



**ANÁLISE DE FÁCIES E MODELOS DEPOSIIONAIS DE
UNIDADES TRIÁSSICAS DA BACIA DO PARANÁ SOBRE O
ESCUDO SUL-RIO-GRANDENSE NA REGIÃO DO GRÁBEN
ARROIO MOIRÃO, RS:
EM BUSCA DE MARCADORES ESTRATIGRÁFICOS**

Porto Alegre, 2014

LAÍS GABRIELLI LIMA

**ANÁLISE DE FÁCIES E MODELOS DEPOSIONAIS DE UNIDADES
TRIÁSSICAS DA BACIA DO PARANÁ SOBRE O ESCUDO SUL-RIO-
GRANDENSE NA REGIÃO DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO, RS: EM BUSCA DE
MARCADORES ESTRATIGRÁFICOS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores: Prof. Dr. Rualdo Menegat
Prof^a. Dr^a. Ana Maria Mizusaki

Porto Alegre, 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Lima, Laís Gabrielli

Análise de fácies e modelos deposicionais de unidades triássicas da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense na região do Gráben Arroio Moirão, RS em busca de marcadores estratigráficos. / Laís Gabrielli Lima. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2014.

[93 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul.Graduação em Geologia.Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR,2014.

Orientador(es):Rualdo Menegat

Coorientador(es):Ana Maria Pimentel Mizusaki

1.Bacia do Paraná.2.Gráben Arroio Moirão.3.Triássico.4.Formação

Santa Maria.I. Título.

CDU 55

Catalogação na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Alexandre Riba Semeler CRB 10/1900

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “**ANÁLISE DE FÁCIES E MODELOS DEPOSIIONAIS DE UNIDADES TRIÁSSICAS DA BACIA DO PARANÁ SOBRE O ESCUDO SUL-RIO-GRANDENSE NA REGIÃO DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO, RS: EM BUSCA DE MARCADORES ESTRATIGRÁFICOS**”, elaborado por “**LAÍS GABRIELLI LIMA**”, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Professor Dr. Anderson Maraschin, PUCRS

Doutorando Eduardo Premaor, UFRGS

Professor Dr. Juliano Kühle, UFRGS

RESUMO

O presente trabalho caracterizou detalhadamente as unidades isoladas da Bacia do Paraná que ocorrem sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense no setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão. A estratigrafia da área compreende unidades triássicas da Bacia do Paraná representadas pela Formação Santa Maria, integrante do Grupo Rosário do Sul. Para a caracterização mais detalhada das unidades, o estudo valeu-se das técnicas de: estratigrafia de eventos; análise de fácies, modelos e sequências deposicionais; petrografia; difração de raios X; e microscopia eletrônica de varredura. Foram levantados dez perfis colunares, na escala 1:50, os quais, posteriormente, foram correlacionados por meio de superfícies-chave, unidades-chave, sucessões deposicionais, e cotas topográficas. Essa correlação ainda baseou-se no modelo de relevo sombreado gerado para área de estudo, onde foram traçados os lineamentos. A integração desses dados resultou na proposição do arcabouço estratigráfico de alta resolução para o setor sudoeste do gráben. Por meio da análise de fácies, foram identificadas trinta e nove fácies, que foram agrupadas em seis tipos básicos de formas de leito e elementos arquiteturais, levando em consideração suas geometrias, texturas e estruturas. Essas fácies foram agrupadas em sucessões de fácies de acordo com critérios de variação textural. O perfil colunar composto da área revelou o empilhamento de nove sucessões de fácies granodecrescentes ascendentes limitadas por superfícies-chave (diastemas). Essas sucessões representam a variação lateral e vertical de um modelo deposicional formado por sucessivas inundações que geraram fluxos de baixa densidade que programam por meio de canais rasos para relevos mais baixos onde imergem em lagos de inundaçāo. Além disso, foi identificada, por meio de fotomicrografia obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura e difratogramas, a ocorrência de caulinita como constituinte predominante de exensa camada. O trabalho contribui para o entendimento da sedimentação no Triássico na região do gráben, pois foram obtidas informações precisas a cerca dos processos deposicionais que ocorreram na área, o que resultou na proposição de um novo modelo sedimentar: fluxos subaquosos efêmeros de baixa densidade, ou seja, inunditos clássicos.

Palavras-Chave: Bacia do Paraná. Gráben Arroio Moirão. Triássico. Formação Santa Maria.

ABSTRACT

This work realizes a detailed characterization of the isolated Paraná Basin units occurring on Sul-Rio-Grandense Shield in the southwest sector of the Graben Arroio Moirão. The stratigraphy of the area comprises Triassic units of the Paraná Basin represented by the Santa Maria Formation, part of Rosário do Sul Group. For more detailed characterization of the units took advantage of the techniques: analysis of facies models and depositional sequences and stratigraphy events; petrography; X-ray diffraction; and scanning electron microscopy. Ten columnar profiles (in 1:50 scale) were gathered, and later they were correlated by the recognition of key units, key surfaces, depositional sequences, and topographic dimensions. This correlation also was based on the shaded relief model generated for the study area, where the guidelines were drawn. The integration of such data allows the proposition of a high resolution stratigraphic framework of the southwest sector of the graben. Through facies analysis technics, thirty-nine facies were identified and grouped by their texture and structure into six architectural elements and bed forms. The vertical facies analysis allows identifying nine fining upward facies sucession limited by key surfaces (diastema). Still, kaolinite was identified through diffraction and photomicrograph obtained by scanning electron microscopy as the main component of an extensive bed. Therefore, the work contributes to the understanding of the sedimentation in the Triassic of the graben in question, as accurate information was obtained about the depositional processes that occurred in the area, which resulted in the proposal of a new sedimentary model: ephemeral subaqueous flows of low density, namely, classical inunditos.

Keywords: Paraná Basin Graben. Arroio Moirão. Triassic.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná com o contorno estrutural, profundidades, do embasamento cristalino. (Modificado de Milani, 2004).	2
Figura 2. Mapa das províncias morfotectônicas do Rio Grande do Sul. O quadro em amarelo demarca a região de estudo que se encontra ampliada na figura seguinte. (Extraído de Menegat, 2006).	6
Figura 3. Mapa geológico simplificado do Gráben Arroio Moirão. Dados da pesquisa (2014).	7
Figura 4. Carta estratigráfica da Bacia do Paraná. (Extraído de Milani <i>et al.</i> , 2007).	10
Figura 5. Arcabouço estratigráfico das unidades triássicas da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul proposto, evidenciando a nomenclatura comparativa de sequências deposicionais de diversos autores. Dados da pesquisa (2014).	14
Figura 6. Convergência do Panthalassa com Gonduanides e localização da Bacia do Paraná (Modificado de Philipp e Kückle, 2006).	15
Figura 7. Localização da área de estudo.a) Mapa de localização das regiões de Santana da Boa Vista, Piratini e Pinheiro Machado, o retângulo vermelho demarca a área de estudo e o quadrado rosa demarca o mapa de localização da área de estudo. b) Mapa de localização ampliado, evidênciando as vias de acesso da área de estudo, demarcada por retângulo vermelho. c) articulações das tiras de campo para a área de estudo. d) mapa de localização dos dez perfis colunares (no retângulo tracejado no canto inferior esquerdo, demarcado na articulação de tiras de campo. Dados da pesquisa (2014).	18
Figura 8. Exemplo de tira de campo da carta topográfica de Pinheiro Machado. Dados da pesquisa (2014).	19
Figura 9. Exemplo de tira de campo de imagem de satélite confeccionada no ArcGis. Dados da pesquisa (2014).	19
Figura 10. Perfil colunar levantado, PGMC004, para exemplificar, retângulo verde identificando o lamito laminado. Dados do Projeto (2014).	20
Figura 11. Esquema de amostragem para difração de raios X (PGMC004). Dados do Projeto (2014).	21
Figura 12. Fluxograma das etapas da análise de fácies, modelos e sequências deposicionais (Baseado em Dalrymple, 2010).	23
Figura 13. Destilação do processo de geração do modelo de fácies. (Modificado de Walker, 1984 <i>apud</i> Dalrymple, 2010.)	24
Figura 14. Procedimentos básicos e produtos da técnica de DRX. Dados da Pesquisa (2014).	26
Figura 15. Procedimentos básicos da técnica MEV: (a) montagem de amostras, (b) geração e processamento de imagens. Dados da Pesquisa (2014).	28
Figura 16. Compartimentação geotectônica do Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense a partir das assinaturas geofísicas, obtidas com a gravimetria e aeromagnetometria. O retângulo amarelo assinala a localização do gráben (Extraída de Fernandes <i>et al.</i> , 1995b).	30

Figura 17. Detalhe do modelo de relevo sombreado evidênciando cuestas (dentro do retângulo azul), com sua geomorfologia controlada por falhas NE/SW. Dados da Pesquisa (2014).	31
Figura 18. Modelo de relevo sombreado com lineamentos traçados, sendo identificáveis três grandes famílias de lineamentos, com direções: NE/SE, NW/SE e N/S. Dados da Pesquisa (2014).	312
Figura 19. Macroformas básicas do Gráben Arroio Moirão. a) cuesta suave, cuja frente eventualmente possui paredões abruptos. b) pequena mesa. Dados da Pesquisa (2014).	34
Figura 20. Microformas de relevo. (a) camadas com geometria lençoide; (b) camadas com geometria tabular. Dados da Pesquisa (2014).	35
Figura 21. Exemplo do PGMB010, de umas das sucessão de fácies granodecrescentes ascendentes. Dados da Pesquisa (2014).	45
Figura 22. Fotomicrografias: a) detalhe da textura e pigmentação por óxidos de ferro (NC); destacam-se alguns grãos mais grossos (NC); b) detalhe mostrando intraclasto argiloso e grãos na fração areia grossa dispersos. Dados da Pesquisa (2014).	46
Figura 23. Imagens de MEV e difratogramas da fácie lamito. a) composição essencialmente argilosa (ES, 550X); b) caulinita (K) (ES, 2.000X) pseudo hexagonal sob forma de agregados do tipo "booklet"; c) feldspato (F) sendo totalmente substituído por caulinita (ES, 1.700X; d) difratograma gerado identificando a caulinita (K) e quartzo (Q); Dados da Pesquisa (2014).	47
Figura 24. Fotomicrografias. a) arenito intercalando lâminas de granulometria média com lâminas de granulometria fina (NC); b) arenito de granulometria fina onde se destacam grãos de quartzo na fração grossa (Q); observar também as lamelas de mica orientadas (M) (NC). Dados da Pesquisa (2014).	48
Figura 25. Fotomicrografias. a) "cutains" indicadores de paleoalteração, indicados por seta branca (ND) b) feição inicial de paleoalteração, indicada por seta branca, e proeminente grão de quartzo policristalino (Qp) (NC); c) detalhe de feição inicial de paleoalteração, indicada por seta branca (ND); d) fragmentos de xisto (X) (NC); e) fragmento argiloso, compactado, preenchendo poro, indicado por seta preta (ND); f) proeminentes lamelas de micas brancas (M) orientadas concordantes com a laminação (NC). Dados da Pesquisa (2014).	49
Figura 26. Fotomicrografias ao MEV. a) composição argilosa onde predomina caulinita (ES, 1.900X); b) grão de feldspato (F) sendo recoberto e substituído por caulinita (ES, 1.400X); c) ocorrência extensiva de caulinita com identificação do ponto numerado em verde (443), onde foi realizada análise por EDS (ES, 2.000X); d) espectro de EDS indicando a ocorrência de sílica, alumínio, ouro e oxigênio; e) difratograma identificando a presença de caulinita (K) e quartzo (Q); f) caulinitas euédricas e sob forma de agregados do tipo "booklet"; Dados da Pesquisa (2014).	50
Figura 27. rcabouço estratigráfico para o setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão. Dados da Pesquisa (2014).	54
Figura 28. Perfil esquemático exemplificando a sucessão de fácies característica de um inundito. Dados da Pesquisa (2014).	56
Figura 29. Modelo experimental de fluxo de baixa densidade (Modificado de Postma, 2014).	57
Figura 30. Fluxos hiperpicnais de baixa densidade com afogamento pelo lago transgressivo. (Modificado de Zavala <i>et al.</i> , 2011).	58

Figura 31. Siltito com laminação plano-paralela. a) nível micáceo, indicado por seta branca; b) plano micáceo, indicado por X branco. Dados da Pesquisa (2014).	58
Figura 32. Superfície de acresção lateral de rara espessura, sugestiva de migração de duna 2D. Dados da Pesquisa (2014).	59
Figura 33. Seção lateral proposta para evidenciar a progradação de um fluxo subaquoso de baixa densidade, inundito. Dados da Pesquisa (2014).	60
Figura 34. Lâminas delgadas evidenciando a má seleção. a) nicóis cruzados; b) nicóis descruzados. Dados da Pesquisa (2014).	61
Figura 35. Arenito conglomerático de seixos e granulos, mal selecionado, com fração silte significativa. Dados da Pesquisa (2014).	61
Figura 36. Arenito muito fino com laminação plano-paralela. a) detalhe de concreção ferruginosa; b) fragmento de material carbonoso; c) detalhe da fotografia do fragmento carbonoso, onde também, se evidenciam as impressões da <i>flora dicroidium</i> ; Dados da Pesquisa (2014).	63
Figura 37. Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná, evidênciando o período Triássico, onde se inclui a Formação Santa Maria (Extraído de Milani et al., 2007).	64
Figura 38. Perfil colunar, PGMB010, o retângulo vermelho delimita a fácies arenito muito fino com laminação plano-paralela, que tem como característica a presença da <i>flora dicroidium</i> . Dados da Pesquisa (2014).	65

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Dados de direções de lineamentos organizamos em forma de: tabelas geradas no Stereo 32 (por isso, direções se apresentam, por vezes, dois dígitos apenas) que relacionam as medidas de direção dos lineamentos (coluna b) com o comprimento medido no mapa; diagramas de rosetas; diagramas de densidade de direção de lineamentos, sendo as direções com maior densidade de dados apresentadas em cores quentes (vermelho, laranja, amarelo) e os com menor densidade dados com cores frias (azul e verde). Dados da Pesquisa (2014).	33
Quadro 2. Fácies reconhecidas: abreviaturas, descritores, processo deposicional e fotografias. Dados da Pesquisa (2014).	38
Quadro 3. Sumário de fácies de acordo com estruturas e formas de leito e respectivos processos deposicionais, associações de fácies e elementos arquiteturais. Dados da Pesquisa (2014).	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Acg	arenito conglomerático
Af	arenito fino
Ag	arenito grosso
Am	arenito médio
Amf	arenito muito fino
Amg	arenito muito grosso
Bl	blocoso
Bt	biotita
Bxa	estratificação cruzada de baixo ângulo
C	fragmentos carbonosos
Cg	conglomerado
Cpp	estratificação cruzada plano-paralela
D	<i>flora dicroidium</i>
F	festonado
Gn	gradação normal
Gp	grande porte
Gr	granuloso
I	intraformacional
Lm	lamito
Lpp	laminação plano-paralela
M	maciço
Mp	médio porte
NSx	nível de seixos
St	siltito
Sx	seixoso
T	estratificação cruzada tangencial

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMA, PREMISSAS, HIPÓTESE E TÉCNICAS DE SOLUÇÃO.....	3
1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	5
1.3. LOCALIZAÇÃO DO GRÁBEN MOIRÃO, CONTEXTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRÁFICO	6
1.4. TRABALHOS ANTERIORES	8
1.4.1. A evolução da Bacia do Paraná: breve cenário	8
1.4.2. Relatos sobre uma antiga Formação Caneleiras	10
1.4.3. O Triássico e a Formação Santa Maria.....	12
1.4.4. Tectônica durante o Triássico	14
2. METODOLOGIAS, TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DE TESTE.....	17
2.1. MAPEAMENTO NO SETOR SUDOESTE DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO	17
2.2. LEVANTAMENTO DE PERFIS COLUNARES E AMOSTRAGEM DE CAMPO	20
2.3. ANÁLISE DE FÁCIES, MODELOS E SEQUÊNCIAS DEPOSICIONAIS	21
2.4. ANÁLISE PETROGRÁFICA.....	24
2.5. DIFRAÇÃO DE RAIOS X (DRX)	25
2.6. MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV)	27
3. RESULTADOS	29
3.1. ANÁLISE DE LINEAMENTOS E TECTÔNICA	29
3.1. MACROFORMAS E MICROFORMAS GEOMORFOLÓGICAS BÁSICAS	34
3.2. ANÁLISE DE FÁCIES, ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES, ELEMENTOS ARQUITETURAIS E PROCESSOS DEPOSICIONAIS	36
3.3. ANÁLISE DAS SUCESSÕES DE FÁCIES E MODELOS DEPOSICIONAIS	45
3.4. CARACTERIZAÇÃO E DETALHAMENTO DAS LITOLOGIAS COM BASE EM TÉCNICAS ANALÍTICAS	46
Siltitos	46
Lamitos	47
Arenitos médios a muito finos, quartzo-feldspáticos:	48
Arenitos conglomeráticos a grossos, quartzo-feldspáticos:.....	48
3.5. ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO.....	51
4. DISCUSSÕES	55
4.1. SUCESSÕES DE FÁCIES E MODELO DEPOSICIONAL.....	55
4.2. MICROFORMAS DE RELEVO E GEOFORMAS	59
4.3. PRINCIPAIS AGENTES CONTROLADORES DO MODELO DEPOSICIONAL PROPOSTO: INUNDITOS	60
4.4. GRAU DE SELEÇÃO E TRANSPORTE DE GRÃOS.....	61
4.5. PERÍODOS DE EXPOSIÇÃO SUBAÉREA	62
4.6. EODIAGÊNESE E CAULINITA	62
4.7. POSICIONAMENTO DAS UNIDADES NO TRIÁSSICO	63
4.8. DISCUSSÃO FINAL	66
5. CONCLUSÕES	67
6. REFERÊNCIAS	68
ANEXO: PERFIS COLUNARES DA ÁREA DE ESTUDO	71

1. INTRODUÇÃO

A Bacia do Paraná é uma bacia intracontinental, que consiste em um registro com forma de elipsoide, cujo eixo maior possui direção NNE-SSW, estendendo-se do centro-sul do Brasil até o norte do Uruguai, nordeste da Argentina, e leste do Paraguai (Fig.1). Seu contorno atual é definido por limites erosivos relacionados em sua maior parte à história geotectônica da metade do Cenozoico do continente sul-americano.

O flanco leste da bacia foi profundamente modelado pela erosão em função do soerguimento crustal associado ao rifte do Atlântico Sul. Já o flanco oeste é definido por uma feição estrutural positiva orientada a norte-sul, na forma de uma ampla protuberância flexural (*bulge*) relacionado à sobrecarga litosférica imposta ao continente pelo cinturão orogênico andino (Milani, 2007).

Em território brasileiro, a bacia está localizada entre os paralelos 14º e 32ºS e os meridianos 47º e 56ºW. Ela ocupa uma área de aproximadamente 1.100.000 km², englobando parte dos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e atinge uma espessura de até 7.000 m.

Os principais recursos extraídos dessa bacia são: carvão mineral, água subterrânea, folhelho betuminoso, argilas, rochas ornamentais, gemas e materiais para indústria.

Os processos tectônicos precedentes à geração da Bacia do Paraná consistem na colisão do Cráton Rio de La Plata com o Cráton Kalahari. Em função disso, houve a subducção do assoalho do oceano Adamastor e a concomitante orogênese que gerou o cinturão Dom Feliciano. Após esse evento tectônico, houve a colisão com o cráton do Congo, resultando na amalgamação do Gondwana Ocidental (Fernandes, 1995a).

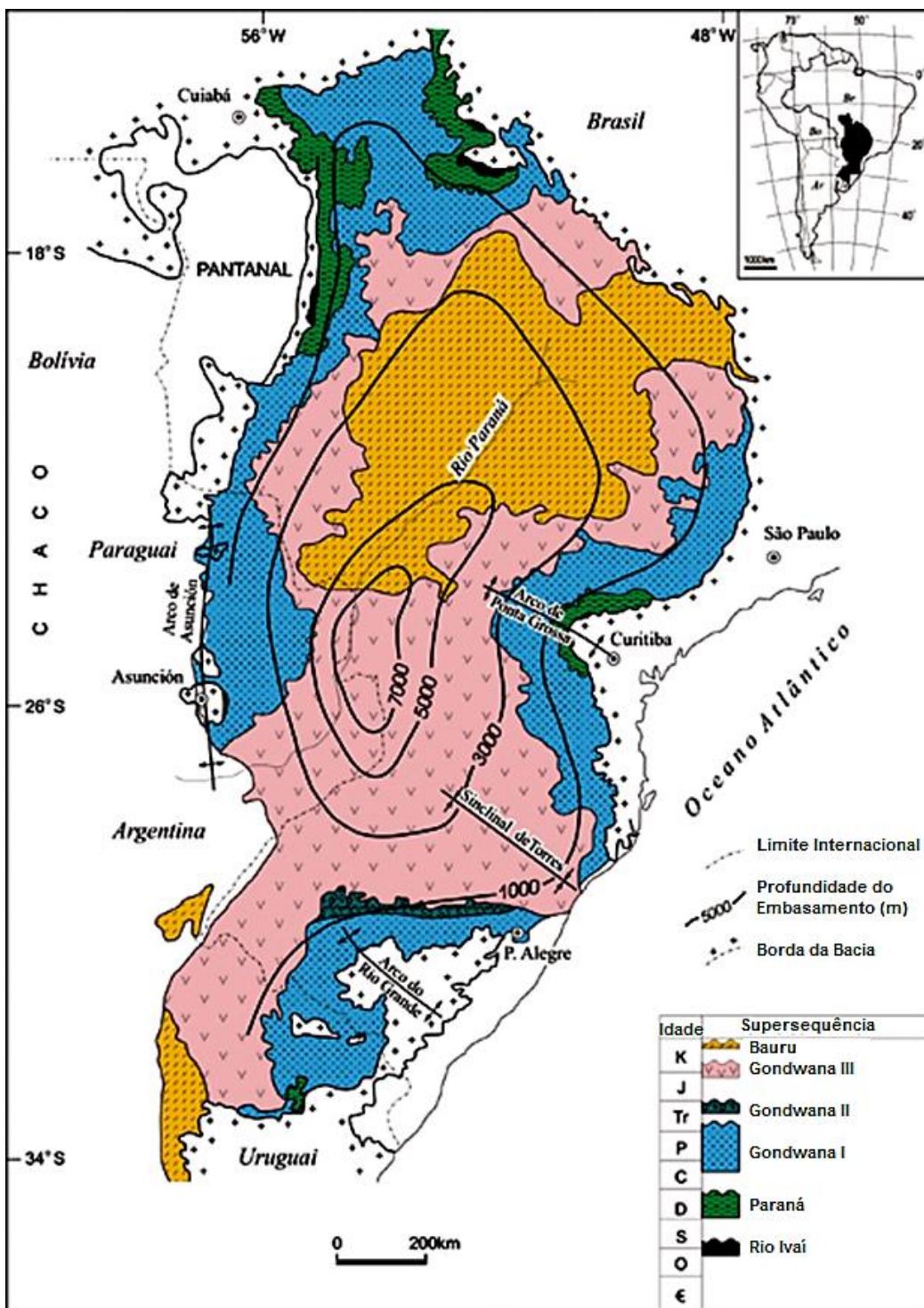


Figura 1. Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná com o contorno estrutural, profundidades, do embasamento cristalino. (Modificado de Milani, 2004).

Nesse cenário, o desenvolvimento inicial dos modelos deposicionais da Bacia do Paraná foi condicionado pelas estruturas herdadas do Ciclo Brasiliano-Pan-Africano (Milani & Thomaz Filho, 2000). O início da sedimentação está representado pelo Grupo Rio Ivaí, do Neo-Ordoviciano, e o ápice do preenchimento da bacia representa-se pela Formação Serra Geral, do Eocretáceo. A evolução desse sítio deposicional consistiu em uma combinação de diversos mecanismos tectônicos, que incluem: no princípio, extensão continental, seguida de subsidência termal, sinéclise com posterior ajuste isostático e, por fim, magmatismo extrusivo e a extensão crustal que levou à fragmentação do *Gondwana*.

