0,161	0,097	0,406	0,265	0,787	3,542	0,885	0,872	1564	8	1517	11	1537	7	97
0,449	0,095	0,815	0,27	1,096	3,537	1,366	0,791	1530	15	1539	15	1535	11	101
0,318	0,097	0,374	0,275	0,648	3,701	0,748	0,836	1576	7	1568	9	1572	6	100
0,302	0,108	1,141	0,293	0,753	4,355	1,368	0,755	1760	21	1658	11	1704	11	94
0,499	0,114	0,974	0,299	0,839	4,688	1,285	0,625	1860	18	1686	12	1765	11	91

0,7	0,11	0,216	0,299	0,614	4,558	0,651	0,928	1808	4	1687	9	1742	5	93
0,38	0,108	0,448	0,301	0,697	4,504	0,828	0,813	1772	8	1698	10	1732	7	96
0,57	0,111	0,432	0,304	0,661	4,669	0,789	0,804	1822	8	1711	10	1762	7	94
0,376	0,105	0,648	0,307	0,867	4,436	1,082	0,917	1712	12	1725	13	1719	9	101
0,565	0,111	1,706	0,31	1,005	4,741	1,98	0,741	1816	31	1740	15	1774	17	96
0,546	0,11	1,468	0,312	1,384	4,73	2,017	0,677	1800	27	1750	21	1773	17	97
0,489	0,11	0,329	0,313	0,931	4,759	0,987	0,937	1803	6	1756	14	1778	8	97
0,342	0,115	0,302	0,313	0,543	4,956	0,621	0,829	1874	5	1758	8	1812	5	94
0,736	0,12	0,969	0,322	0,798	5,347	1,255	0,824	1960	17	1802	13	1876	11	92
0,335	0,115	1,426	0,323	0,935	5,105	1,707	0,526	1875	25	1804	15	1837	14	96
0,628	0,121	0,382	0,328	0,686	5,491	0,785	0,849	1976	7	1830	11	1899	7	93
0,526	0,117	0,516	0,329	0,903	5,324	1,04	0,854	1917	9	1833	14	1873	9	96
0,722	0,125	5,546	0,34	2,101	5,872	5,931	0,599	2034	98	1885	34	1957	51	93
0,129	0,118	0,503	0,343	0,925	5,592	1,053	0,867	1930	9	1900	15	1915	9	98

Formação Diamantino

Amostra	Th/U	Razões Radiogênicas						Estimativa de Idade (Ma)						Conc.	
		207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U	$\pm 1\sigma$	Rho	207Pb/206Pb	$\pm 1\sigma$	206Pb/238U	$\pm 1\sigma$	207Pb/235U		$\pm 1\sigma$
PS 10	0,264	0,059	0,77	0,092	0,744	0,745	1,076	0,659	558	17	567	4	566	5	101,8
	0,381	0,061	1,537	0,094	1,659	0,792	2,262	0,727	655	33	576	9	593	10	87,9
	0,974	0,064	0,741	0,095	0,798	0,845	1,089	0,704	755	16	586	4	622	5	77,7
	0,192	0,064	0,741	0,106	1,135	0,94	1,356	0,827	744	16	652	7	673	7	87,6
	0,587	0,064	0,641	0,107	0,636	0,951	0,903	0,654	754	14	656	4	678	4	86,9
	0,25	0,075	2,565	0,108	1,628	1,122	3,038	0,529	1080	51	660	10	764	16	61,1
	0,605	0,065	2,167	0,109	0,533	0,976	2,231	0,367	775	46	666	3	691	11	85,9
	0,83	0,062	6,617	0,109	1,611	0,926	6,815	0,431	658	136	668	10	666	33	101,5
	0,626	0,064	1,775	0,11	0,705	0,971	1,91	0,573	747	38	671	4	689	10	89,9
	0,041	0,063	0,362	0,114	0,675	0,984	0,766	0,857	702	8	694	4	696	4	98,9