1.1. PROBLEMA, PREMISSAS, HIPÓTESE E TÉCNICAS DE SOLUÇÃO

Embora o estudo da Bacia do Paraná no último período tenha avançado (Milani *et al.*, 2007; Ruban, 2009), há algumas questões que ainda não foram suficientemente resolvidas. Há questões de calibração da idade de algumas formações do Triássico, como aquele relacionado à parte superior da Formação Sanga do Cabral, cujo material fossilífero (pertencente à fauna local de Catuçaba) ainda não fornece informações precisas acerca de sua idade, sendo que esta pode variar desde o Neotatariano até o Anisiano, aproximadamente 250 a 241 Ma (Ketzer, 1997). Além das idades das formações triássicas, alguns fragmentos isolados da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense não foram estudados de forma aprofundada, permanecendo problemas de correlação entre si e destes com as unidades contíguas à bacia.

Dessa maneira, pressupõe-se que tais fragmentos, por estarem na borda sul da Bacia do Paraná, encerram densidade de informação do arcabouço estratigráfico que poderia ajudar na elucidação de problemas de correlação. Dentre esses fragmentos, coloca-se a área de estudo situada no setor ocidental do Gráben Arroio Moirão, na região de Pinheiro Machado e Piratini. Maiores respostas sobre a relação entre a tectônica e a sedimentação ocorrem em bordas de bacias, pois estas sofrem influência direta da tectônica vigente. Assim, obtêm-se melhores informações sobre a sedimentação continental ocorrida sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense durante o Triássico.

O estudo de sequências continentais possui limitadores pelo fato de que a estratigrafia de sequências clássica (Vail, 1977; Posamentier & Vail, 1988) ter sido criada com base em sequências marinhas e costeiras. Estas, por sua vez, têm influência direta das variações do nível relativo do mar, o qual é seu principal

modelador, vindo a definir os tratos de sistemas bem conhecidos pela comunidade científica.

Além disso, em bacias intracratônicas os gradientes do seu substrato são muito baixos e a identificação do limite de sequências e tratos de sistema se torna problemática, uma vez que os estratos que as compõem são plano-paralelos, subhorizontais e pouco espessos. Nessas bacias, as sequências deposicionais não são tão bem marcadas, pois os estratos assumem expressões geométricas desfavoráveis. Em estratos não marinhos como em nossa área de estudo, a estratigrafia de sequências ainda encontra-se carente de um arcabouço teórico bem estabelecido. O controle das sequências, nesse caso, parece estar relacionado com fatores produzidos não só por processos a jusante dos sistemas deposicionais, como variações do nível de base, mas também como a montante, soerguimento da área fonte (Posamentier & James, 1993).

Os processos sedimentares que ocorreram nas unidades hoje localizadas no Gráben Arroio Moirão resultaram de modelos deposicionais efêmeros, os quais são pouco descritos e referidos na literatura. Além disso, os eventos tectônicos sindeposicionais da borda de bacia vigentes durante o Triássico, compartimentando subdepocentros, também dificultam a correlação de unidades em grandes extensões.

Essa dificuldade poder ser suplantada a partir da hipótese de que é possível identificar-se unidades-chave e/ou superfícies-chave que se colocam como excelentes marcadores estratigráficos, cujo rastreamento pode se dar em grandes extensões. Essa hipótese tem como premissas (i) o fato de que os depósitos efêmeros geram unidades estratigráficas de boa continuidade lateral, tornando possível sua correlação; e (ii) depósitos efêmeros empilham-se estratigraficamente em sucessões de eventos deposicionais que, por sua vez, podem ser correlacionadas mesmo em pacotes sedimentares de depocentros diferentes. Considera-se que os eventos tectônicos que condicionaram a sedimentação da Formação Santa Maria, objeto de estudo, também condicionaram a preservação dos fragmentos da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense.

Para testar a presente hipótese, vamos nos valer das seguintes teorias da análise de fácies, modelos deposicionais e estratigrafia de sequências sintetizados por Roger Walker (1992; 2006), Dalrymple (2010), Posamentier (1993), e Miall (1990). A coleta de dados far-se-á consoante técnicas de análise de fácies, modelos e sequências deposicionais de Roger Walker (1992; 2006), Dalrymple (2010) e Miall (1990), com o intuito de obter-se: levantamento de perfis colunares

de detalhe, escala 1:50; análise de fácies que inclui interpretação de processos deposicionais e do modelo sedimentar, reconhecimento de unidades de grande extensão lateral (litologia-chave) e de superfícies-chave; correlação dos perfis levantados tanto em termo das unidades, como das superfícies-chave; estabelecimento de um arcabouço estratigráfico de detalhe; petrografia das principais unidades; datação de litologias-chave; DRX (difratometria de raios X) da fração fina ($FF < 2 \mu$), separada das unidades-chave; MEV (microscópio eletrônico de varredura) de argilominerais de unidades-chave.

Além disso, será realizado um levantamento bibliográfico em bases de dados que fundamentará a análise temática do estudo. Bem como o estudo de modelos e teorias constantes na bibliografia da área.

1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O objetivo geral consiste em obter informações precisas sobre a estratigrafia de detalhe da região sudoeste do Gráben Arroio Moirão, a fim de resultar em um arcabouço estratigráfico de alta resolução. As metas consistem na obtenção de informações sobre fácies, sucessão de fácies, ciclos deposicionais, processos atuantes, ambiente deposicional, superfícies-chave, unidades-chave, e se possível, informações sobre a tectônica regente e idade relativa. O objetivo específico é reconhecer unidades-chave, superfícies-chave e ciclos deposicionais para tornar possível a correlação das unidades entre si. Para tanto, serão utilizadas as técnicas de análise e interpretação de fácies, modelos e sequências deposicionais por meio do levantamento de perfis colunares de detalhe e posterior correlação destes.

Espera-se que o estudo a ser desenvolvido contribua para uma melhor compreensão do desenvolvimento tectono-sedimentar da borda sul da Bacia do Paraná no Triássico. Os produtos gerados são:

- Perfis colunares na escala 1:50;
- Caracterização das unidades estratigráficas da área de estudo, a geração de um quadro de fácies;
- Interpretação dos processos deposicionais atuantes, dos padrões de empilhamento e sua relação com as variáveis controladoras dos eventos deposicionais e erosivos para cada unidade estratigráfica reconhecida;
- A definição dos modelos deposicionais;
- A definição de marcadores estratigráficos;

- A geração da seção de correlação estratigráfica, mostrando o arcabouço estratigráfico de detalhe das unidades triássicas do setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão;
- O mapa da área de estudo com lineamentos traçados, bem como, diagramas de roseta e de densidade de direção de lineamentos;
- O mapa de pontos mapeados.

1.3. LOCALIZAÇÃO DO GRÁBEN MOIRÃO, CONTEXTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRÁFICO

Este trabalho realizar-se-á na região do Gráben Arroio Moirão, que está situado no Escudo Sul-Rio-Grandense (Fig. 2) entre os paralelos 30°45' e 31°15'S e os meridianos 52°45' e 53°15'W. Esse gráben (Fig. 3) preserva unidades triássicas da Bacia do Paraná (Fig. 4). Os dados serão levantados no setor sudoeste conforme mapas de localização constantes no item 2.1. (Mapeamento no setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão). O objetivo principal é a elaboração de um arcabouço estratigráfico de detalhe para essa região. Para tanto, serão utilizadas as técnicas de análise e interpretação de fácies, modelos e sequências deposicionais por meio do levantamento de perfis colunares de detalhe e posterior correlação destes.

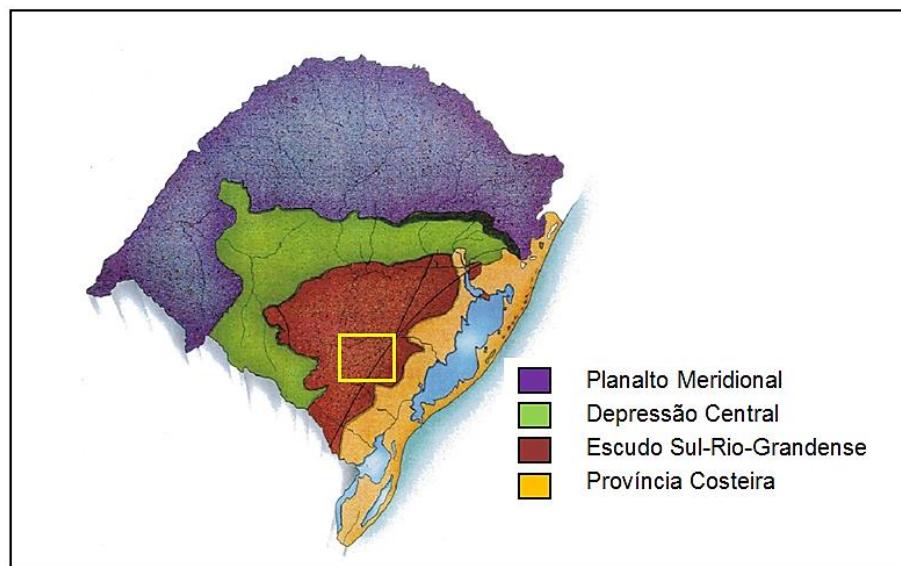


Figura 2. Mapa das províncias morfotectônicas do Rio Grande do Sul. O quadro em amarelo demarca a região de estudo que se encontra ampliada na figura seguinte. (Extraído de Menegat, 2006).

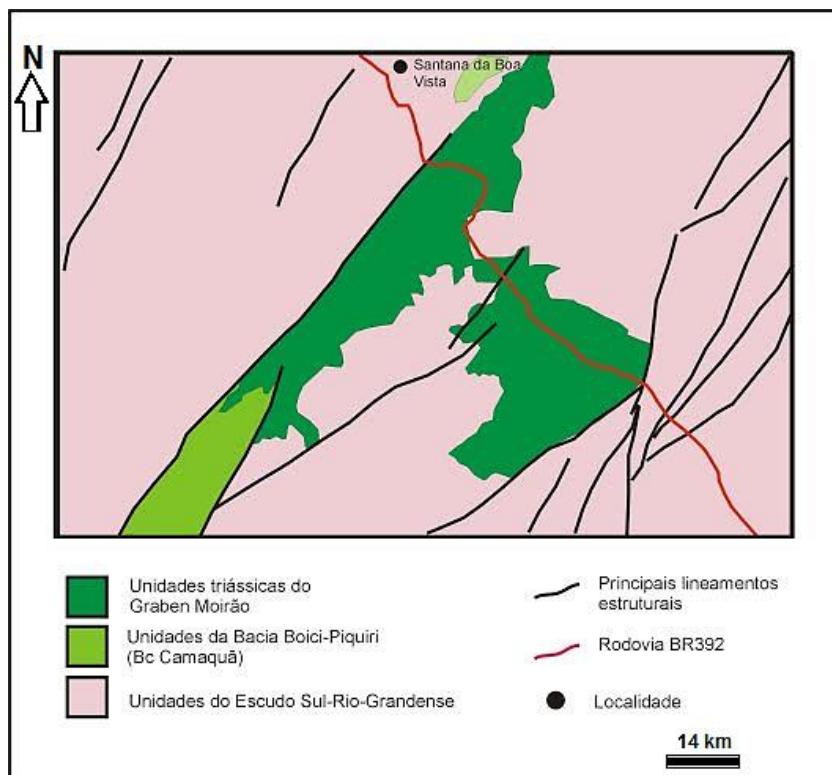


Figura 3. Mapa geológico simplificado do Gráben Arroio Moirão. Dados da pesquisa (2014).

Quanto ao contexto geológico e estratigráfico, o estudo das unidades do Triássico da Bacia do Paraná possui particular relevância. Nesse período, com duração de 248,2 Ma a 205,7 Ma (Gradstein, 1995), houve o máximo desenvolvimento da Pangeia, já que o processo de consolidação do supercontinente teria terminado no limite Permo-Triássico com as orogêneses Herciniana e Tardi-Herciniana. A Pangeia é subdividida em duas partes, a Laurásia, ao norte, e o Gondwana, ao sul. Com a consolidação da Pangeia, ocorreu um soerguimento generalizado de massas continentais. Assim, o Triássico caracterizou-se por um nível de base relativamente baixo, clima árido e semiárido, e uma sedimentação continental (Zerfass, 2003).

As unidades gondwanicas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense primordialmente foram denominadas de “Formação Caneleiras”. Com um melhor entendimento da evolução tectônica-estratigráfica e das particularidades destas unidades essa denominação vem sendo abandonada. Trataremos esse assunto a seguir, juntamente com a evolução da Bacia do Paraná, a Formação Santa Maria e sua tectônica do Triássico.

1.4. TRABALHOS ANTERIORES

1.4.1. A evolução da Bacia do Paraná: breve cenário

A evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná se deu no interior cratônico do *Gondwana*. O início de sua sedimentação ocorreu no Neo-Ordoviciano, quando as zonas de fraqueza do embasamento foram reativadas sob o campo compressional originado na borda do continente pela Orogenia Oclóyica (Ramos, 1986). O espaço de acomodação gerado foi preenchido pela Supersequência Rio Ivaí, constituída pelas rochas sedimentares das formações Alto Garças, Iapó e Vila Maria. Seu topo é marcado pela discordância neossiluriana.

Retomada a subsidência, acumulou-se a Supersequência Paraná, de idade devoniana, caracterizada por uma notável uniformidade faciológica em toda sua área de ocorrência. Ela possui espessura variável, visto que, sua porção superior sofreu sucessivos eventos erosivos superpostos, que ocorreram entre o final do Neodevoniano e o Carbonífero Médio. Em seu topo, ocorre a discordância neodevoniana com um hiato de cerca de 70 Ma, cuja origem tem sido relacionada com fatores tectônicos ligados à Orogenese Herciniana. Outro fator decisivo para a ausência de registro, seria a formação dos mantos de gelo polares e o auge da glaciação, com subsequente rebaixamento do nível relativo do mar.

A sedimentação foi retomada com a migração do *Gondwana* para o norte, no final do Westfaliano; parte terminal do Moscoviano, (Gradstein *et al.*, 1995). O pacote que sucede a discordância neodevoniana é o da Supersequência *Gondwana I* (Milani, 1997), que materializa um ciclo transgressivo-regressivo completo. Esse ciclo ocorreu devido à invasão e posterior saída do Panthalassa sobre o interior do *Gondwana*. Sua porção basal consiste em sedimentação relacionada ainda ao degelo do manto polar. Seu ciclo sedimentar alcançou condições de máxima inundação no Artinskiano e finalizou com sistemas deposicionais continentais com o advento do Triássico. A acumulação da Supersequência *Gondwana I* foi acompanhada de um progressivo fechamento da Bacia do Paraná às incursões marinhas provenientes de oeste. Assim, o caráter intracratônico da bacia foi paulatinamente sendo assumido, e a bacia acabou por ser aprisionada no interior árido do *Gondwana* mesozoico.

Com a chegada do Triássico, houve uma distensão generalizada na porção sul do paleocontinente *Gondwana*, à qual está associada à Supersequência *Gondwana II*, de ocorrência restrita às porções gaúcha e uruguaias da bacia. Nesse

contexto regional, ela representa uma sedimentação em bacias do tipo Gráben (Milani *et al.*, 1997).

No Mesozoico, prosseguiram as condições de erosão em ampla escala, ligadas à abrasão eólica do substrato do interior do *Gondwana*. Registrhou-se, assim, a maior lacuna da Bacia do Paraná, tendo começado no Noriano e estendendo-se até o Kimmeridgiano. Sobre essa superfície, depositou-se a Supersequência *Gondwana III*. Esta consiste de depósitos que representam extensos campos de dunas instalados a partir do final do Jurássico (Thitoniano), sucedidos pelas rochas magmáticas eocretácicas relacionadas aos momentos iniciais de ruptura do paleocontinente.

No Eocretáceo, a crosta continental sofreu um colossal fendilhamento, associado ao intenso magmatismo basáltico. Nesse evento, rompeu-se o megacontinente *Gondwana* e iniciou-se a evolução do oceano Atlântico Sul. O magmatismo Serra Geral é o marco do fim dos eventos de acumulação extensiva no interior do megacontinente.

Cessadas as atividades vulcânicas e promovidos os ajustes isostáticos, devido à sobrecarga desses derrames, estabeleceu-se no final do Cretáceo uma depressão onde se depositou um material siliciclástico proveniente da alteração e erosão de rochas paleozoicas e pré-cambrianas. A sequência neocretácea é excluída do registro sedimentar da Bacia do Paraná por ser considerada uma acumulação em uma nova bacia, denominada Bacia Bauru (Milani *et al.*, 1997).

Dessa maneira, conclui-se que Bacia do Paraná comprehende um extenso pacote vulcâno-sedimentar, no qual foi reconhecido o registro de seis unidades de ampla escala, também denominadas Supersequências (Vail *et al.*, 1977): Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), *Gondwana I* (Carbonífero-Eotriássico), *Gondwana II* (Meso a Neotriássico), *Gondwana III* (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). Cada sequência envolve intervalos temporais de algumas dezenas de milhões de anos sendo envelopadas por superfícies de discordância de caráter inter-regional (Milani *et al.*, 1997).

As três primeiras supersequências são representadas por sucessões sedimentares que definem ciclos transgressivo-regressivos ligados às variações do nível relativo do mar no Paleozoico. As demais correspondem a pacotes continentais com rochas vulcânicas associadas. A supersequência Bauru é considerada posterior à Bacia do Paraná, visto que é esta encerrou sua sedimentação com o evento vulcânico da Formação Serra Geral.

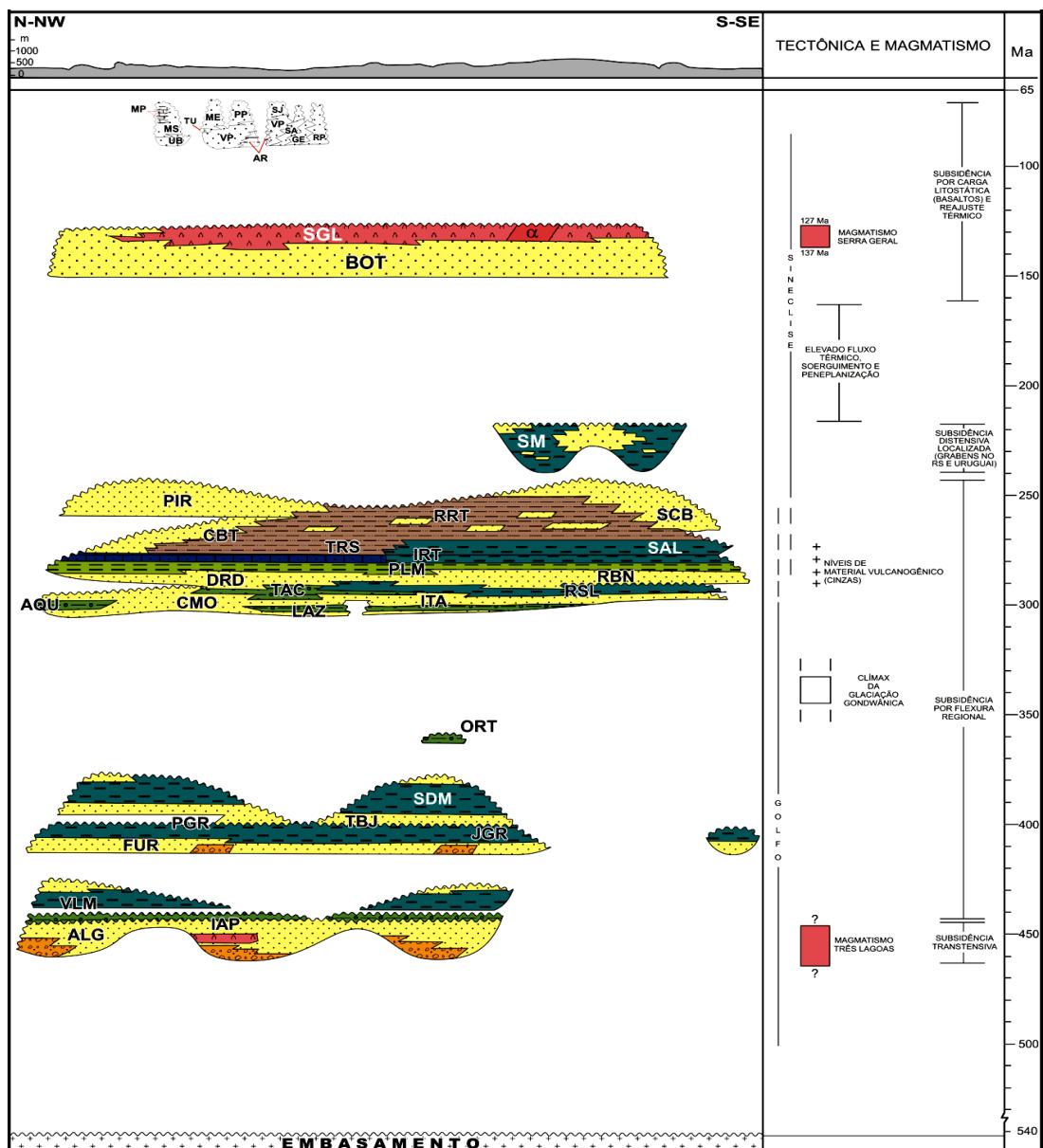


Figura 4. Carta estratigráfica da Bacia do Paraná. (Extraído de Milani *et al.*, 2007).

1.4.2. Relatos sobre uma antiga Formação Caneleiras

O objeto de estudo inclui as unidades gondwanicas circunscritas no Gráben Arroio Moirão e preservadas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense. Os primeiros relatos sobre essa ocorrência duvidosamente inseriram essas rochas sedimentares na série Camaquã (Franco, 1944; Leinz, 1945).

Posteriormente, foi proposto que essas litologias denominar-se-iam de “Formação Caneleiras”, e atribuíram a essas uma idade Devoniana, baseada nas relações de campo e seu conteúdo fossilífero. A presença na Formação Caneleiras de impressões de folhas e caules, considerados de idade Paleozoica segundo, reforçou a impossibilidade de correlacionar essa unidade com a série Camaquã (Tessari & Picada, 1966).

Eliminada a correlação com a série Camaquã do Eopaleozoico, restou a possibilidade de correlacionar a Formação Caneleiras com a porção basal da seção goduânica, ou seja, com o Grupo Itararé, do Eopermiano. Devido ao fato do Grupo Itararé estar assentado sobre o embasamento cristalino, assim como a Formação Caneleiras, eles deviam ter no máximo idades contemporâneas. Essa afirmação estava baseada nos princípios estratigráficos da época, quais sejam, os da “estratigrafia de camadas de bolo”. Porém, essa proposição também foi descartada por não haver relações de contato muito claras, através de evidências regionais, geomorfológicas, estudo de ambiente deposicional das duas sequências, grau de diagênese, intensidade do tectonismo e, por fim, o conteúdo fossilífero (Tessari & Picada *et al.*, 1966).

Nos meados de 1980, a idade Devoniana começou a ser questionada. Em 1981, com mais estudos na Formação Caneleiras que ocorreu a descoberta de vertebrados fósseis, característicos do Triássico, denominados *Scaphonyx fisheri* (Jost, 1981). A partir disso, fez-se necessário que houvesse uma revisão nessa unidade, visto que uma nova idade Mesozoica se verificava. Diversos autores começaram a propor novas hipóteses de correlação da Formação Caneleiras com a seção goduânica da Bacia do Paraná.

A década de 90 foi marcada pela retomada de discussões à respeito da Formação Caneleiras. A idade Triássica não era mais discutível, porém, incoerências das fácies sugeriam que a Formação Caneleiras correspondesse, na realidade, a várias unidades litoestratigráficas. Foi proposta uma correlação direta dessas unidades com a Formação Santa Maria (Triássico Médio a Superior) com base em estudos na região de Santana da Boa Vista.

Em 1993, uma discussão à respeito da idade da Formação Caneleiras foi apresentada. O posicionamento estratigráfico no Permo-Triássico seria reforçado, baseado em estudos na região de Encruzilhada do Sul e na correlação da Formação Caneleiras com unidades do tipo *red beds* do Permo-Triássico da Bacia do Paraná. Salientou-se também que o ambiente tectônico não era compatível com as unidades pré-goduânicas (Grupo Camaquã) e a impossibilidade da Formação

Caneleiras ter constituído uma bacia sedimentar que não fosse a Bacia do Paraná (Menegat & Scherer, 1993).

Uma abordagem de cunho tectônico e estratigráfico foi proposta em 1995, essa procurou integrar parte das unidades isoladas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense (Formação Caneleiras) na região de Encruzilhada do Sul. Foram caracterizadas duas sequências deposicionais que puderam ser correlacionadas com a Formação Rio Bonito e com as formações Rio do Rastro e Sanga do Cabral. A geração da discordância entre essas duas sequências seria produzida por reativações tectônicas do embasamento devido à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu, durante o Permiano Superior (Menegat, 1995).

Enfim, a conclusão é de que o termo “Formação Caneleiras”, desde a década de 90, vem sendo substituído pelas respectivas formações gondwanicas da Bacia do Paraná.

1.4.3. O Triássico e a Formação Santa Maria

O registro do Triássico no Rio Grande do Sul, onde se incluem as unidades deste estudo, é representado por duas formações, a Sanga do Cabral e a Santa Maria. A primeira tem cerca de 100 m de espessura, e é composta por depósitos fluviais de baixa sinuosidade. Apresenta uma paleofauna de tetrápodes (família *Procolophonidae*), que sugere idade Induana (Ruban *et al.*, 2009).

A segunda, corresponde a um pacote pelítico que ocorre exclusivamente no Rio Grande do Sul, estendendo-se também para o Uruguai no caso dos estratos Eotriássicos. Na Formação Santa Maria, o estudo de répteis reconheceu a maioria dos grupos presentes atualmente (*Dicynodontia*, *Cynodontia*, *Pseudosuchia*, *Rhynchocephalia* e *Saurischia*). Foram também encontradas plantas fósseis e invertebrados (*Crustacea* e *Insecta*).

Em 1977, foi proposta a primeira subdivisão bioestratigráfica para a Formação Santa Maria. Foram reconhecidas três cenozonas (*Therapsida*, *Rhynchocephalia* e *Dicroidium*). As duas primeiras, baseadas em répteis e com extensão lateral considerável, ao passo que a última apoia-se em plantas fósseis e tem caráter fortemente local. Ainda foram correlacionadas essas zonas e a fauna triássica da Argentina com as da Formação Santa Maria, resultando para esta um posicionamento entre o Mesotriássico e o Neotriássico (Barberena, 1977).

Em subsuperfície, a Supersequência *Gondwana II* exibe em sua base, depósitos pelíticos sobre arenosos, sendo que o contato entre esses é abrupto. Isso reflete uma “transgressão lacustre” sobre a discordância que marca o topo da

Supersequência *Gondwana* I. Essa evidência poderia ser indicativa de alta taxa de subsidência, com posterior cenário de bacia faminta (Milani, 1998).

No Rio Grande do Sul, o conjunto pelitos lacustres/progradações arenosas é recoberto em contato abrupto pelos arenitos da Formação Botucatu.

Logo, o cenário da Formação Santa Maria do Meso ao Neotriássico está relacionado com a formação de grábens distensivos assimétricos. A ciclicidade dos eventos deposicionais, intercalando pelitos lacustres e arenitos fluviais ocorreu devido às variações do nível de base, como respostas aos pulsos de subsidência, combinadas com variações climáticas. Esse pacote sofreu uma forte erosão relacionada com a deflação eólica ligada à Formação Botucatu, impossibilitando uma correlação do contexto paleofisiográfico do Meso ao Neotriássico na Bacia do Paraná (Milani *et al.*, 1998).

A Formação Santa Maria é subdividida em duas sequências deposicionais, denominadas de sequências Santa Maria 1 e 2. A sequência Santa Maria 1, possui cerca de 150 m de espessura e aflora na região central do Rio Grande do Sul. Consiste predominantemente de argilitos e arenitos médios a finos contendo intraclastos pelíticos, sendo estes uma característica marcante da sequência. Além disso, contém conglomerados subordinados, sendo estes interpretados como canais de baixa sinuosidade que foram sucedidos por sistemas deltaicos e lacustrinos rasos (Ruban *et al.*, 2009). Fósseis de répteis como dicinodontes, cinodontes e tecodontes sugerem idade Ladiniana (Schultz, 1995). É sobreposta pela sequência Santa Maria 2, e a superfície limitante é uma desconformidade ocorrida no Ladiniano (topo do Mesotriássico).

A sequência Santa Maria 2, também aflorante na porção contígua à bacia na Depressão Periférica do Rio Grande do Sul, tem espessura de cerca de 50 m. Em sua porção inferior, possui arenitos também interpretados como canais de baixa sinuosidade. Em sua porção superior, consiste em argilitos relacionados a um sistema lacustre raso. São encontrados fósseis de restos de répteis, plantas, peixes, insetos, e crustáceos. Os répteis são rincosauros, cinodontes e os primeiros dinossauros, estes indicam a idade Carniano/Noriano Inferior (Schultz *et al.*, 1995). O limite superior da sequência é a desconformidade que separa essa sequência do Membro Caturrita (Noriano) e da Formação Botucatu (Cretáceo Inferior). Esse hiato possui idade Noriano/Carniano (Ruban *et al.*, 2009).

A seguir (Fig. 5), temos a síntese da estratigrafia se sequências para o Triássico da Bacia do Paraná, levando em consideração os autores: Zerfass (2003), Ruban (2009) e Milani (2007).

		Unidades da Estratigrafia de Sequências					
Unidades Geocronológicas		Litologias	Unidades Litoestratigráficas	<i>sensu Zerfass (2003)</i>		<i>sensu Ruban (2009)</i>	<i>sensu Milani (2007)</i>
Período	Idade			Supersequência	Sequência de 3ª ordem	Sequência Depositional	Supersequência
Cretáceo			Formação Serra Geral				Gondwana III
			Formação Botucatu				
Jurássico							
Triássico	Rético		Formação Caturrita		Santa Maria 3	" Membro Caturrita "	Gondwana II
	Noriano				Santa Maria 2	Santa Maria 2	
	Carniano		Formação Santa Maria		Santa Maria 1	Santa Maria 1	* Inclui Membro Caturrita
	Ladiniano		Membro Alemoa				
	Anisiano		Membro Passo das Tropas				Gondwana I
	Olenekiano		Hiato				
			Formação Sanga do Cabral	Supersequência Sanga do Cabral			

Figura 5. Arcabouço estratigráfico das unidades triássicas da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul proposto, evidenciando a nomenclatura comparativa de sequências deposicionais de diversos autores. Dados da pesquisa (2014).

1.4.4. Tectônica durante o Triássico

O registro Triássico no Rio Grande do Sul é composto por duas sequências de segunda ordem tectonicamente controladas: a Supersequência Sanga do Cabral (Induano) e a Supersequência Santa Maria. A primeira consiste em um registro fragmentário, e não possui sequências de frequência mais alta. Sua área-fonte constituiu-se de terrenos sedimentares soerguidos na região periférica do sistema Gonduanides. Já a Supersequência Santa Maria (Ladiniano a Rético ou Eojurássico) é subdividida em sequências de terceira ordem, quais sejam: Santa Maria 1 (Ladiniano); Santa Maria 2 (Carniano a Eonariano); e Santa Maria 3 (provavelmente posicionada no Rético ou Eojurássico). A área-fonte da Supersequência Santa Maria estava relativamente mais próxima que a da Supersequência Sanga do Cabral e consistia em rochas do embasamento soerguido, mais precisamente, rochas do Escudo Sul-Rio-Grandense e Uruguaio. As desconformidades limitantes das sequências de segunda ordem estão relacionadas a duas fases de soerguimento ocorridas no limite Permo-Triássico e no Mesotriássico (Zerfass et al., 2003).

A sedimentação triássica no sul da América do Sul pode estar relacionada diretamente com o Sistema Orogênico Gonduanides (Fig. 6). Esse sistema estava instalado em uma zona convergente tipo Andina na margem do Panthalassa. Os registros da orogênese que se estendia na margem leste do *Gondwana* se encontram hoje na América do Sul e Austrália.

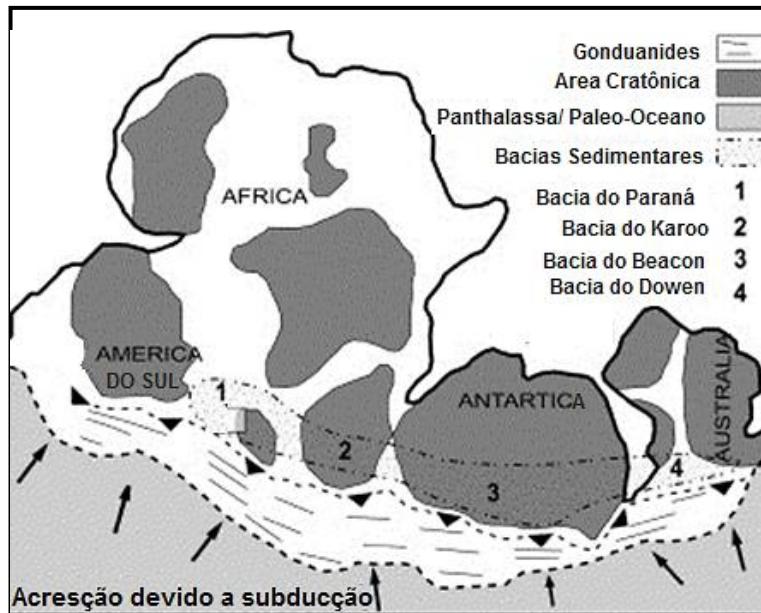


Figura 6. Convergência do Panthalassa com Gonduanides e localização da Bacia do Paraná (Modificado de Holz, Kühle & Philipp, 2006).

A deposição no Triássico Inferior deu-se em uma larga bacia aluvial que se estenderia do oeste da América do Sul até a África. Já a sedimentação no Triássico Médio/Superior, teria ocorrido dentro de uma série de bacias tectonicamente controladas, na forma de bacias riftes intracontinentais geradas por reativação de estruturas Pan-Africanas do Cinturão Damara (Proterozoico Superior), a extensão começou na porção Africana. Com a continuidade da extensão, os segmentos de falha cresceram e novos segmentos desenvolveram-se e interligaram-se. Posteriormente, a extensão sofreu propagação em direção à parte sul-americana, gerando os segmentos com direção NW-SE. Após esse evento, os segmentos NW-SE do tipo A evoluíram para falhas normais, relacionadas com o desenvolvimento de uma bacia rifte, representada pela Supersequência Santa Maria (Ladiniano a Rético ou Eojurássico) (Zerfass, 2004).

Duas populações de fraturas com direção NW-SE foram definidas: As fraturas do tipo A, que têm significado estatístico na Supersequência Sanga do

Cabral, possuem azimute variando entre 280º - 290º. As fraturas do tipo B, que são estatisticamente importantes em todas as unidades mesozoicas estudadas, da Supersequência Sanga do Cabral à Formação Serra Geral, possuem azimute variando entre 310º - 320º, sendo interpretadas como segmentos secundários ligados a um sistema anastomosado (Zerfass *et al.*, 2003).

Dessa forma, observaram-se duas fases distintas de sedimentação no sul da América do Sul durante o Triássico: as amplas bacias aluviais do Eotriássico, representadas pela Formação Sanga do Cabral (Induano) e as bacias extensionais do Meso e Neotriássico, reconhecidas por meio da Formação Santa Maria (Ladiniano até Raetiniano).

2. METODOLOGIAS, TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DE TESTE

Para testar a hipótese e elaborar os diversos produtos técnicos deste trabalho utilizaram-se diversas técnicas de investigação. Dentre essas técnicas, cujos procedimentos serão detalhados, incluem-se: sensoriamento remoto, amostragem de campo, análise de fácies, modelos e sequências deposicionais; petrografia e microscopia óptica (MO); difração de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Salienta-se que todos os cuidados de amostragem foram aplicados para que não haja risco de contaminação e alteração nos resultados de acordo com cada técnica.

2.1. MAPEAMENTO NO SETOR SUDOESTE DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO

A área mapeada situa-se no extremo sudoeste do Gráben Arroio Moirão. Na primeira etapa do mapeamento das unidades sedimentares foi realizada de 03 a 10 de janeiro de 2014. Utilizou-se a técnica de mapeamento geológico (Lisle, 2014) que consiste em subdividir o mapa base da área a ser mapeada em diversas tiras de campo, cada qual com o tamanho de uma prancheta A4 (210 x 297 mm). A articulação das tiras de campo (cujos vértices tem coordenadas: 6570000 mN/0289900 mE; 6562900 mN/0297200 mE; 6555100 mN/0275800 mE; e 6548000 mN/0282600 mE) da área mapeada (Figura 7), e a ilustração de uma tira cartográfica (Fig. 8) podem ser visualizadas abaixo. De igual modo, a imagem de satélite obtida no sistema *Google Earth* correspondente à área a ser mapeada foi subdividida em tiras de campo (Fig. 9) A4, facilitando o manuseio e a navegação e conferindo maior precisão à plotagem de dados. Esses materiais foram produzidos por meio de software ArcGis.

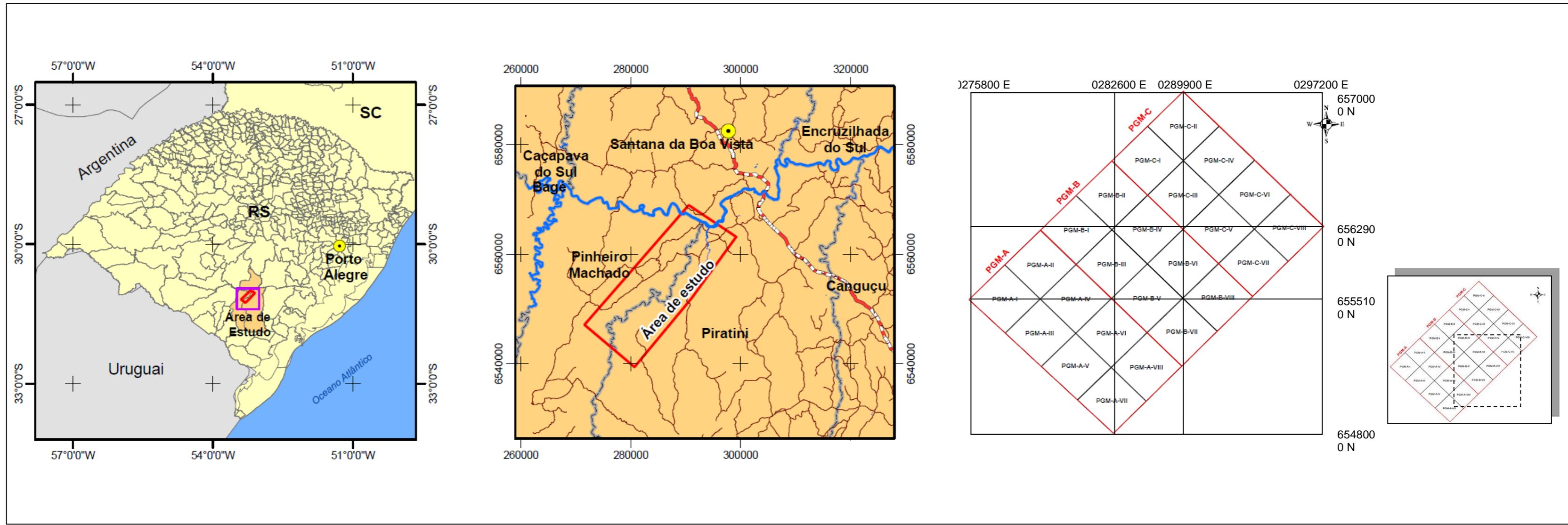


Figura 7. Localização da área de estudo.a) Mapa de localização das regiões de Santana da Boa Vista, Piratini e Pinheiro Machado, o retângulo vermelho demarca a área de estudo e o quadrado rosa demarca o mapa de localização da área de estudo. b) Mapa de localização ampliado, evidenciando as vias de acesso da área de estudo, demarcada por retângulo vermelho. c) articulações das tiras de campo para a área de estudo. d) mapa de localização dos dez perfis colunares (no retângulo tracejado no canto inferior esquerdo, demarcado na a articulação de tiras de campo. Dados da pesquisa (2014).

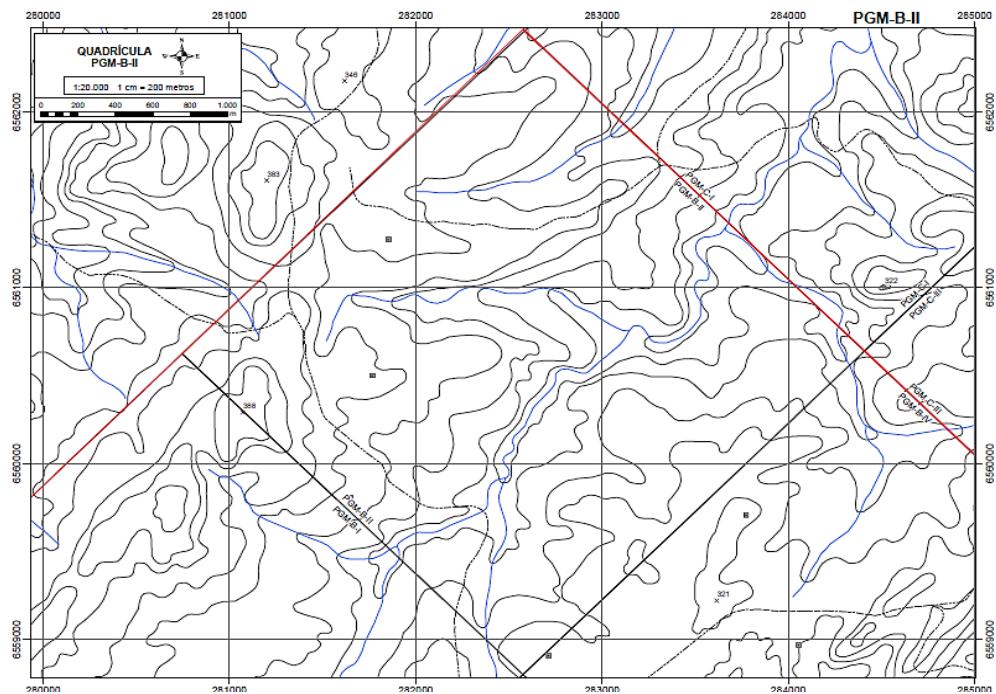


Figura 8. Exemplo de tira de campo da carta topográfica de Pinheiro Machado. Dados da pesquisa (2014).

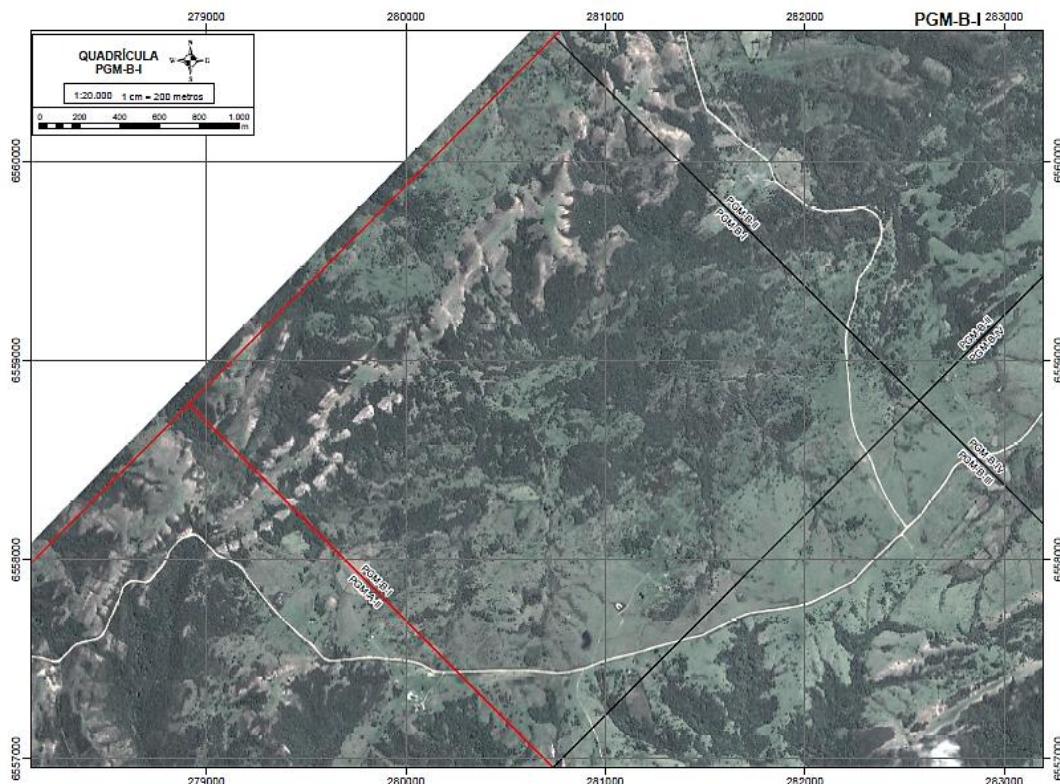


Figura 9. Exemplo de tira de campo de imagem de satélite confeccionada no ArcGis. Dados da pesquisa (2014).

2.2. LEVANTAMENTO DE PERFIS COLUNARES E AMOSTRAGEM DE CAMPO

Durante o mapeamento, foram levantados dez perfis colunares, identificados como: PGMA 010, 012 e 013; PGMB 008 a 010; PGMC 002, 004 (Fig.10), 007 e 009. A espessura total desses perfis é de 214,85 m, sendo a maior espessura individual a do perfil PGMB 010, com 49,50 m. Esses perfis foram representados e descritos de acordo com técnicas de análise de fácies (ver item abaixo). Foram coletadas 97 amostras, com cerca de um quilograma cada uma, representativas de unidades importantes de dez perfis colunares. Essas amostras foram embaladas em sacos plásticos (Fig. 11), identificadas por meio de etiquetas, e posteriormente, descritas macroscopicamente com o auxílio de lupa com aumento de 10 vezes. Desses amostras, para melhor caracterização, dez foram laminadas e descritas microscopicamente, quatorze analisadas no difratômetro de raios X, e cinco analisadas no microscópio eletrônico de varredura.

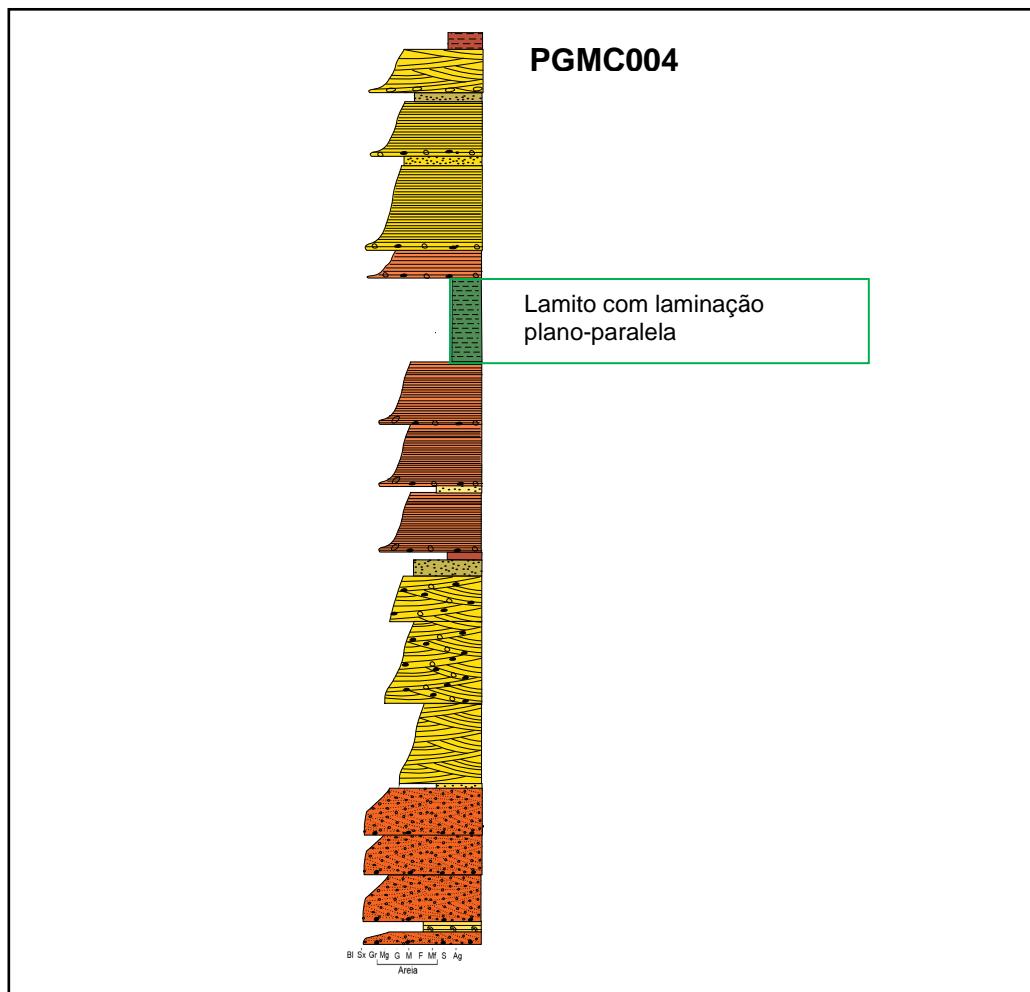


Figura 10. Perfil colunar levantado, PGMC004, para exemplificar, retângulo verde identificando o lamito laminado. Dados do Projeto (2014).