ANEXOS

97

0,213	0,074	1,122	0,143	1,183	1,448	1,63	0,713	1029	23	861	10	909	10	83,6
0,268	0,07	0,712	0,149	0,862	1,447	1,118	0,749	940	15	896	7	909	7	95,3
0,297	0,073	1,278	0,154	0,805	1,549	1,51	0,75	1012	26	923	7	950	9	91,3
0,205	0,071	0,436	0,154	0,564	1,515	0,713	0,734	963	9	926	5	937	4	96,2
0,563	0,072	0,62	0,157	0,877	1,564	1,074	0,798	994	13	940	8	956	7	94,5
0,773	0,073	0,627	0,159	0,676	1,603	0,922	0,691	1021	13	950	6	971	6	93
0,491	0,073	2,279	0,159	1,303	1,601	2,625	0,74	1011	46	953	12	971	16	94,2
0,23	0,074	3,121	0,161	0,792	1,65	3,222	0,421	1055	62	960	7	989	20	91
0,4	0,075	2,426	0,161	2,084	1,662	3,203	0,647	1069	48	961	19	994	20	89,9
0,26	0,076	1,461	0,161	0,552	1,677	1,562	0,296	1084	29	962	5	1000	10	88,7
0,074	0,074	0,855	0,162	0,651	1,642	1,075	0,555	1032	17	966	6	986	7	93,7
0,486	0,075	2,129	0,162	2,251	1,673	3,099	0,723	1061	43	970	20	998	20	91,4
0,404	0,074	0,457	0,167	0,662	1,713	0,804	0,788	1049	9	997	6	1014	5	95
0,111	0,075	0,943	0,169	0,859	1,754	1,276	0,852	1072	19	1008	8	1029	8	94
0,054	0,079	1,867	0,172	0,919	1,871	2,081	0,676	1174	37	1021	9	1071	14	86,9
0,398	0,075	0,558	0,174	0,735	1,793	0,922	0,767	1059	11	1035	7	1043	6	97,7
0,464	0,074	4,255	0,175	2,161	1,789	4,772	0,708	1042	86	1041	21	1041	31	99,9
0,337	0,078	0,49	0,176	0,523	1,892	0,717	0,65	1142	10	1047	5	1078	5	91,7
0,179	0,084	2,278	0,179	2,071	2,082	3,079	0,872	1296	44	1064	20	1143	21	82,1
0,42	0,076	0,534	0,18	0,762	1,885	0,93	0,793	1094	11	1066	7	1076	6	97,4
0,384	0,079	1,257	0,182	0,901	1,967	1,546	0,558	1161	25	1075	9	1104	10	92,6
0,64	0,079	1,192	0,191	1,623	2,092	2,021	0,801	1185	23	1126	17	1146	14	95
0,149	0,081	6,651	0,195	1,008	2,19	6,727	0,276	1232	131	1149	11	1178	47	93,2
0,249	0,083	0,885	0,198	0,9	2,274	1,262	0,69	1280	17	1163	10	1204	9	90,9
0,198	0,096	0,672	0,232	1,717	3,08	1,844	0,929	1553	13	1345	21	1428	14	86,6
0,243	0,095	0,787	0,239	2,18	3,121	2,318	0,94	1520	15	1383	27	1438	18	91
0,419	0,098	0,963	0,258	0,616	3,492	1,143	0,726	1591	18	1479	8	1525	9	93
0,453	0,103	3,674	0,272	1,271	3,854	3,887	0,555	1673	68	1552	18	1604	31	92,7
0,936	0,109	0,351	0,273	0,571	4,104	0,67	0,807	1783	6	1556	8	1655	5	87,3

ANEXOS

0,228	0,103	1,657	0,281	0,661	3,996	1,784	0,569	1681	31	1597	9	1633	14	95
0,546	0,11	1,204	0,299	0,846	4,529	1,471	0,546	1797	22	1686	13	1736	12	93,8
0,821	0,114	0,529	0,305	2,063	4,798	2,13	0,968	1864	10	1717	31	1785	18	92,1
0,381	0,118	1,588	0,319	0,509	5,18	1,667	0,244	1925	28	1783	8	1849	14	92,6
0,381	0,115	0,511	0,32	0,84	5,083	0,983	0,837	1886	9	1788	13	1833	8	94,8
0,835	0,115	0,241	0,32	0,522	5,063	0,575	0,869	1874	4	1791	8	1830	5	95,6
0,73	0,115	1,304	0,328	0,762	5,184	1,51	0,72	1876	24	1827	12	1850	13	97,4
0,723	0,116	1,461	0,33	1,082	5,289	1,818	0,578	1900	26	1837	17	1867	16	96,7
0,702	0,124	0,23	0,33	0,461	5,655	0,515	0,83	2016	4	1840	7	1924	4	91,3
0,318	0,159	0,465	0,339	0,558	7,435	0,727	0,706	2447	8	1881	9	2165	7	76,9
0,245	0,123	0,246	0,341	0,475	5,787	0,535	0,826	2002	4	1891	8	1944	5	94,5
0,605	0,125	2,397	0,346	2,038	5,97	3,146	0,857	2032	42	1914	34	1971	27	94,2
0,289	0,128	0,276	0,36	0,465	6,342	0,54	0,782	2070	5	1980	8	2024	5	95,7
0,199	0,127	0,319	0,365	0,917	6,404	0,971	0,939	2061	6	2005	16	2033	9	97,3
0,308	0,166	1,033	0,448	1,648	10,23	1,945	0,843	2515	17	2385	33	2456	18	94,9
0,153	0,174	0,42	0,473	1,004	11,369	1,092	0,916	2599	7	2498	21	2554	10	96,1
0,326	0,2	0,367	0,5	0,818	13,784	0,896	0,901	2826	6	2613	18	2735	8	92,5
0,475	0,202	0,483	0,565	0,771	15,755	0,91	0,825	2843	8	2889	18	2862	9	101,6