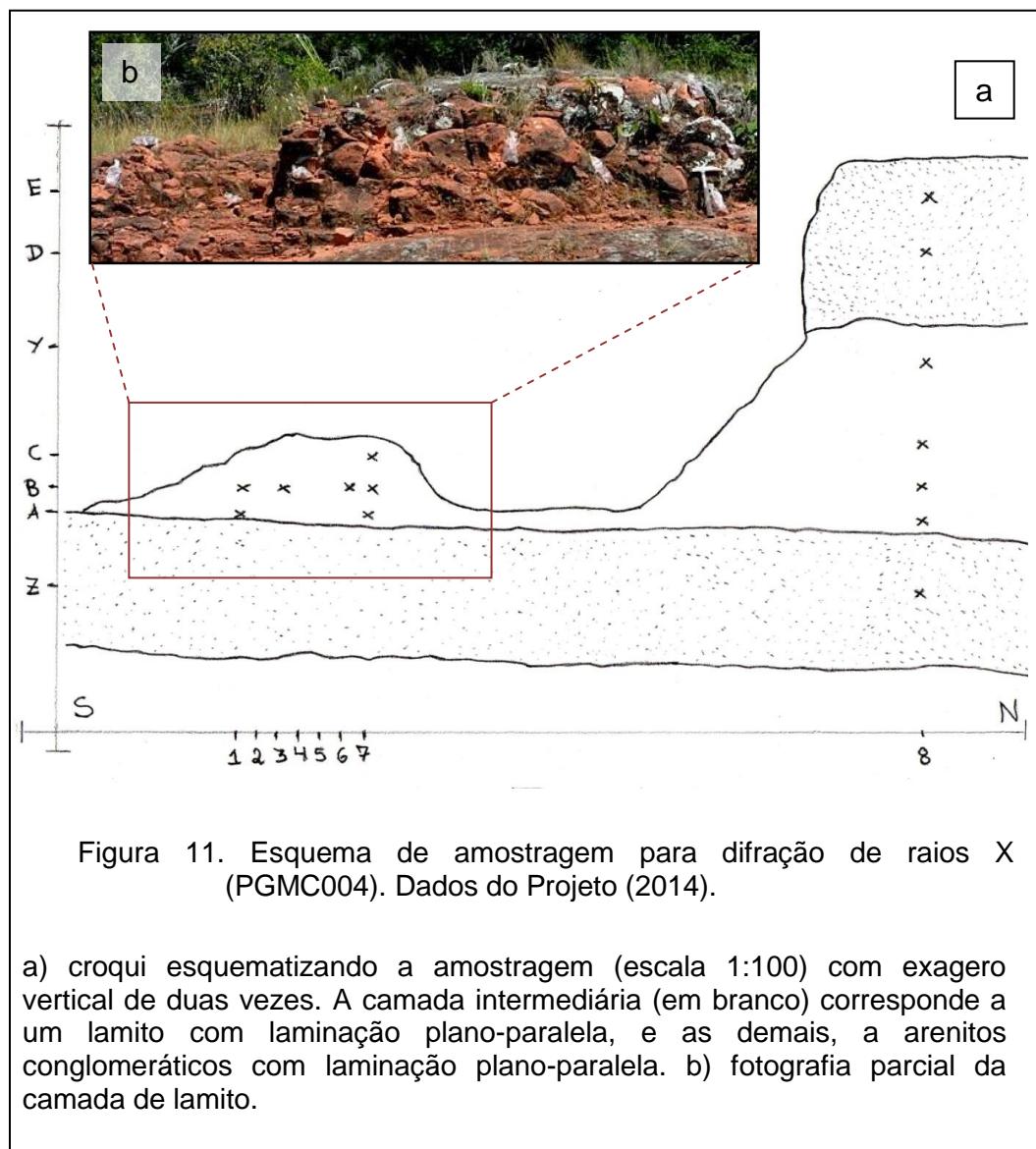


Figura 11. Esquema de amostragem para difração de raios X (PGMC004). Dados do Projeto (2014).

a) croqui esquematizando a amostragem (escala 1:100) com exagero vertical de duas vezes. A camada intermediária (em branco) corresponde a um lamito com laminação plano-paralela, e as demais, a arenitos conglomeráticos com laminação plano-paralela. b) fotografia parcial da camada de lamito.

2.3. ANÁLISE DE FÁCIES, MODELOS E SEQUÊNCIAS DEPOSICIONAIS

A análise de fáries, modelos e sequências, cujas técnicas foram definidas por Roger Walker (1992; 2006), Dalrymple (2010), Posamentier (1993), e Miall (1990), entre outros, tem por base o levantamento de perfis colunares e sua descrição em termos de fáries e conjuntos de fáries. Trata-se inicialmente de um método de campo direto, e fornece informações necessárias para a identificação de modelos e sequências deposicionais. Outro fator relevante é que esse método pode ser aplicado tanto em escala local, quanto regional.

A estratigrafia de sequências é baseada no reconhecimento de unidades deposicionais limitadas por superfícies de discordância e conformidades relativas. Por sua vez, as sequências podem ser subdivididas em tratos de sistemas geneticamente relacionados à variação do nível de base. Em cada trato de sistema, podem-se reconhecer modelos deposicionais e seus conjuntos (sucessões e associações) de fácies. O levantamento de dados em campo envolve três etapas: a) preparação logística do levantamento de campo, b) obtenção de dados em campo; e c) compilação e tratamento de dados obtidos no campo.

A etapa de preparação logística pré-campo (a) valeu-se da obtenção das folhas topográficas de Pinheiro Machado e Piratini, bem como confecção de mapas-base de campo elaborados em ArcGis, além de tiras de campo do mapa-base e de imagens de satélite para navegação. Assim, também foram definidas áreas aflorantes importantes para o mapeamento e as respectivas rotas de acesso.

A etapa de campo (b) baseia-se na descrição e caracterização de fácies, sucessões de fácies e modelos deposicionais, e no levantamento de perfis colunares. Para isso, utilizamos os equipamentos: bússola Brunton, lupa Intex de aumento 10 vezes, GPS Garmin, trena de 10 m, mapas geológicos e cartográficos, escalímetro, caderneta de campo, martelo Estwing de dois quilogramas, sacos plásticos de amostragem.

A etapa de tratamento de dados obtidos no campo (c) trata-se da compilação de caderneta, organização de fotografias e amostragem, cartografiação e graficação de perfis colunares em software *Adobe Illustrator CS6*, elaboração do quadro de fácies, bem como interpretação, integração e síntese das informações obtidas na etapa anterior. Uma vez organizados os dados de campo, torna-se possível a correlação dos perfis colunares e a definição do arcabouço estratigráfico. Posteriormente, faz-se a integração dessa técnica com as demais, a saber, DRX, MO, e MEV.

A seguir, estão dispostos de maneira simplificada os procedimentos adotados para o sucesso da aplicação dessa técnica (Fig. 12): a) descrição de fácies, para o que analisam-se: geometria e espessura, composição e textura (granolumetria), estrutura sedimentar, paleocorrente e ocorrência de fósseis; b) análise e interpretação do processo sedimentar da fácie; c) análise e interpretação de sucessões e associações de fácies; d) definição do sistema deposicional; e) elaboração de perfis colunares compostos e correlação dos mesmos; e) definição do arcabouço estratigráfico.

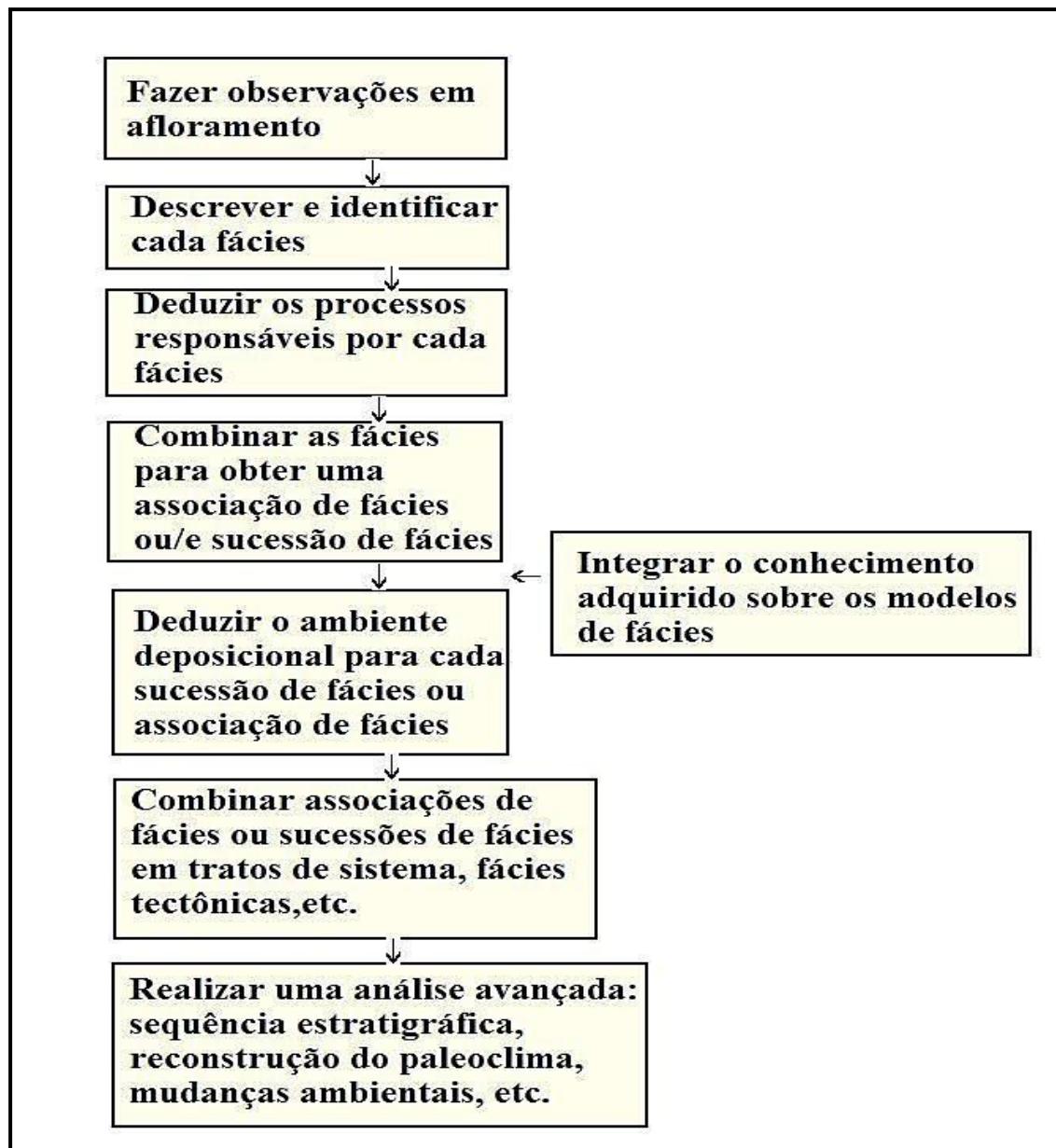


Figura 12. Fluxograma das etapas da análise de fácies, modelos e sequências deposicionais (Baseado em Dalrymple, 2010).

Na figura 13, abaixo, apresenta-se o esquema proposto por Walker (1984 *apud* Dalrymple, 2010) para a análise de fácies, onde esses autores propõem que o modelo de fácies serve tanto como um guia para a descrição de campo quanto como um modelo preditivo, tornando-se uma das mais importantes ferramentas de levantamento de dados estratigráficos na escala de afloramentos da atualidade.

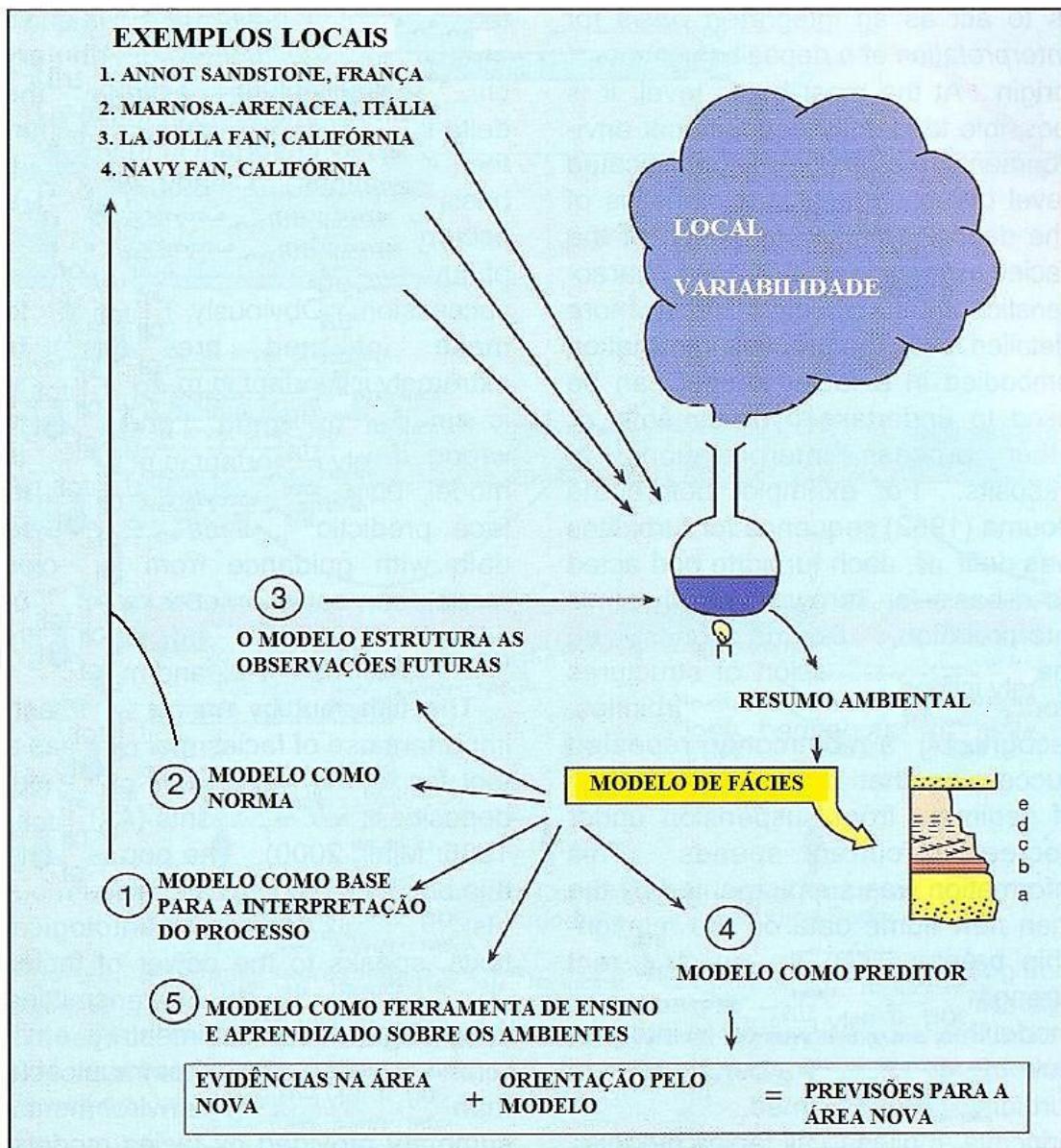


Figura 13. Destilação do processo de geração do modelo de fácies. (Modificado de Walker, 1984 *apud* Dalrymple, 2010.)

2.4. ANÁLISE PETROGRÁFICA

O microscópio óptico Leica foi utilizado para examinar lâminas petrográficas à luz transmitida natural e polarizada (Kerr, 1977). Essa técnica permite a identificação de minerais, bem como, estruturas, texturas e relações entre os grãos. A visualização de lâminas delgadas no microscópio óptico é possível devido às seguintes ferramentas básicas: oculares, lentes Amici-Bertrand, revólver, braço, analisador, objetiva, platina, condensador, polarizador, espelhos e acessórios.

Para realizar essa técnica, foram escolhidas amostras para a laminação e os planos de corte sempre perpendiculares às estruturas sedimentares.

2.5. DIFRAÇÃO DE RAIOS X (DRX)

A difração de raios X é uma técnica rápida e de baixo custo para a identificação mineral da fração fina. Com os minerais definidos, têm-se uma melhor caracterização da rocha. Essa técnica ocorre segundo a Lei de Bragg ($n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$), sendo: número inteiro (n), comprimento de onda dos raios X incidentes (λ), distância interplanos (d), ângulo de difração (θ). Essa lei estabelece a relação entre os planos característicos para cada fase cristalina.

Na técnica de difração de raios X temos as seguintes condições analíticas: o equipamento utilizado é um difratômetro Siemens–Bruker-AXS D5000 com goniômetro θ - θ e a radiação é $K\alpha$ em tubo de cobre nas condições de 40 kV e 25 mA. A amostra orientada natural foi preparada conforme o seguinte procedimento (Fig. 14): a) desagregação total da rocha em gral de porcelana; b) adiciona-se o pó resultante com 450 mL de água deionizada em uma garrafa, por meio de um funil; c) desagregação por agitação da amostra engarrafada, durante 14 horas, no agitador orbital de marca Marconi; d) dispõe-se a amostra em um becker e agita-se a solução que contém a amostra com a finalidade de homogeneizá-la, para, em seguida, submete-se a amostra a vibração por meio de um equipamento de ultrassom de marca Sonics Vibracel, modelo VC750, por seis minutos; e) adiciona-se 1,5 ml do desfloculador pirofosfato de sódio na garrafa de decantação, que é preenchida com o material amostrado e água deionizada; mexe-se com pistão de vidro, mede-se a temperatura da solução com termômetro, pois a decantação da amostra depende dessa variável; f) retiram-se a fração fina da garrafa de decantação por meio de um sifão, que é realojada em um becker, g) pipeta-se uniformemente a amostra em uma lâmina, que por isso, possuirá apenas a fração menor que 4 μm e dispor-se-a de forma orientada, privilegiando a observação das faces 001 para a identificação de argilominerais; g) secagem das lâminas em meio ambiente, resultando na obtenção de uma lâmina orientada natural. h) a lâmina entra no difratômetro de raios X Siemens–Bruker-AXS D5000 i) os resultados são processados em um software, DIFFRAC^{PLUS}; j) o produto gerado é um difratograma.

Para verificar a existência de argilominerais expansivos, deve-se obter uma amostra orientada glicolada. Para tanto, a amostra orientada natural é borrifada

com etilenoglicol, sendo o excesso retirado com papel absorvente. Posteriormente, a lâmina é colocada em uma estufa aquecida a 60°C por 8 horas.

Para identificar de forma mais precisa o grupo das caulinitas, deve-se obter uma amostra calcinada. Para esse fim, a amostra orientada natural é aquecida a uma temperatura de 500°C durante duas horas. Nessas condições, avaliam-se os argilominerais cujas estruturas colapsam, como ocorre com o grupo das caulinitas.

Os minerais identificados na análise são comparados com os padrões do banco de dados (denominado: PDF2) e indicados/referenciados em um difratograma cujos picos mais importantes são diagnósticos de cada mineral. Esse tratamento de comparação de dados com os difratogramas-padrão é realizado por meio do software DIFFRAC^{PLUS}.

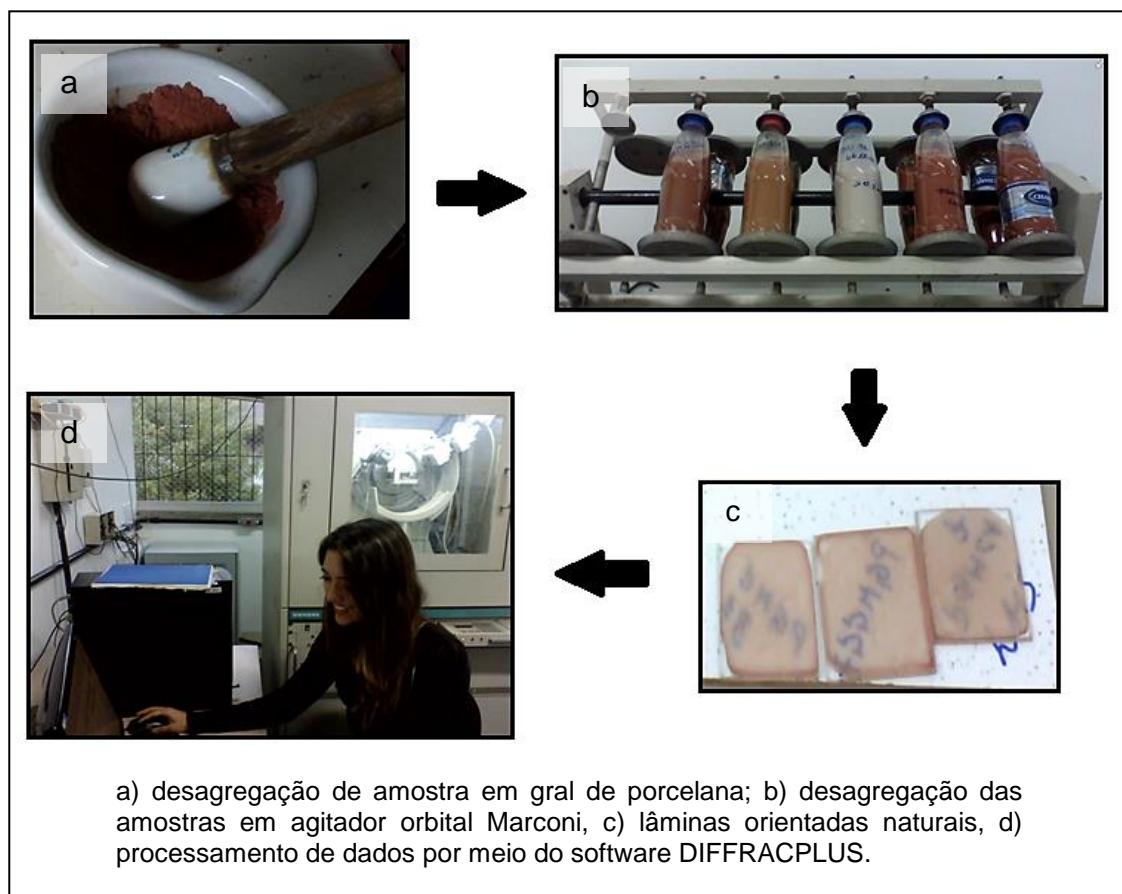


Figura 14. Procedimentos básicos e produtos da técnica de DRX. Dados da Pesquisa (2014).

2.6. MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV)

O microscópio eletrônico de varredura provê imagens de morfologia dos cristais em escala micrométrica (Klein e Dutrow, 2012). Essa técnica permite observar intercrescimentos cristalinos, texturas ou relações de reação. A resolução do MEV varia de 2,5 a 5 nanômetros e tem grande profundidade de campo, o que resulta em imagens de altíssima resolução. As amostras foram observadas no MEV visando à caracterização dos argilominerais, bem como, de evidências morfológicas que permitam a identificação de possíveis eventos de recristalização e neoformação.

Segundo Klein e Dutrow (2012), a técnica do MEV tem por base a emissão de um feixe de elétrons de alta intensidade que é varrido sobre a amostra. O impacto de um feixe de elétrons na superfície de uma amostra sólida ocasiona vários tipos de sinais de radiação que são registrados por detectores acima do espécime. Esses sinais de radiação incluem elétrons secundários, elétrons retroespelhados, raios X, catodoluminescência e elétrons absorvidos pelo espécime. Tipicamente, o MEV é equipado com vários detectores para medir esses sinais. A intensidade do sinal detectado em um detector de elétrons retroespelhados está relacionada ao número atômico médio do espécime, sua orientação cristalográfica e sua topografia superficial.

Microscópios eletrônicos de varredura, como o modelo Jeol JSM-5800, utilizado neste trabalho, apresentam capacidade de foco muito superior aos microscópios ópticos comuns. Além disso, apresentam elevada resolução, o que possibilita a visualização do hábito de argilominerais.

A preparação das amostras deu-se segundo o procedimento descrito por Mizusaki (1986) e foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Seguem as etapas (Fig. 15): a) as porções de amostras são coladas com fita de carbono em porta-amostras especiais, com dimensão aproximada de 5 x 6 mm. b) as amostras são metalizadas, ou seja, são recobertas com uma película metálica constituída de liga de ouro, com espessura média de 100 angstrom, com a finalidade de se tornarem boas condutoras; c) a amostra é inserida no MEV e impactada por elétrons; d) o produto gerado são fotografias da estrutura cristalina da amostra.

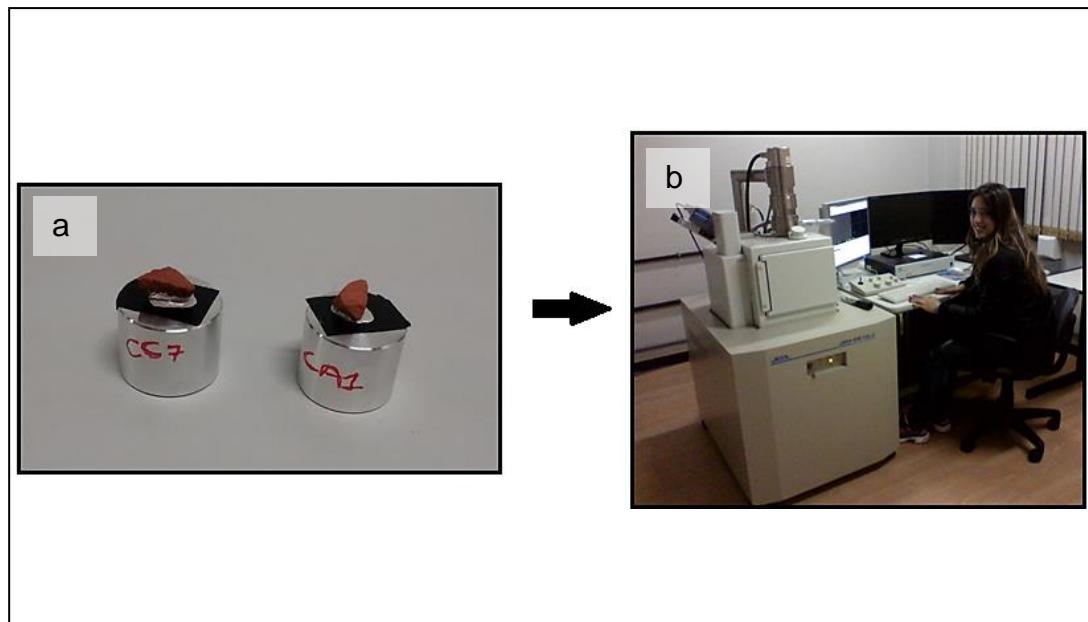


Figura 15. Procedimentos básicos da técnica MEV: (a) montagem de amostras, (b) geração e processamento de imagens. Dados da Pesquisa (2014).

3. RESULTADOS

3.1. ANÁLISE DE LINEAMENTOS E TECTÔNICA

O Gráben Arroio Moirão é uma feição interna ao bloco tectônico central leste, representado por “IIa” na figura 16, esse bloco consiste em uma associação do embasamento retrabalhado pelos ciclos transamazonico e o brasiliano. O bloco em questão, a oeste é limitado pela Sutura de Caçapava, essa marca o limite entre o embasamento neoproterozóico tectonicamente retrabalhado (bloco IIa) e a Associação de Arco Magmático II (bloco IIb), formada predominantemente por crosta juvenil e remanescentes da crosta oceânica da bacia marginal. A leste, o bloco em que o gráben encontra-se, é limitado pela Sutura de Porto Alegre, essa separa o embasamento retrabalhado (bloco IIa) dos granitóides cárlico-alcalinos da Associação de Arco Magmático I (bloco I).

A identificação de lineamentos foi realizada a partir da análise de modelo de relevo sombreado (Fig. 18) na área de mapeamento. Os lineamentos foram identificados a partir do reconhecimento de linhas contínuas com comprimento apartir de 1,5 cm no modelo de relevo sombreado. Após, esses tiveram suas direções medidas e utilizadas como base de dados para o software Stereo 32, com a finalidade de gerar os diagramas de rosetas e os diagramas de densidade de direções, ver quadro 1. Os lineamentos foram reconhecidos de acordo com os blocos que se encontram na área de estudo, são esses, três blocos, sendo dois soerguidos devido as falhas de borda do gráben e um, o bloco central abatido:

No bloco oeste, soerguido, foi medido o comprimento e a direção de 20 lineamentos. Esses têm uma família principal, com alta densidade de lineamentos, 16 lineamentos, e com direção NE/SW. Além do que, há duas famílias surbordinadas, com baixa densidade de lineamentos, ambas com dois lineamentos, uma identificada pela direção SE/NW e outra pela E/W.

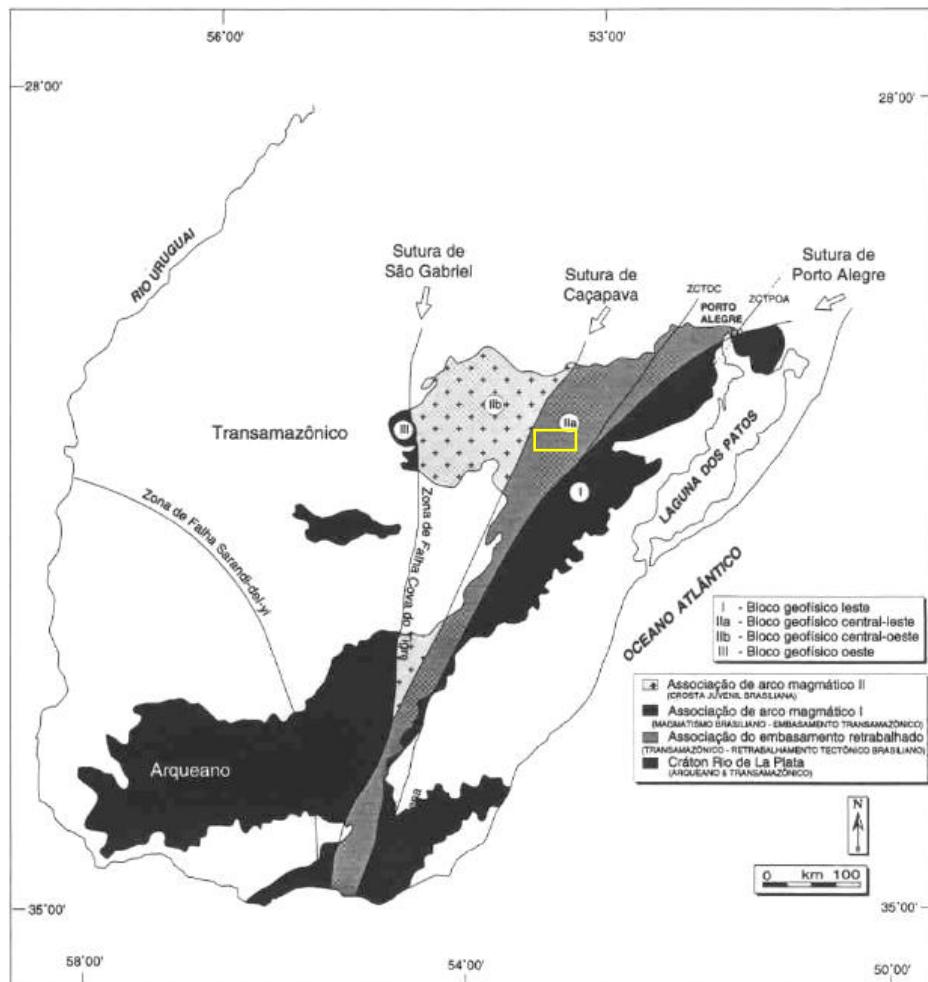


Figura 16. Compartimentação geotectônica do Escudo Uruguai-Sul-Rio-Grandense a partir das assinaturas geofísicas, obtidas com a gravimetria e aeromagnetometria. O retângulo amarelo assinala a localização do gráben (Extraída de Fernandes *et al.*, 1995b).

No bloco central, rebaixado, setor sudoeste do gráben, onde foram levantados os dez perfis colunares, a principal direção dos lineamentos é NE/SW, nessa família, foram identificados e medidos cinco lineamentos. Subordinadamente foi identificada a família SE/NW, com três lineamentos. Ainda, em menor proporção foi identificado um lineamento com direção 084, que corresponderia a uma direção E-W, por ter apenas um lineamento na área de estudo com mais de 1,5 cm, não foi identificável uma família. Salienta-se que para fora da área analisada, ocorrem mais lineamentos com essa direção.

No bloco leste, soerguido, foram identificadas três famílias de lineamentos. A família NE/SW e a N/S são equivalentes em expressividade, tendo ambas cinco lineamentos. A família subordinada, NW/SE, tem três lineamentos.

Analizando os três blocos da área de estudo, das três famílias de lineamentos reconhecidas a mais expressiva é aquela cujos lineamentos possuem direção, paralela com a falha de borda do gráben, NE/SW, que está presente nos três blocos analisados. As famílias subordinadas possuem direção NW/SE, e também estão presente nos três blocos analisados. Já a família N/S, aparece em menor proporção e ocorre apenas no bloco leste. Ainda, é possível postular que os lineamentos do bloco oeste, central e leste com direções NE/SW e SE/NW formam um par conjugado.

Esse mapa de lineamento foi considerado, posteriormente, na correlação dos dez perfis colunares levantados.

Ainda, é possível observar que as macroformas de relevo tipo cuesta, encontradas na área de estudo, tem sua frente controlada pela família de lineamentos NE/SW do bloco central do gráben, ver figura 17.

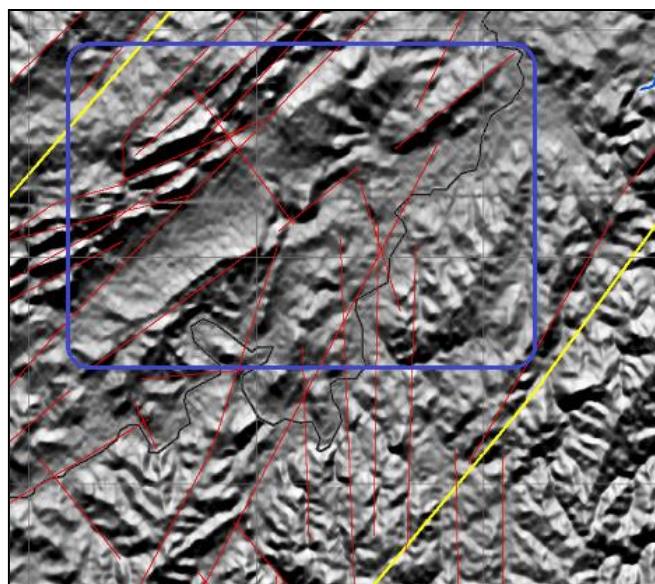


Figura 17. Detalhe do modelo de relevo sombreado evidenciando cuestas (dentro do retângulo azul), com sua geomorfologia controlada por falhas NE/SW. Dados da Pesquisa (2014).

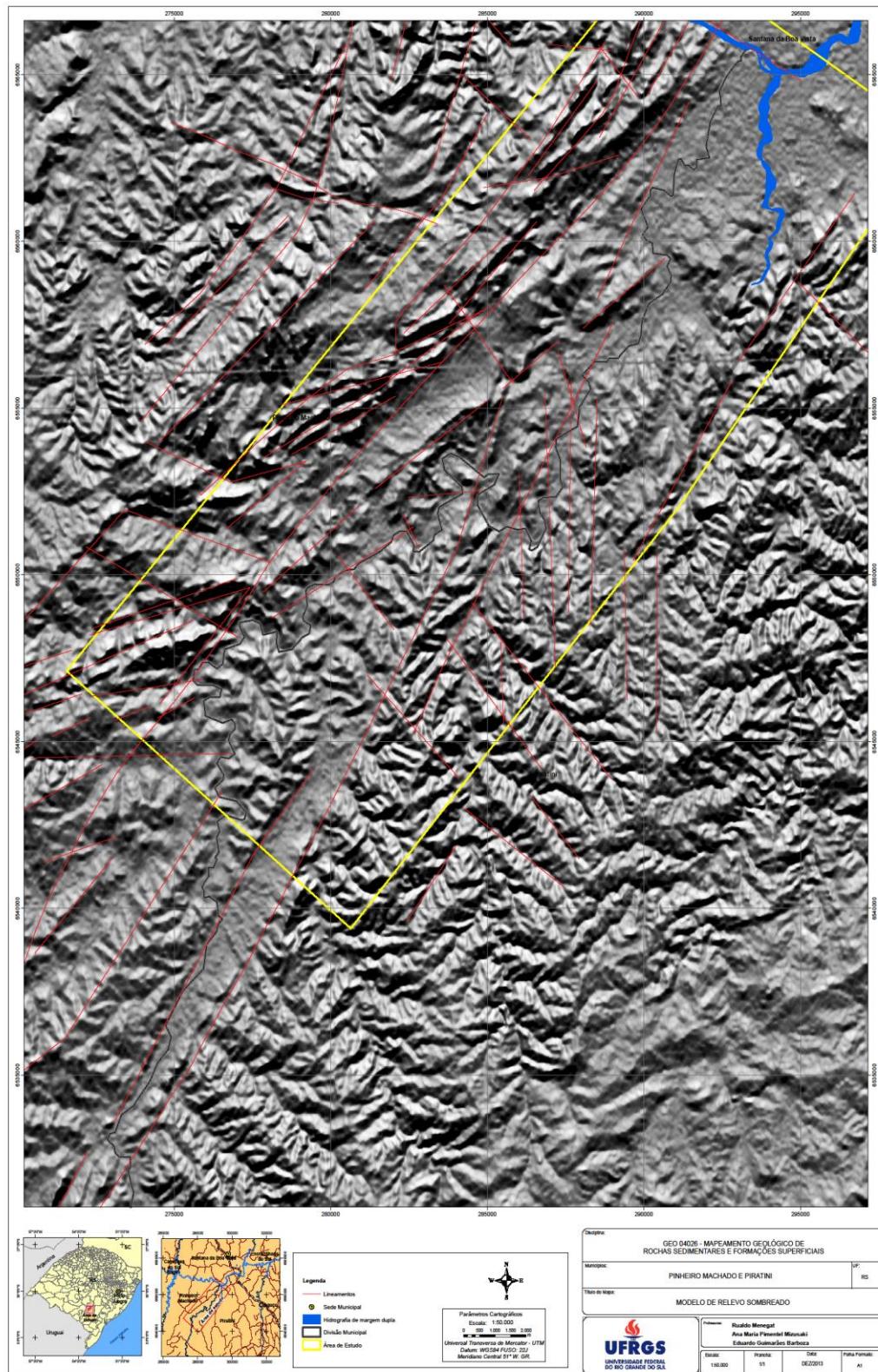
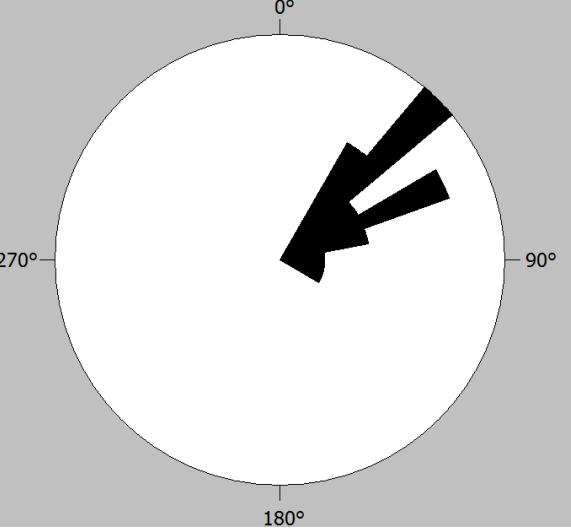
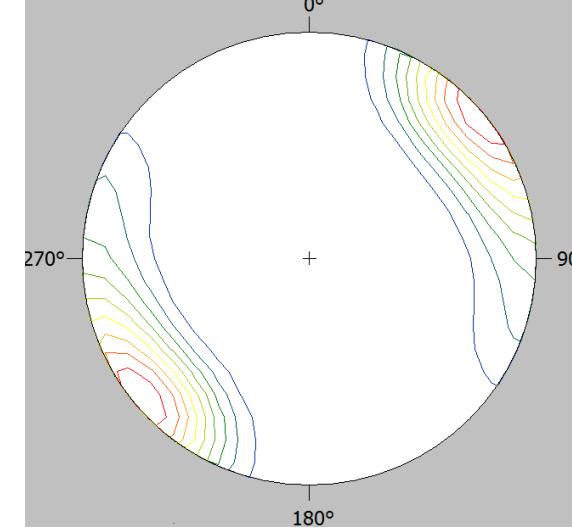
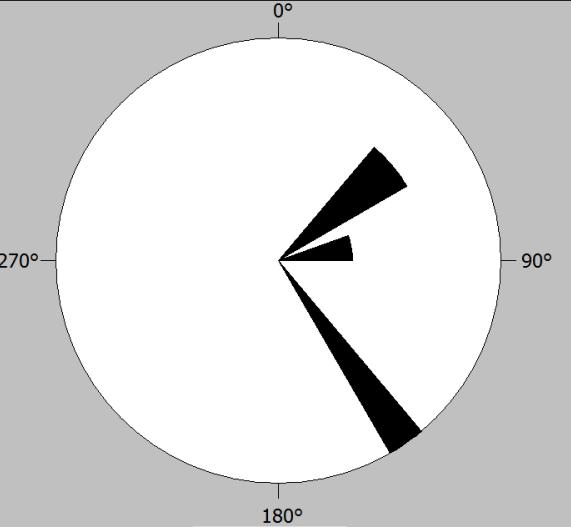
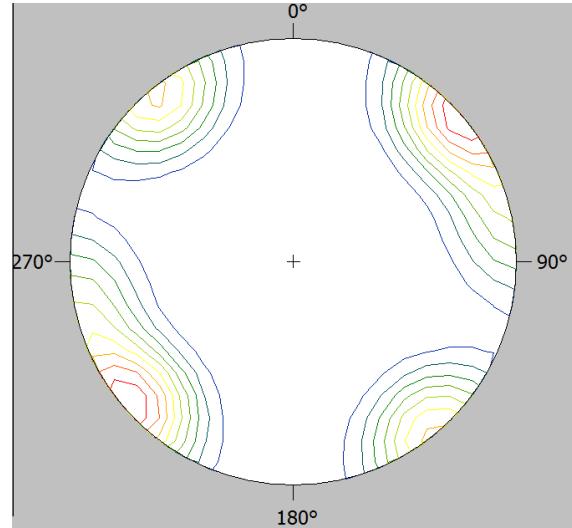
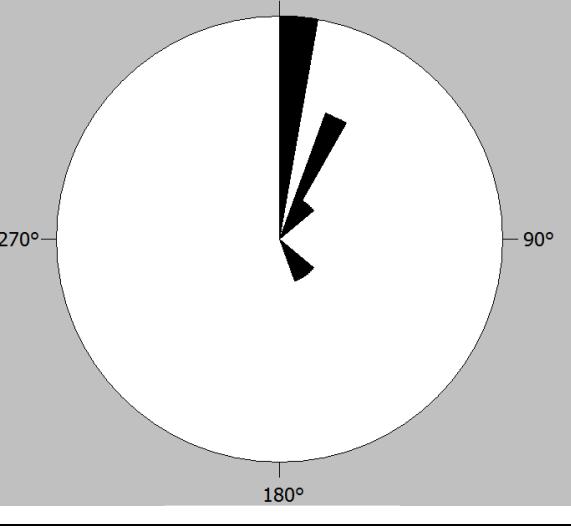
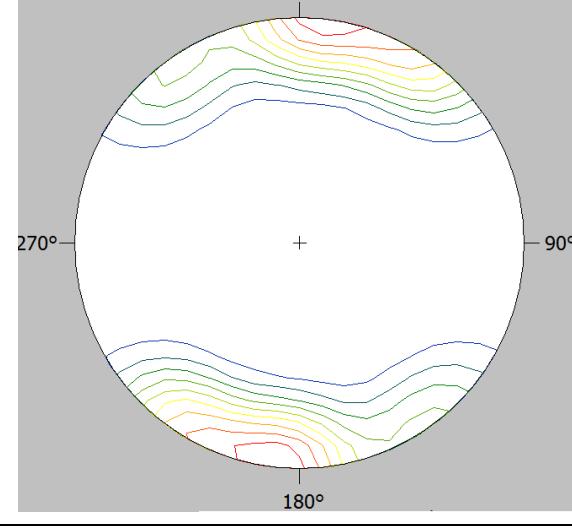


Figura 18. Modelo de relevo sombreado com lineamentos traçados, sendo identificáveis três grandes famílias de lineamentos, com direções: NE/SE, NW/SE e N/S. Dados da Pesquisa (2014).

Quadro 1. Dados de direções de lineamentos organizados em forma de: tabelas geradas no Stereo 32 (por isso, direções se apresentam, por vezes, dois dígitos apenas) que relacionam as medidas de direção dos lineamentos (coluna b) com o comprimento medido no mapa; diagramas de rosetas; diagramas de densidade de direção de lineamentos, sendo as direções com maior densidade de dados apresentadas em cores quentes (vermelho, laranja, amarelo) e os com menor densidade dados com cores frias (azul e verde). Dados da Pesquisa (2014).

BLOCO	DIAGRAMA DE ROSETA	DIAGRAMA DE DENSIDADE	MEDIDAS																																																															
Bloco Oeste			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1:</td><td>■</td><td>82.00</td></tr> <tr><td>2:</td><td>●</td><td>65.00</td></tr> <tr><td>3:</td><td>▲</td><td>75.00</td></tr> <tr><td>4:</td><td>◆</td><td>44.00</td></tr> <tr><td>5:</td><td>●</td><td>105.00</td></tr> <tr><td>6:</td><td>▲</td><td>115.00</td></tr> <tr><td>7:</td><td>★</td><td>39.00</td></tr> <tr><td>8:</td><td>■</td><td>45.00</td></tr> <tr><td>9:</td><td>★</td><td>60.00</td></tr> <tr><td>10:</td><td>●</td><td>62.00</td></tr> <tr><td>11:</td><td>▲</td><td>54.00</td></tr> <tr><td>12:</td><td>■</td><td>52.00</td></tr> <tr><td>13:</td><td>■</td><td>75.00</td></tr> <tr><td>14:</td><td>■</td><td>62.00</td></tr> <tr><td>15:</td><td>◆</td><td>33.00</td></tr> <tr><td>16:</td><td>●</td><td>45.00</td></tr> <tr><td>17:</td><td>●</td><td>47.00</td></tr> <tr><td>18:</td><td>■</td><td>38.00</td></tr> <tr><td>19:</td><td>■</td><td>42.00</td></tr> <tr><td>20:</td><td>■</td><td>92.00</td></tr> </tbody> </table> <p>1,6 a 2,5 cm de comprimento - bloco oeste 2,6-3,5 cm de comprimento - bloco oeste 3,6-4,5 cm de comprimento - bloco oeste $x > ou = 8,0$ cm de comprimento - bloco oeste 2,6-3,5 cm de comprimento - bloco oeste 3,6-4,5 cm de comprimento - bloco oeste 4,6-6,0 cm de comprimento - bloco oeste 1,6-2,5 cm de comprimento - bloco oeste 4,6-6,0 cm de comprimento - bloco oeste 3,6-4,5 cm de comprimento - bloco oeste 2,6-3,5 cm de comprimento - bloco oeste 1,6-2,5 cm de comprimento - bloco oeste 4,6-6,0 cm de comprimento - bloco oeste 2,6-3,5 cm de comprimento - bloco oeste 1,6-2,5 cm de comprimento - bloco oeste 3,6-4,5 cm de comprimento - bloco oeste 2,6-3,5 cm de comprimento - bloco oeste 1,6-2,5 cm de comprimento - bloco oeste 1,6-2,5 cm de comprimento - bloco oeste</p>	A	B	C	1:	■	82.00	2:	●	65.00	3:	▲	75.00	4:	◆	44.00	5:	●	105.00	6:	▲	115.00	7:	★	39.00	8:	■	45.00	9:	★	60.00	10:	●	62.00	11:	▲	54.00	12:	■	52.00	13:	■	75.00	14:	■	62.00	15:	◆	33.00	16:	●	45.00	17:	●	47.00	18:	■	38.00	19:	■	42.00	20:	■	92.00
A	B	C																																																																
1:	■	82.00																																																																
2:	●	65.00																																																																
3:	▲	75.00																																																																
4:	◆	44.00																																																																
5:	●	105.00																																																																
6:	▲	115.00																																																																
7:	★	39.00																																																																
8:	■	45.00																																																																
9:	★	60.00																																																																
10:	●	62.00																																																																
11:	▲	54.00																																																																
12:	■	52.00																																																																
13:	■	75.00																																																																
14:	■	62.00																																																																
15:	◆	33.00																																																																
16:	●	45.00																																																																
17:	●	47.00																																																																
18:	■	38.00																																																																
19:	■	42.00																																																																
20:	■	92.00																																																																
Bloco Central			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1:</td><td>●</td><td>46.00</td></tr> <tr><td>2:</td><td>■</td><td>142.00</td></tr> <tr><td>3:</td><td>●</td><td>140.00</td></tr> <tr><td>4:</td><td>■</td><td>46.00</td></tr> <tr><td>5:</td><td>●</td><td>51.00</td></tr> <tr><td>6:</td><td>●</td><td>50.00</td></tr> <tr><td>7:</td><td>■</td><td>84.00</td></tr> <tr><td>8:</td><td>▲</td><td>74.00</td></tr> <tr><td>9:</td><td>■</td><td>140.00</td></tr> </tbody> </table> <p>2,6 a 3,5 cm de comprimento - bloco central 1,6-2,5 cm de comprimento - bloco central 2,6-3,5 cm de comprimento - bloco central 1,6-2,5 cm de comprimento - bloco central 2,6-3,5 cm de comprimento - bloco central 1,6-2,5 cm de comprimento - bloco central 3,6-4,5 cm de comprimento - bloco central 1,6-2,5 cm de comprimento - bloco central</p>	A	B	C	1:	●	46.00	2:	■	142.00	3:	●	140.00	4:	■	46.00	5:	●	51.00	6:	●	50.00	7:	■	84.00	8:	▲	74.00	9:	■	140.00																																	
A	B	C																																																																
1:	●	46.00																																																																
2:	■	142.00																																																																
3:	●	140.00																																																																
4:	■	46.00																																																																
5:	●	51.00																																																																
6:	●	50.00																																																																
7:	■	84.00																																																																
8:	▲	74.00																																																																
9:	■	140.00																																																																
Bloco Leste			<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1:</td><td>★</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>2:</td><td>▲</td><td>144.00</td></tr> <tr><td>3:</td><td>●</td><td>153.00</td></tr> <tr><td>4:</td><td>●</td><td>135.00</td></tr> <tr><td>5:</td><td>◆</td><td>29.00</td></tr> <tr><td>6:</td><td>▲</td><td>20.00</td></tr> <tr><td>7:</td><td>■</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>8:</td><td>●</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>9:</td><td>★</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>10:</td><td>★</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>11:</td><td>▲</td><td>40.00</td></tr> <tr><td>12:</td><td>▲</td><td>36.00</td></tr> <tr><td>13:</td><td>◆</td><td>29.00</td></tr> </tbody> </table> <p>4,6-6,0 cm de comprimento - bloco leste 3,6-4,5 cm de comprimento - bloco leste 2,6-3,5 cm de comprimento - bloco leste 2,6-3,5 cm de comprimento - bloco leste $x > ou = 8,0$ cm de comprimento - bloco leste 3,6-4,5 cm de comprimento - bloco leste 4,6-6,0 cm de comprimento - bloco leste 4,6-6,0 cm de comprimento - bloco leste 3,6-4,5 cm de comprimento - bloco leste $x > ou = 8,0$ cm de comprimento - bloco leste</p>	A	B	C	1:	★	3.00	2:	▲	144.00	3:	●	153.00	4:	●	135.00	5:	◆	29.00	6:	▲	20.00	7:	■	2.00	8:	●	2.00	9:	★	3.00	10:	★	2.00	11:	▲	40.00	12:	▲	36.00	13:	◆	29.00																					
A	B	C																																																																
1:	★	3.00																																																																
2:	▲	144.00																																																																
3:	●	153.00																																																																
4:	●	135.00																																																																
5:	◆	29.00																																																																
6:	▲	20.00																																																																
7:	■	2.00																																																																
8:	●	2.00																																																																
9:	★	3.00																																																																
10:	★	2.00																																																																
11:	▲	40.00																																																																
12:	▲	36.00																																																																
13:	◆	29.00																																																																

3.1. MACROFORMAS E MICROFORMAS GEOMORFOLÓGICAS BÁSICAS

A análise das macroformas básicas foi realizada no campo com o auxílio de mapas-base topográficos e imagens de satélite. Consideraram-se apenas as formas predominantes no setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão. As principais macroformas (Fig. 19) encontradas são: mesas, às vezes dessecadas, e cuestas suaves.

Ambas são constituídas por camadas de rochas sedimentares tabulares. Desse fato, resultam também as microformas de relevo predominantes do tipo lençoides e tabulares.

Mais especificamente, as microformas (Fig. 20) de relevo encontradas na área resultam da erosão diferencial de camadas lençoides constituídas por diferentes litologias e estruturas, sendo as três principais: camadas lençoides arenosas maciças; camadas lençoides arenosas com estratificação cruzada tabular e tangencial; camadas tabulares de litologias muito finas (lamosas, siltosas até arenosas finas) com laminação plano-paralela e estratificação cruzada de baixo ângulo.

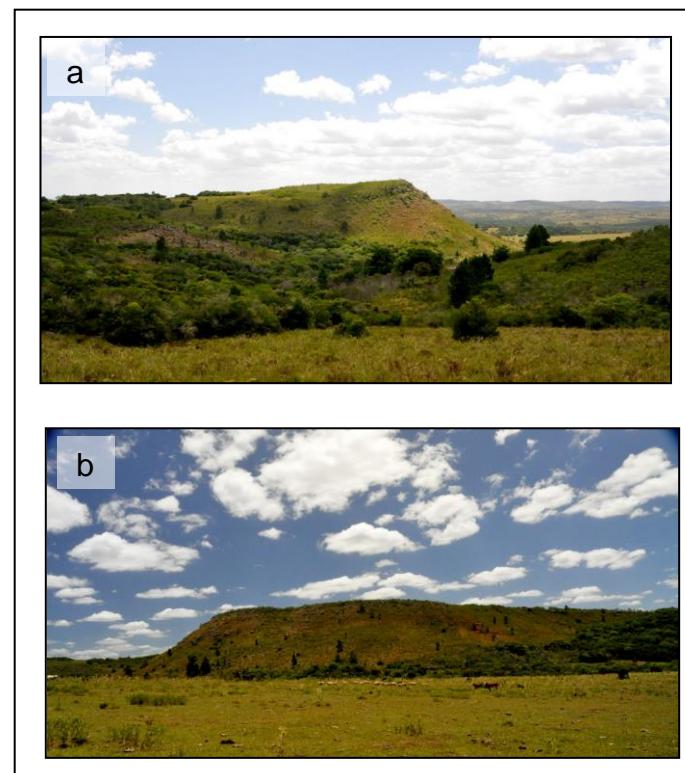


Figura 19. Macroformas básicas do Gráben Arroio Moirão. a) cuesta suave, cuja frente eventualmente possui paredões abruptos. b) pequena mesa. Dados da Pesquisa (2014).



Figura 20. Microformas de relevo. (a) camadas com geometria lençoide; (b) camadas com geometria tabular. Dados da Pesquisa (2014).

3.2. ANÁLISE DE FÁCIES, ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES, ELEMENTOS ARQUITETURAIS E PROCESSOS DEPOSIIONAIS

A partir de parâmetros como geometria, textura, estrutura sedimentar e paleocorrente, foram identificadas 39 fácies, cujas abreviaturas, descritores, interpretação do processo deposicional e fotografias encontram-se relacionados no quadro 2. Essas fácies, que apresentam comumente geometrias tabularoides, coloração avermelhada, má seleção, cimentação por óxido de ferro, e composição quartzo-feldspática, podem ser agrupadas, de acordo com suas estruturas, formas de leitos, e elementos arquiteturais, em seis grupos, ver quadro 3:

- a) Fácies com estratificação cruzada tangencial, representando leitos dunoides 3D, cujas texturas variam desde conglomerado, arenito conglomerático, arenito muito grosso a grosso a arenito médio. Foram interpretadas como resultantes: do processo de segregação textural em fluxos de baixa densidade e transição para correntes trativas (conglomerados e arenitos conglomeráticos) formando associações de fácies e depósitos de progradação de carga de fundo de fluxos de baixa densidade; de processos de correntes trativas de desaceleração de fluxo dispersivo em morfologias tabularoides delgadas (arenito muito grosso a grosso e arenito médio) formando depósitos e associações de fácies de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros.
- b) Fácies com estratificação cruzada plano-paralela, representando leitos dunoides 2D, cujas texturas variam desde arenitos grossos e arenitos finos a muito finos. Foram interpretadas como resultantes de processos de correntes trativas de desaceleração de fluxos dispersivos com morfologias tabularoides delgadas, formando associações de fácies e depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros.
- c) Fácies com estrutura maciça, sem visualização aparente da forma de leito, cujas texturas variam desde conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos muito grossos a grossos, arenitos médios, arenitos finos a muito finos a siltitos. Foram interpretadas como resultantes dos seguintes processos: de formação de pavimentos e fluxos de transição de baixa densidade para tração, produzidos em depósitos de progradação de carga de fundo (conglomerados, arenitos conglomerático); de perda de estruturas por liquefação e escape de fluidos, originados em depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros (arenitos muito grossos a grossos, arenitos médios, arenitos finos a muito finos); e de

processos do limite suspensão/tração com obliteração de estruturas, originados por depósitos de plumas de suspensão de correntes de baixa densidade (siltito).

d) Fácies com estratificação cruzada de baixo ângulo representando formas de leitos dunoides 2D, cujas texturas variam desde arenitos muito grossos a grossos, arenitos médios, arenitos finos a muito finos. Foram interpretadas como resultantes de processos de correntes trativas de rápida dispersão, resultando em morfologias delgadas e tabularoides (arenito muito grosso a médio) e de correntes trativas de transição de fluxo inferior para superior (arenito fino a muito fino), ambos originados em depósitos de canais rasos efêmeros.

e) Fácies com graduação normal representando formas de leitos tabulares, cujas texturas variam desde arenitos conglomeráticos, arenitos muito grossos a grossos, arenitos médios, arenitos finos a muito finos. Foram interpretadas como resultantes de processos de desaceleração de fluxos de baixa densidade e transição para fluxos trativos originados em depósitos de carga de fundo em transição para canais rasos.

f) Fácies com laminação plano-paralela, representando formas de leitos tabulares, cujas texturas variam desde arenitos conglomeráticos, arenitos muito grossos a grossos, arenitos médios, arenitos finos a muito finos, siltitos a lamitos. Foram interpretadas como resultantes de processos de dispersão de fluxos de regime de fluxo inferior com morfologias tabulares (arenitos conglomeráticos, arenitos muito grossos a grossos, arenitos médios) e de dispersão de fluxos de regime de fluxo superior com morfologias tabulares (arenitos finos a muito finos) originados por depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros rasos; e processos de suspensão e plumas de flotação geradas pela segregação de finos em fluxos de baixa densidade com morfologias tabulares (siltitos a lamitos) originados em depósitos de afogamento dos fluxos de baixa densidade.

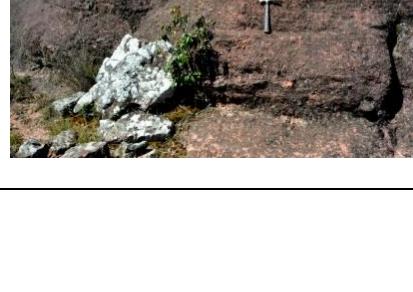
Quadro 2. Fácies reconhecidas: abreviaturas, descriptores, processo deposicional e fotografias. Dados da Pesquisa (2014).

ABREVIATURA	DESCRÍÇÃO	FORMA DE LEITO, PROCESSO DEPOSICIONAL [CORRENTE, REGIME DE FLUXO]	FOTOGRAFIA PADRÃO	DETALHAMENTO
Cg/Bl-Sx(t)	Conglomerado matriz-suportado, rosado, monomítico, com estratificação cruzada tangencial, clastos tamanho bloco ($\Phi_{\text{máx}} = 10 \text{ cm}$) quartzosos, subangulosos, eventualmente subarredondados, apresentam leve imbricação. A matriz de arenito grosso, com grãos subangulosos de quartzo e feldspato, de moderada esfericidade.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem definição da forma de leito.		
Cg/Sx(t)	Conglomerado seixoso, avermelhado, com estratificação cruzada tangencial, pavimento basal de intraclastos ($\Phi_{\text{máx}} = 10 \text{ cm}$), e clastos angulosos de até 30 cm.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 3D.		
Acg/Sx-Gr(t)	Arenito conglomerático, seixoso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial, por vezes, com graduação normal intraestratal, mal selecionado (fração de areia fina a silte), bem cimentado por óxido de ferro, e com alta porosidade. Os seixos são quartzosos ($\Phi_{\text{máx}} = 4 \text{ cm}$), subangulosos e esparsos. Níveis e lentes de grânulos e seixos na base dos sets e eventualmente nos planos de estratificação, por vezes, com intraclastos argilosos de até 54cm. (bt) Por vezes, com cerca de 1% de biotita; com grãos muito angulosos.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 3D.		
Amg(t)	Camadas tabulares de arenito muito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial e graduação normal intraestratal, níveis de seixos de quartzo e feldspato na base da estratificação.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 3D.		
Ag/Sx(t)	Arenito grosso, seixoso, avermelhado, quartzo feldspático, com estratificação cruzada tangencial e graduação normal intraestratal. Com seixos e intraclastos argilosos na base dos sets de até 8 cm.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 3D.		Fotomicrografia (Fig. 26 f)
Ag(t)f, nSx/Gr	Camada (f) festonada de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial e graduação normal intraestratal, seixos de quartzo subangulosos com moderada esfericidade ($\Phi_{\text{máx}}=3 \text{ cm}$), e, por vezes, intraclastos argilosos ($\Phi_{\text{máx}}= 8 \text{ cm}$) subangulosos, marcando a base da estratificação, mal selecionado (fração de 5% de argila). Sets de pequeno a médio porte com base festonada.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 3D.		

Ag(t)t, nSx/Gr	Camada tabular de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial e gradação normal intraestratal; seixos de quartzo subangulosos com moderada esfericidade ($\Phi_{\text{máx}}=3$ cm), e intraclastos argilosos ($\Phi_{\text{máx}}= 8$ cm) subangulosos, marcando a base da estratificação, mal selecionado (fração de 5% de argila). Sets de pequeno porte com base tabular. Com (t) níveis tabulares centimétricos de siltito com laminação plano-paralela, avermelhado.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 3D.		
Ag(t)gp, Sx/Gr	Camada lenticular de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial de (gp) grande porte e gradação normal intraestratal. Níveis seixos e grânulos de quartzo subangulosos, marcando os planos de estratificação. Com níveis tabulares centimétricos de siltito com laminação plano-paralela.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 3D, dispersão.		
Am(t)	Camada tabular de arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada acanalada e gradação normal intraestratal, bastante poroso. Na base de cada set, a estratificação é marcada por grânulos e seixos ($\Phi_{\text{máx}} = 1,2$ cm). Por vezes, na base dos sets intraclastos argilosos ($\Phi_{\text{máx}} = 1,5$ cm)	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 3D.		
Ag/cpp)mp	Camada tabular de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada plano-paralela de (mp) médio porte e gradação normal intraestratal; mal selecionado, com seixos de quartzo angulosos dispersos, mica e fração fina significativa (cerca de 5%).	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 2D.		
Af/cpp)	Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada plano-paralela, mal selecionado, com 5% de finos (argila e silte), e mica branca disseminada.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, duna 2D.		
Af(m)	Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, com grãos dispersos de areia muito grossa, grânulos e seixos ($\Phi_{\text{máx}} =1$ cm). Às vezes, com mica.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem visualização aparente da forma de leito.		Fotomicrografia (Fig. 25 a)

St(m)	Camada tabular de siltito, avermelhado, maciço, mal selecionado, com grãos dispersos de areia muito fina a média de quartzo.	Corrente subaquosa de suspensão, forma de leito plana.		Fotomicrografia (Fig. 23 a)
Ag(m)	Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, com fração fina argilosa significativa e intercalações centimétricas de arenito fino. Grãos angulosos a subangulosos, cimentados por óxido de ferro. Por vezes, encontram-se alguns seixos quartzosos ($\Phi_{\text{máx}} = 2 \text{ cm}$) dispersos. Por outras, encontra-se pavimento de intraclastos de arenito fino ($\Phi_{\text{máx}} = 20 \text{ cm}$) ou argilosos ($\Phi_{\text{máx}} = 14 \text{ cm}$) e clastos quartzosos tamanho seixo ($\Phi_{\text{máx}} = 3 \text{ cm}$) com moderada esfericidade. Lentes de siltito de 50 cm de comprimento e 7 cm de espessura.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem visualização aparente da forma de leito.		
Am(m)	Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, grãos angulosos, e, por vezes, subangulosos, com moderada esfericidade.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem visualização aparente da forma de leito.		
Amg(m)	Arenito muito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, com fração de grãos de areia fina, e mica.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem visualização aparente da forma de leito.		
Amf(m)	Arenito muito fino, rosado a avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, com grãos quartzosos de areia média a grossa esparsos e angulosos; por vezes, com grânulos e seixos quartzosos dispersos ($\Phi_{\text{máx}} = 1 \text{ cm}$); por outras, com intraclastos angulosos ($\Phi_{\text{máx}} = 4 \text{ cm}$); com mica (muscovita). No perfil PGMB010-A, apresenta matéria carbonosa e nódulos de até 4 cm de ferro.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem visualização aparente da forma de leito.		
Cg/Gr(m)	Conglomerado granuloso arenoso, avermelhado, maciço, mal selecionado, com clastos esparsos de blocos ($\Phi_{\text{máx}} = 20 \text{ cm}$), e intraclastos de arenito fino.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem definição da forma de leito.		
Cg/Bl(m)i	Conglomerado blocoso (i) intraformacional, avermelhado, aparentemente maciço. Intraclastos argilosos e angulosos.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem definição da forma de leito.		

Am/Sx(m)	Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, poroso, com grânulos e seixos dispersos de quartzo ($\Phi_{\text{máx}} = 2,5 \text{ cm}$); grãos angulosos a subangulosos; com até 2% de mica. Com intraclastos argilosos ($\Phi_{\text{máx}} = 5 \text{ cm}$) na base.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem visualização aparente da forma de leito.		
Acg/Sx-Gr(m)	Arenito conglomerático, seioso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado (fração de areia média a grossa). Por vezes, com fragmentos de material carbonoso de até 5 cm. Por outras, com intraclastos.	Possível corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior, sem visualização aparente da forma de leito.		
Af(bxa)	Arenito fino, rosado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo, grãos subangulosos, mal selecionado, com grânulos e seixos ($\Phi_{\text{máx}} = 1,5 \text{ cm}$) dispersos. Com lentes de arenito grosso, avermelhado, com estratificação cruzada acanalada.	Corrente subaquosa, regime trativo de transição de fluxo superior/inferior, forma de leito 2D.		
Am(bxa)	Arenito médio, rosado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo, mal selecionado, bem poroso, grãos subarredondados a angulosos; com intraclastos argilosos e areia grossa marcando a estratificação. Por vezes, contém 1 a 2% de muscovita.	Corrente subaquosa, regime trativo de transição de fluxo superior/inferior, forma de leito 2D.		
Am/Gr-Sx(bxa)	Arenito médio, granuloso e seioso, com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo, rosado, mal selecionado, e com grãos subarredondados; níveis de intraclastos argilosos e areia grossa marcam a estratificação.	Corrente subaquosa, regime trativo de transição de fluxo superior/inferior, forma de leito 2D..		
Amf(bxa)	Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo, e fragmentos de material carbonoso.	Corrente subaquosa, regime trativo de transição de fluxo superior/inferior, forma de leito 2D..		
Ag/Sx-Gr(bxa)	Arenito grosso a seioso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo, com grânulos quartzosos esparsos, muito silicificado. Com diques clásticos de areia muito grossa sobressalentes.	Corrente subaquosa, regime trativo de transição de fluxo superior/inferior, forma de leito 2D.		Fotomicrografia (Fig. 26 e)
Acg/Sx-Gr(gn)	Arenito conglomerático, seioso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, com graduação normal, seixos quartzosos de até 3 cm.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior com desaceleração de fluxo, leito tabular.		
Af/Sx(gn)	Arenito fino a seioso, quartzo-feldspático, rosado, com graduação normal, e muscovita.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior com desaceleração de fluxo, leito tabular.		
Amf/Am(gn)	Arenito muito fino a médio, rosado, quartzo-feldspático, com graduação normal, e grãos angulosos. Com muscovita.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior com desaceleração de fluxo, leito tabular.		Fotomicrografia (Fig. 25 b)
Am/Gr(gn)	Arenito médio a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, com graduação normal, e intraclastos argilosos ($\Phi_{\text{máx}} = 9 \text{ cm}$) na base.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior com desaceleração de fluxo, leito tabular.		

Ag/Af(gn)	Arenito grosso a fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com graduação normal, mal selecionado (fração argilosa, cerca de 3%), grãos subarredondados.	Corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior com desaceleração de fluxo, leito tabular.		
Am(Ipp)	Camada tabular de arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela, com <i>climbing ripples</i> . No topo, nível centimétrico de arenito muito fino.	Corrente subaquosa trativa, fluxo superior, forma de leito tabular.		
Af(Ipp)	Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela, bem silicificado, e com mica marcando o plano de estratificação.	Corrente subaquosa trativa, fluxo superior, forma de leito tabular.		
Ag(Ipp)	Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela.	Corrente subaquosa trativa, fluxo superior, forma de leito tabular.		
Acg/Sx-Gr(Ipp)	Camada tabular de arenito conglomerático, seixoso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação plano-paralela e graduação normal intraestratal, imaturo, mal selecionado, com cerca de 4% de finos (argilas); grãos muito angulosos, com moderada esfericidade; grânulos e seixos de quartzo e feldspato esparsos. Por vezes, com intraclastos argilosos angulosos ($\Phi_{\max} = 54$ cm), seixos quartzosos e feldspáticos ($\Phi_{\max} = 4$ cm) na base dos sets, além de, estrutura de carga basal, e fragmentos de material carbonoso. Por outras, com seixos quartzosos e feldspáticos ($\Phi_{\max} = 2,5$ cm) na base dos sets, além disso, por vezes, grânulos e seixos dispersos de quartzo e feldspato ($\Phi_{\max} = 6$ cm).	Corrente subaquosa trativa, fluxo superior, forma de leito tabular.		Fotomicrografia (Fig. 26, a ,b c) MEV e DRX (Fig. 27 a, b, c, d, e,f)
Ag/Sx-Gr(Ipp)	Camada tabular de arenito grosso seixoso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação plano-paralela e graduação normal intraestratal (até arenito muito fino); com níveis tabulares centimétricos de siltito com laminação plano-paralela. Imaturo, mal selecionado, com cerca de 4% de finos (argilas); grãos muito angulosos, com moderada esfericidade; grânulos e seixos de quartzo e feldspato esparsos. Por vezes, com intraclastos argilosos angulosos ($\Phi_{\max} = 8$ cm), níveis de seixos quartzosos e feldspáticos ($\Phi_{\max} = 4$ cm) na base dos sets.	Corrente subaquosa trativa, fluxo superior, forma de leito tabular.		(Fig. 26 d)

Amf(Ipp)	<p>Arenito muito fino, quartzo-feldspático, avermelhado, com laminação plano-paralela níveis centimétricos de arenito grosso e médio e gradação normal intraestratal.</p> <p>Eventualmente com (cb) fragmentos de material carbonoso, concreções ferruginosas de até 3 cm, (D) <i>Flora Dicroidium</i>, e (fl) estrutura de carga tipo flama.</p>	<p>Corrente subaquosa trativa, fluxo superior, forma de leito tabular.</p>		
Lm(Ipp)	<p>Camada tabular de lamito, laminado, avermelhado, com boa fissilidade. Boa continuidade lateral (mais de 100m), interdigitando-se lateralmente com arenito grosso a seixoso, variando sua espessura lateralmente de 2,0 a 2,5m.</p> <p>(ca) Camada com singular predominância de caulinita.</p>	<p>Corrente subaquosa de suspensão, forma de leito plana.</p>		<p>Fotomicrografia MEV (Fig. 24 a, b, c) DRX Fig. 24 d)</p>
St(Ipp)	<p>Camada tabular de siltito, laminado, por vezes incipiente, avermelhado, mal selecionado (com grãos de areia média dispersos), com lentes (1m de espessura e 7m de comprimento) de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, variando lateralmente para muito fino, maciço.</p> <p>Eventualmente, com (mi) níveis de mica.</p>	<p>Corrente subaquosa de suspensão, forma de leito plana.</p>		<p>Fotomicrografia (Fig. 23 b)</p>

Quadro 3. Sumário de fácies de acordo com estruturas e formas de leito e respectivos processos deposicionais, associações de fácies e elementos arquiteturais. Dados da Pesquisa (2014).

Abreviat.	ESTRUTURA E FORMA DE LEITO	TEXTURA							PROCESSO DEPOSICIONAL	ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E ELEMENTOS ARQUITETURAIS	FASES DO MODELO DEPOSICIONAL			
		Grossa		Média		Fina								
		Cg	Acg	Amg-g	Am	Af-mf	St	Lm						
(t)	Estratificação cruzada tangencial, dunóide, 3D								Fácies grossas → segregação textural em fluxos de baixa densidade e transição para correntes trativas; camadas tabularoides	Depósitos de progradação de carga de fundo de fluxos de baixa densidade	1A			
									Fácies médias → correntes trativas de desaceleração de fluxo dispersivo com morfologias tabularoides delgadas.	Depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros	1B			
(cpp)	Estratificação cruzada plano-paralela, dunóide, 2D								Fácies médias → Correntes trativas de desaceleração de fluxos dispersivos com morfologias tabularoides delgadas	Depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros.	1B			
(m)	Estrutura maciça, sem visualização aparente da forma de leito								Fácies grossas → pavimentos e fluxos de transição de baixa densidade para tração	Depósitos de progradação de carga de fundo de fluxos de baixa densidade	1A			
									Fácies médias → perda de estruturas por liquefação e escape de fluidos	Depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros	1B			
									Fácies finas → limite suspensão/tração com obliteração de estruturas	Depósitos de plumas de suspensão de correntes de baixa densidade	2D			
(bxa)	Estratificação cruzada de baixo ângulo, dunóide 2D								Fácies médias → correntes trativas de rápida dispersão, morfologias delgadas e tabularoides	Depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros rasos	1B			
									Fácies médias-finias → correntes trativas de transição de fluxo inferior para superior					
(gn)	Gradação normal, tabular								Fácies grossas → desaceleração de fluxos de baixa densidade e transição para fluxos trativos	Depósitos de carga de fundo em transição para canais rasos	1B			
									Fácies médias → desaceleração de fluxos de baixa densidade e transição para fluxos trativos					
(lpp)	Laminação plano-paralela, tabular								Fácies grossas e médias → dispersão de fluxos de regime de fluxo inferior com morfologias tabulares	Depósitos de canais rasos de dispersão de fluxos efêmeros rasos	1B			
									Fácies médias finas → dispersão de fluxos de regime de fluxo superior com morfologias tabulares					
									Fácies finas → suspensão e plumas de flotação geradas pela segregação de finos em fluxos de baixa densidade com morfologias tabulares	Depósitos de afogamento dos fluxos de baixa densidade	2C			

3.3. ANÁLISE DAS SUCESSÕES DE FÁCIES E MODELOS DEPOSIONAIS

A análise de sucessões de fáries nos dez perfis colunares levantados considerou a variação vertical de atributos faciológicos como: padrão granodecrescente ascendente, variação brusca das texturas, superfícies de erosão (diastemas), e paleossolos (diastemas).

Essas associações, em geral, revelam um afogamento das litologias para o topo. Esse padrão nos permitiu identificar 9 sucessões de fáries com espessura variando de 3,75 m a 14,0 m, limitados por superfícies-chave de não-deposição (na maioria dos casos) ou erosão. Os ciclos deposicionais são caracterizados pela desaceleração do fluxo de baixa densidade. Abaixo, exemplifica-se uma sucessão de fáries (Fig. 21).

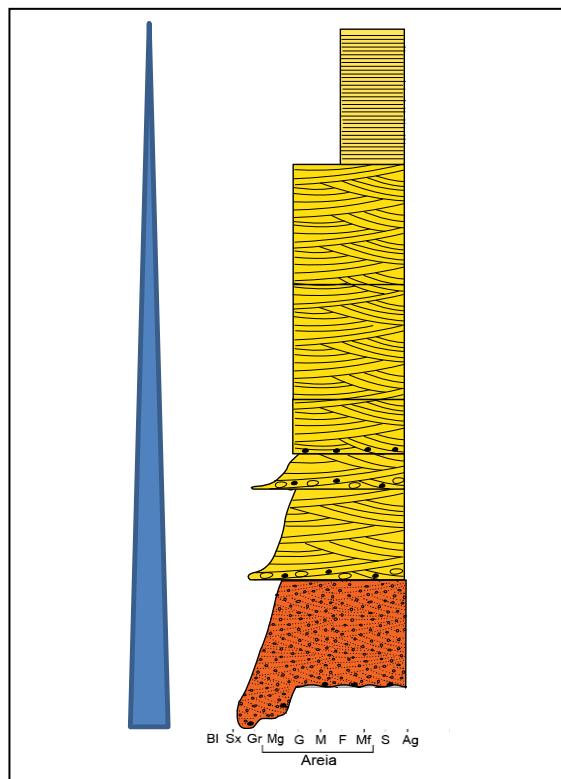


Figura 21. Exemplo do PGMB010, de umas das sucessão de fáries granodecrescentes acendentes. Dados da Pesquisa (2014).

As sucessões de fáries são compostas por trinta e nove fáries, essas encontram-se descritas, interpretadas (quanto ao tipo de corrente, regime de fluxo e forma de leito) e ilustradas no quadro acima, ver quadro 2. Além disso, foi feita a

síntese das fácies considerando a textura, estrutura, forma de leito das mesmas, ver quadro 3. Com a integração dos dados, foi possível definir o modelo deposicional e suas respectivas fases.

3.4. CARACTERIZAÇÃO E DETALHAMENTO DAS LITOLOGIAS COM BASE EM TÉCNICAS ANALÍTICAS

Para um maior detalhamento das fácies encontradas, aplicaram-se as seguintes técnicas analíticas: análise petrográfica, difração de raios X e microscopia eletrônica de varredura. O detalhamento com essas técnicas permitiu a caracterização detalhada de quatro grandes grupos faciológicos com base em sua textura que se distribuem ao longo dos perfis estratigráficos, a saber: siltitos, lamitos, arenitos médios a muito finos, e arenitos conglomeráticos a muito grossos.

Siltitos

Os siltitos maciços ou laminados possuem matriz argilosa (40%), e grãos na fração silte, subangulosos a angulosos, predominantemente de quartzo (40%), feldspato (12%), quartzo policristalino (5%), e lamelas de mica branca dispersas. Eles estão intensamente pigmentados por óxidos de ferro (Fig. 22 a) e, localmente, ocorrem agregados de caulinita. Quando laminados, observam-se lâminas de granulometria variando de areia fina até grossa predominantemente quartzo-feldspáticas. Eventualmente, com intraclastos argilosos (Fig. 22 b) oxidados de diâmetro maior 1,4 mm.

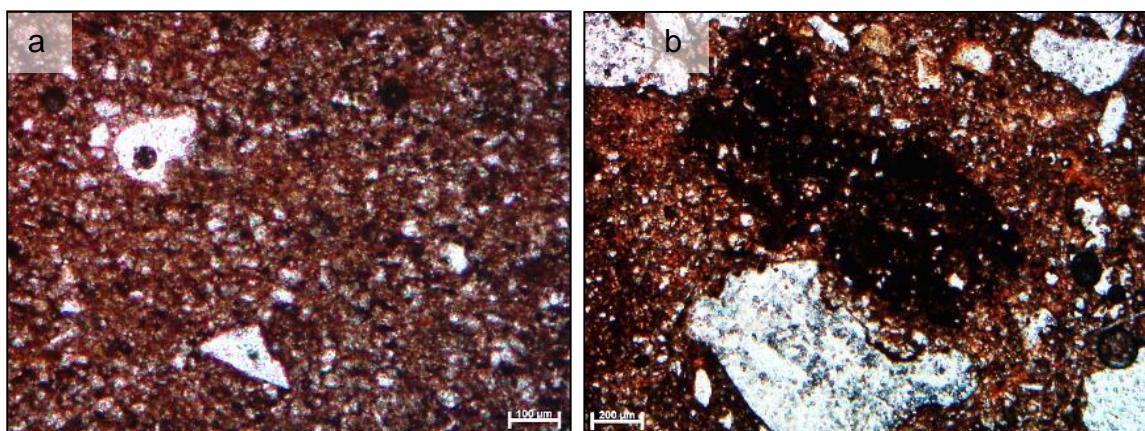


Figura 22. Fotomicrografias: a) detalhe da textura e pigmentação por óxidos de ferro (NC); destacam-se alguns grãos mais grossos (NC); b) detalhe mostrando intraclasto argiloso e grãos na fração areia grossa dispersos. Dados da Pesquisa (2014).

Lamitos

Fácies muito característica, ocorre nos perfis colunares PGMC004, PGMA012 e PGMB009, sem variações horizontais ou verticais compostionais, com laminação plano-paralela, mal selecionada, essencialmente argilosa (Fig 23. a), porém com raros grãos de quartzo conforme se observa no padrão de difração de raios X (Fig 23. d). Ao microscópio eletrônico de varredura, identifica-se caulinita, pseudo hexagonal (Fig 23. b), euédrica, sob forma de agregados do tipo "booklet". Identificam-se, também, cristais de feldspato sendo totalmente substituídos (Fig 23. c) pela caulinita. A fácie é constituída predominantemente pelo argilomineral em questão.

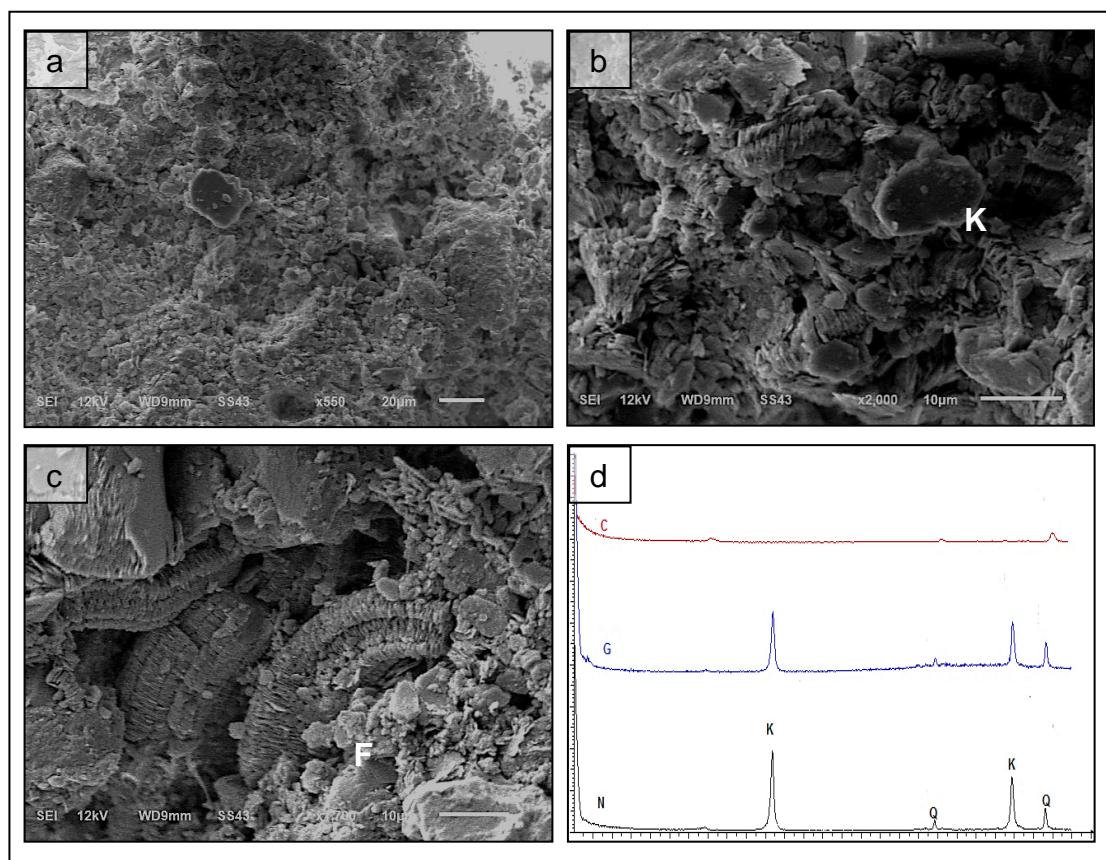


Figura 23. Imagens de MEV e difratogramas da fácie lamito. a) composição essencialmente argilosa (ES, 550X); b) caulinita (K) (ES, 2.000X) pseudo hexagonal sob forma de agregados do tipo "booklet"; c) feldspato (F) sendo totalmente substituído por caulinita (ES, 1.700X; d) difratograma gerado identificando a caulinita (K) e quartzo (Q); Dados da Pesquisa (2014).

Arenitos médios a muito finos, quartzo-feldspáticos:

Arenitos de granulometria variando de muito fina a média, maciços ou eventualmente com intercalações de lâminas (Fig. 24 a) com granulometria de areia grossa, mal selecionados, grãos subangulosos a angulosos, contatos disruptos a pontuais. A matriz é argilosa, variando de 15 a 40%. A matriz é pigmentada por óxidos de ferro. A composição mineralógica inclui: quartzo monocristalino (57%) (Fig. 24 b), feldspatos sericitizados (13%), lamelas de mica branca (muscovita, 8%), localmente orientadas, chert e quartzo policristalino (aproximadamente 5%); como minerais acessórios identificam-se: apatita, turmalina e zircão.

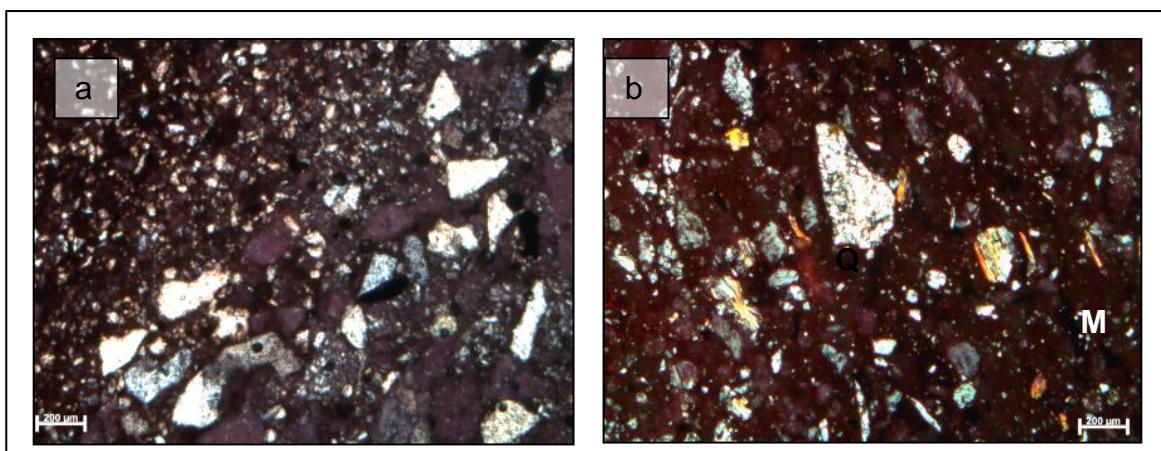


Figura 24. Fotomicrografias. a) arenito intercalando lâminas de granulometria média com lâminas de granulometria fina (NC); b) arenito de granulometria fina onde se destacam grãos de quartzo na fração grossa (Q); observar também as lamelas de mica orientadas (M) (NC). Dados da Pesquisa (2014).

Arenitos conglomeráticos a grossos, quartzo-feldspáticos:

Arenitos essencialmente quartzo-feldspáticos, maciços, ou, eventualmente com laminação granulométrica, mal selecionados, matriz argilosa oxidada variando de 10 a 40%, ou seja, podem chegar a lamosos. Os grãos são sustentados pela matriz, esses são subangulosos a angulosos com baixa a moderada esfericidade; são comuns feições do tipo cutículas argilosas, grãos de quartzo, eventualmente fraturados, e feições inciais de paleoalteração (Fig. 25 a, b, c), ou seja, "cutains" que estão oxidados e não deformados, esses são indicativos de ambiente vadoso. Ocorrem fragmentos de quartzito, de xisto (Fig. 25, d) e argilas (que devido a

compactação apresenta deformação dúctil), preenchendo poro (Fig. 25 e), bem como, micas (Fig. 25 f) orientadas de acordo com a laminação. A mineralogia estimada consiste em: quartzo monocristalino, por vezes, com extinção ondulante (44%); quartzo policristalino (25%); feldspato (10%); fragmentos de xisto

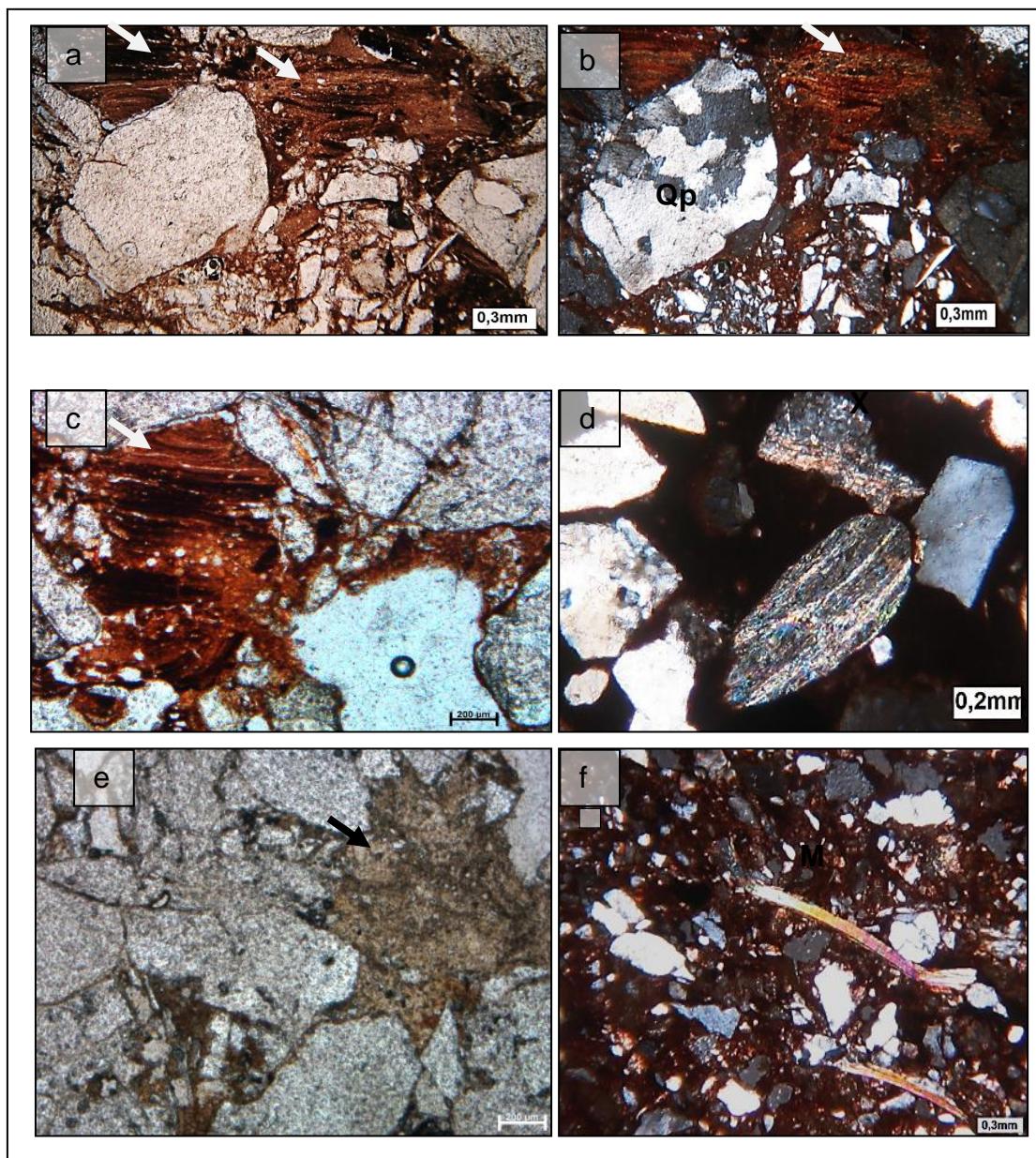


Figura 25. Fotomicrografias. a) "cutains" indicadores de paleoalteração, indicados por seta branca (ND) b) feição inicial de paleoalteração, indicada por seta branca, e proeminente grão de quartzo policristalino (Qp) (NC); c) detalhe de feição inicial de paleoalteração, indicada por seta branca (ND); d) fragmentos de xisto (X) (NC); e) fragmento argiloso, compactado, preenchendo poro, indicado por seta preta (ND); f) proeminentes lamelas de micas brancas (M) orientadas concordantes com a laminação (NC). Dados da Pesquisa (2014).

e chert (5%); lamelas de mica (muscovita); que eventualmente, estão deformadas devido à compactação, minerais opacos, como acessório, tem-se, turmalina, zircão, esfeno. Nesse grupo faciológico, ocorre caulinita (Fig. 26 a) de forma predominante.

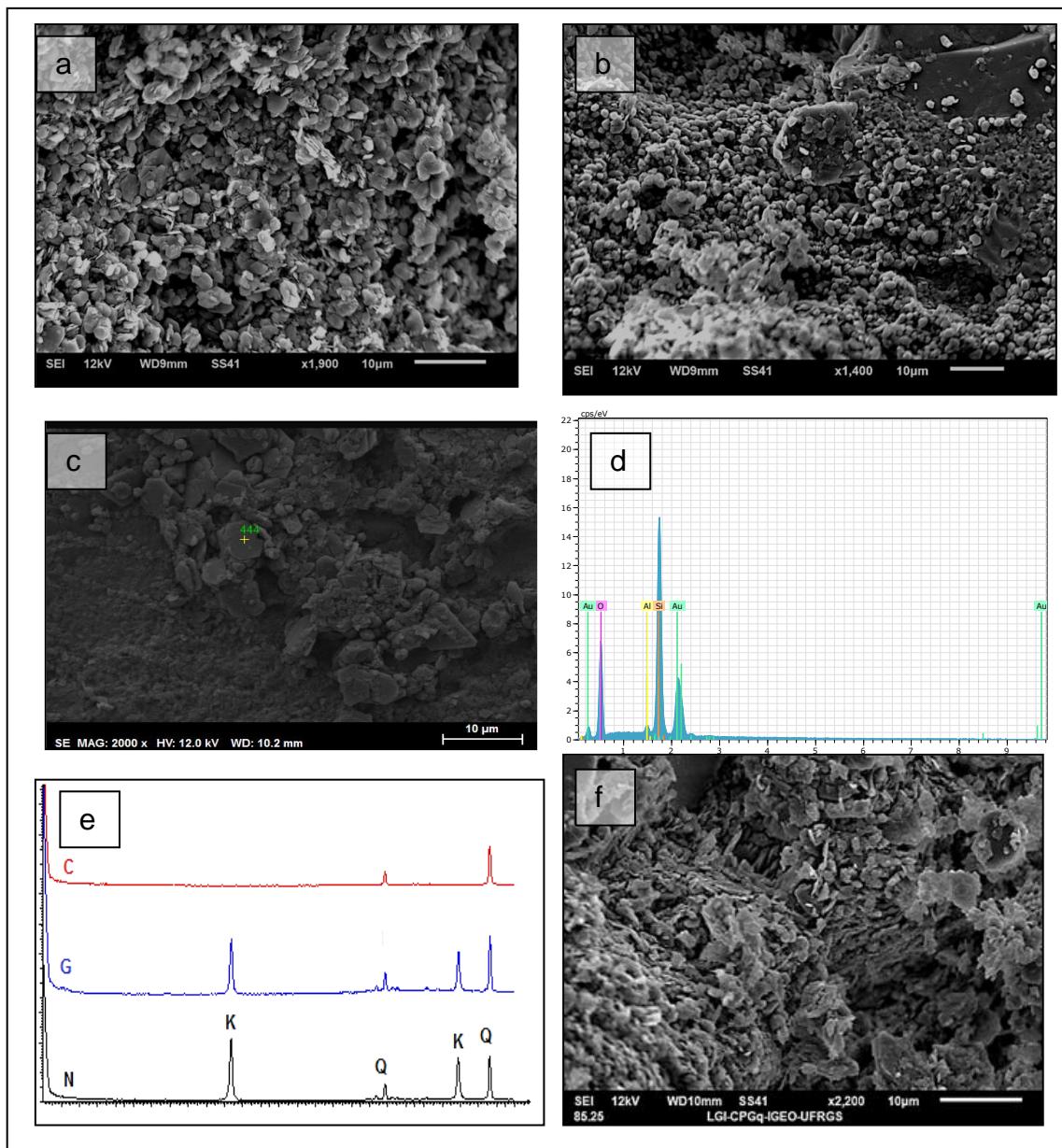


Figura 26. Fotomicrografias ao MEV. a) composição argilosa onde predomina caulinita (ES, 1.900X); b) grão de feldspato (F) sendo recoberto e substituído por caulinita (ES, 1.400X); c) ocorrência extensiva de caulinita com identificação do ponto numerado em verde (443), onde foi realizada análise por EDS (ES, 2.000X); d) espectro de EDS indicando a ocorrência de sílica, alumínio, ouro e oxigênio; e) difratograma identificando a presença de caulinita (K) e quartzo (Q); f) caillitas euédricas e sob forma de agregados do tipo "booklet"; Dados da Pesquisa (2014).

Os feldspatos foram substituídos (Fig. 26 b) por esse argilomineral sob forma de agregados do tipo "booklet" (Fig. 26 f). Esses agregados, quando analisados por EDS (acoplado ao MEV), geram um espectro (Fig. 26 d) que revela a presença de Si e Al, em proporções semi-quantitativas características da caulinita (3:1), a identificação foi feita no ponto numerado em verde (443) (Fig. 26 c). A indicação de Au refere ao recobrimento da amostra para análise. Nos difratogramas (Fig. 2Figura 266 e) foi confirmada novamente a ocorrência de caulinita e quartzo.

3.5. AR CABOUÇO ESTRATIGRÁFICO

Para a construção do arcabouço estratigráfico de alta resolução, primeiramente, os dez perfis colunares levantados em campo foram digitalizados (Adobe Illustrator CS6), e, posteriormente, esses perfis tiveram suas fácies descritas detalhadamente, interpretadas e comparadas. Assim, tornou-se possível uma correlação com base em superfícies-chave (que delimitam as unidades deposicionais) e litologias-chave (unidades com características peculiares). Esses elementos permitiram propor o arcabouço estratigráfico de alta resolução (Fig. 27) para o setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão. Nesse arcabouço, identificaram-se cinco superfícies de correlação:

A S1 (superfície basal) delimita a unidade basal, representada pela fácie conglomerado blocoso a seixoso, com estratificação cruzada tangencial incipiente, monomítico, com seixos e blocos de quartzo arredondados encontrada nos perfis PGMB010 e PGMC009. Essa fácie é muito distinta das demais cujos clastos são comumente subangulosos a angulosos.

A S2 limita uma mudança brusca de litologias muito finas sobrepostas por grossas, tem boa extensão lateral e está bem evidente nos perfis colunares PGMB009, PGMB010, PGMC002, PGMC009, PGMC004 e PGMC007. No perfil PGMB009 e PGMC002, essa mudança está representada por arenito grosso sotoposto ao arenito conglomerático; em PGMB010, o arenito fino está sotoposto ao arenito conglomerático; em PGMC009, o siltito está sotoposto ao arenito grosso; em PGMC004, observa-se apenas a fácie grossa (arenito conglomerático) que deveria estar sobreposta a uma fina, isso se deve ao fato de que o perfil PGMC004 tem uma cota basal com valor mais baixo do que as cotas dos perfis anteriormente citados; em PGMC007, observa-se siltito sotoposto ao arenito grosso.

A S3 situa-se no topo de lamitos e siltitos que representam o maior afogamento registrado nos perfis. Essa superfície tem boa extensão lateral e está

marcada por fácies muito finas (lamitos e siltitos) sobrepostas por fácies mais grossas, variando desde arenito conglomerático a arenito muito fino, na região mais distal (PGMC007). Essa superfície está presente nos perfis: PGMB009, PGMB010, PGMC002, PGMC009, PGMC004 e PGMC007, sendo marcada, no PGMB009, por siltito sotoposto ao arenito fino; em PGMB010 e PGMC002, o siltito está sotoposto ao arenito grosso; em PGMC009, o siltito está sotoposto ao arenito médio; em PGMC004, o lamito está sotoposto ao arenito conglomerático; em PGMC007, o siltito está sotoposto ao arenito muito fino. No lamito do PGMC004, foram feitas análises de MEV e DRX que evidenciaram a presença extensiva de caulinita.

A S4 tem extensão lateral limitada, ocorrendo apenas nos perfis, PGMB010, PGMC002, PGMC009, PGMC004 e PGMC007. Também consiste em uma superfície com mudanças bruscas de litologia. Em PGMB010, essa mudança é marcada por arenito médio sotoposto ao arenito conglomerático; em PGMC002, por siltito sotoposto ao arenito grosso; em PGMC009, arenito fino sotoposto ao arenito médio; em PGMC004, a S4 limita o topo do perfil, isso porque ele está situado em cotas superiores de elevação do terreno, onde as fácies sobrepostas foram erodidas.

A S5 é uma superfície que marca mudanças bruscas de litologia, sendo a fácie sobreposta constituída sempre por um arenito conglomerático de seixos e grânulos quartzosos subangulosos a angulosos, sem intraclastos argilosos. Essa superfície tem boa extensão lateral e está presente nos perfis PGMB008, PGMB009, PGMB010 e PGMA013. Em PGMB008, ela foi correlacionada com a base da fácie arenito conglomerático, pois as fácies sotopostas estavam encobertas; em PGMB009, ela está marcada por arenito grosso sotoposto ao arenito conglomerático; em PGMB010, por arenito médio sotoposto ao arenito conglomerático; em PGMA013, observa-se apenas a fácie grossa, o arenito conglomerático, estando as fácies sotopostas encobertas.

A análise vertical de fácies possibilitou identificar nove sucessões de fácies granodecrescentes ascendentes, comumente encontram-se:

As sucessões de fácies (SF) mais basais, como se observa em PGMB010, iniciam-se por conglomerados e arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada tangencial ou maciços, e intraclastos argilosos, os quais são sucedidos por arenitos grossos a médios com estratificação cruzada tangencial ou maciços, eventualmente festonados, que são sobrepostos por arenitos médios com estratificação cruzada de baixo ângulo. Na porção de topo, sucedem-se arenitos finos, muito finos com laminação plano-paralela ou maciços.

As sucessões de fácies medianas, como evidência-se em PGMC004, iniciam-se por arenitos conglomeráticos com estratificação plano-paralela, estratificação cruzada tangencial, ou maciços, sendo sobrepostos por arenitos grossos a médios com estratificação cruzada tangencial ou maciços, seguidos de siltitos e lamitos maciços ou laminados. Nas sucessões medianas que representam as porções mais distais do modelo deposicional, como em PGMC007, a sucessão de fácies inicia-se com arenito grosso maciço com seixos dispersos sendo diretamente sobreposta por siltitos laminados.

Nas sucessões de fácies de topo dos perfis, exemplificada em PGMB008, iniciam-se por arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada tangencial, maciços, ou com gradação normal, sem intraclastos argilosos, sendo sobrepostos por arenitos grossos, médios, ou finos.

Por conseguinte, todas as sucessões de fácies estão representadas no perfil PGMB010, que se configura como o perfil geral da área mapeada, no qual, constam as nove sequências deposicionais. Além disso, deve-se salientar que essas sucessões tem boa correlação lateral. Porém, eventualmente, algumas sucessões de fácies podem estar ausentes em alguns perfis.

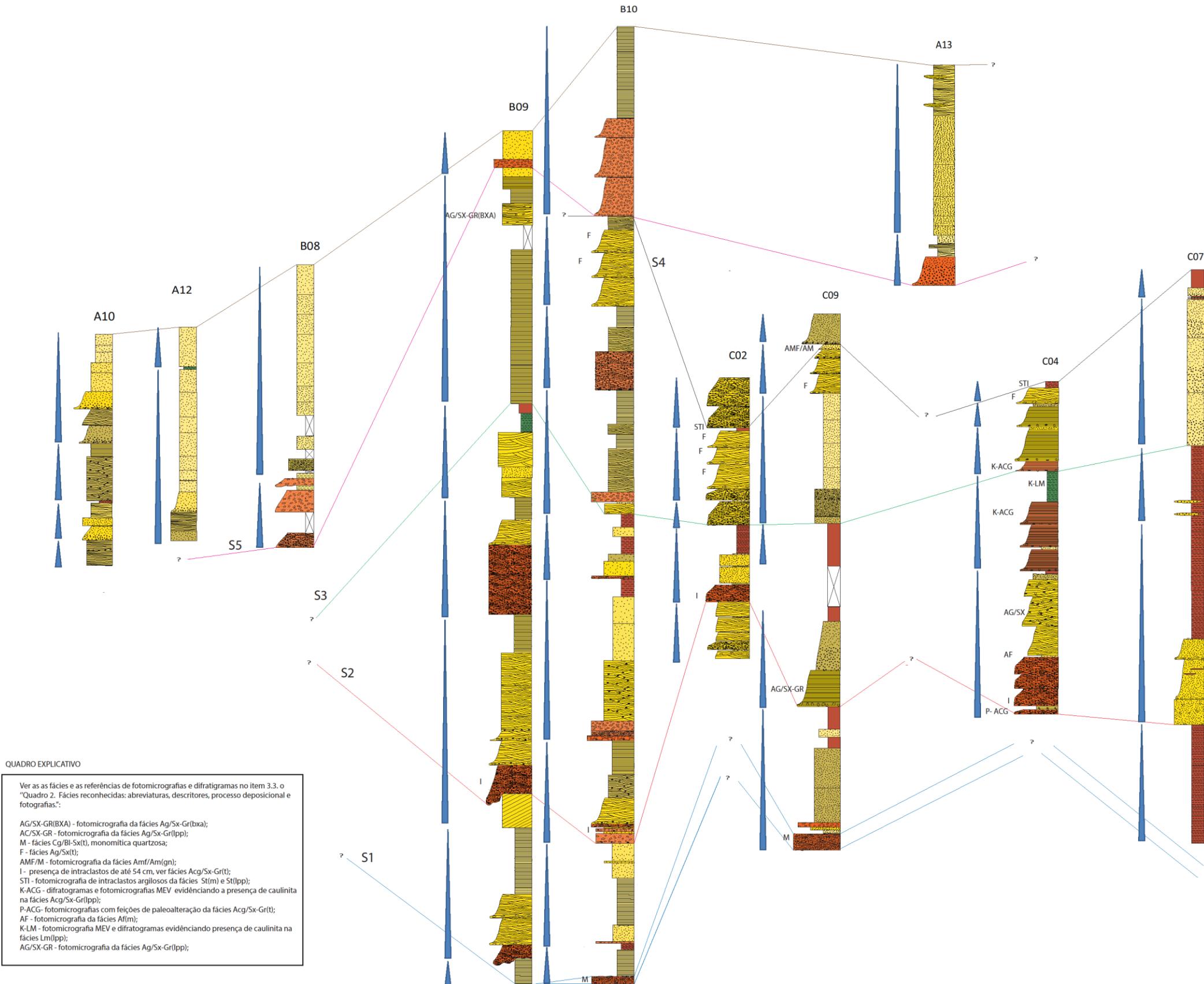


Figura 27. Raboço estratigráfico para o setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão. Dados da Pesquisa (2014).

4. DISCUSSÕES

4.1. SUCESSÕES DE FÁCIES E MODELO DEPOSIONAL

As sucessões de fácies foram identificadas nos dez perfis colunares levantados com base em critérios de variação vertical de atributos faciológicos como: padrão granodecrescente ascendente, variação brusca das texturas, superfícies de erosão (diastemas), e paleossolos (diastemas). Foram identificadas nove sucessões de fácies.

Essas sucessões de fácies são características (Fig. 28) de depósitos efêmeros do tipo inunditos como se depreende do modelo de Postma (2014). Esse autor realizou um teste experimental que ajuda na compreensão de depósitos e processos de um fluxo de baixa densidade. Na figura abaixo (Fig. 29), é possível observar as três fases de um modelo de fluxo de baixa densidade, começando pela programação e formação de canais, que são sucedidos por uma transgressão (o afogamento do fluxo de baixa densidade pelo lago de inundação). Após a transgressão, dá-se o rebaixamento do nível de base e a exposição subaérea, que podem originar gretas de contração e paleossolos.

Baseando-se nesse modelo, as sucessões de fácies foram interpretadas como resultantes de ciclos deposicionais de inunditos. De fato, essas sucessões de fácies, representadas de modo geral pelo perfil da figura 28, caracterizam-se por uma porção basal A, uma porção intermediária B, e uma porção de topo C-D-E.

A porção basal A (Fig. 28) é comumente composta por conglomerados, maciços ou com estratificação cruzada tangencial, com intraclastos argilosos, mal selecionados (com fração silte e argila), intercalados com arenitos grossos a conglomeráticos, maciços, ou com estratificação cruzada tangencial, também mal

selecionados. Essas litologias são representantes da fase de progradação dos fluxos de baixa densidade (Fig. 29, fase 1, etapa progradação).

A porção intermediária B (Fig. 28) constitui-se por arenitos grossos e médios com estratificação cruzada tangencial ou com estratificação plano-paralela e intraclastos argilosos, mal selecionados, representantes da fase de progradação com desenvolvimento de canais rasos (Fig. 29, fase 1, etapa formação de canais). Ainda nessa fase, quando o fluxo tem um desconfinamento considerável, as fácies passam para arenitos muito finos a finos com laminação plano-paralela de fluxo superior ou com estratificação cruzada de baixo ângulo (de transição para fluxo superior), mal selecionados.

Por sua vez, a porção de topo C-D-E (Fig. 28) compõe-se de (C) siltitos e lamitos com laminação plano-paralela ou maciços, mal selecionados (com grãos quartzosos de areia média ou grossa dispersos); (D) níveis micáceos; (E) possível formação de gretas de contração (E), observadas apenas em áreas adjacentes, na área de estudo deste trabalho, possivelmente tais gretas foram erodidas, gerando intraclastos.

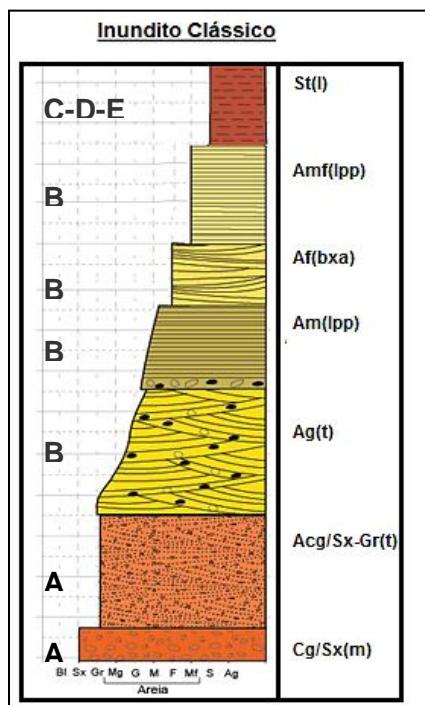


Figura 28. Perfil esquemático exemplificando a sucessão de fácies característica de um inundito. Dados da Pesquisa (2014).

Essa porção de topo representa o afogamento transgressivo do fluxo de baixa densidade pelo lago de inundação (Fig. 29, etapa 2). Isso explicaria a abundância de litologias finas devido ao considerável regime de suspensão que atua quando o fluxo de baixa densidade é afogado. Por vezes, encontram-se níveis micáceos D (Fig.31) nos lamitos e siltitos, os quais se explicam pela formação de vórtices e plumas de flotação (Fig. 30) gerados na região frontal dos fluxos de baixa densidade na etapa de afogamento. A decantação das micas a partir das plumas de

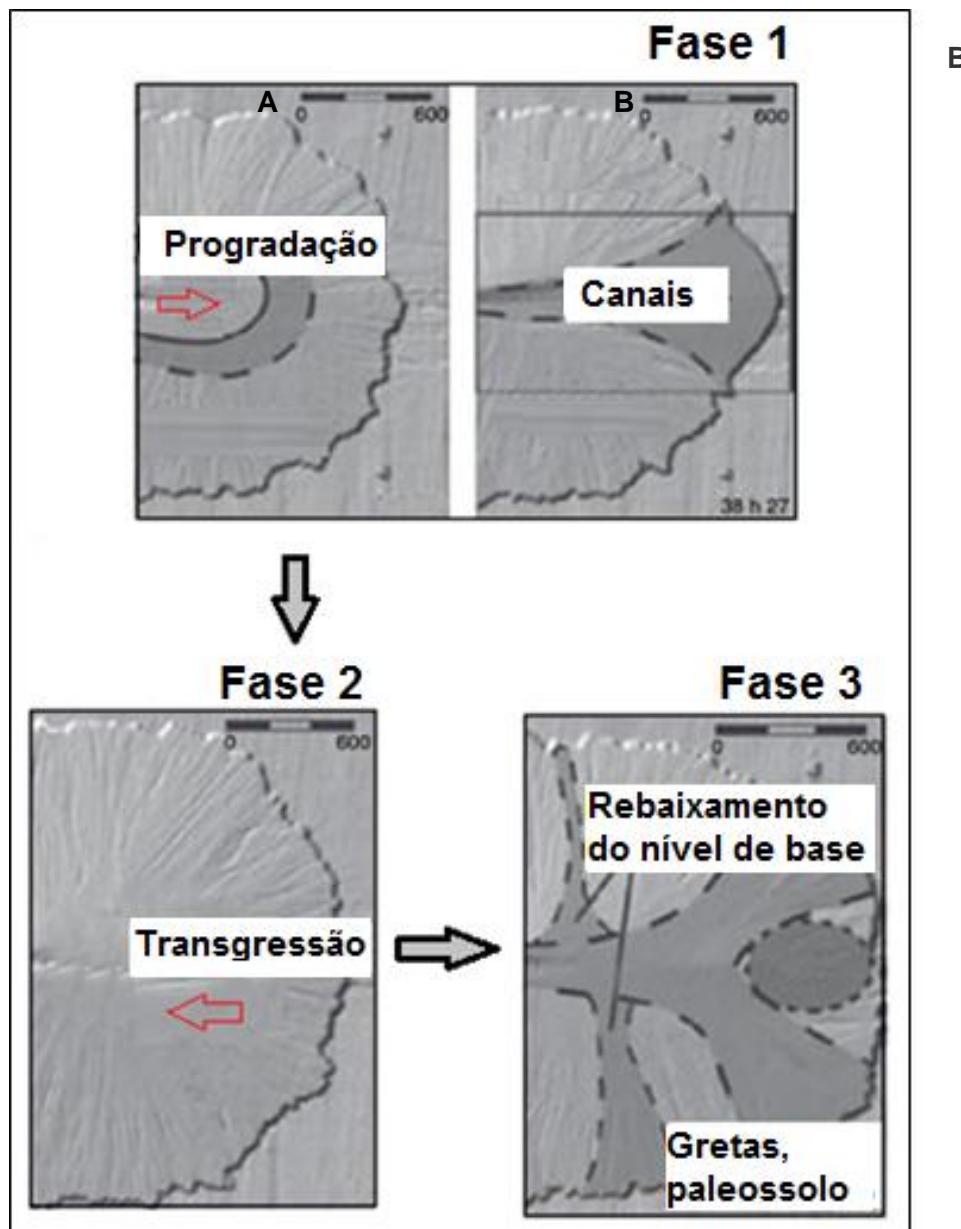


Figura 29. Modelo experimental de fluxo de baixa densidade (Modificado de Postma, 2014).

flotação origina os níveis micáceos D que seriam depositados por suspensão a partir das plumas de flotação. Após essa fase, ocorreria o rebaixamento do nível de base e consequente exposição subaérea com a possível formação de gretas de contração e paleossolos E (Fig. 29, etapa 3).

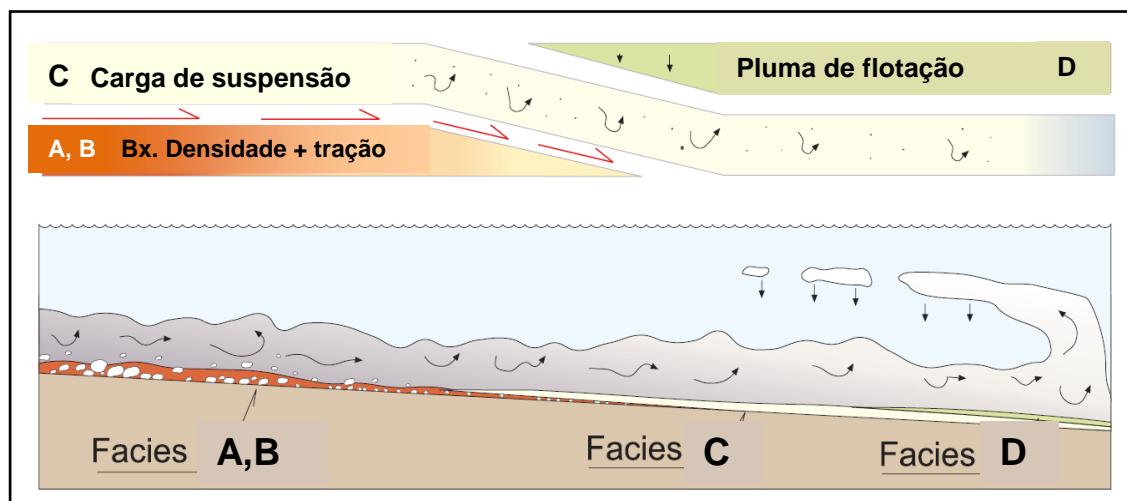


Figura 30. Fluxos hiperpicnais de baixa densidade com afogamento pelo lago transgressorivo. (Modificado de Zavala *et al.*, 2011).

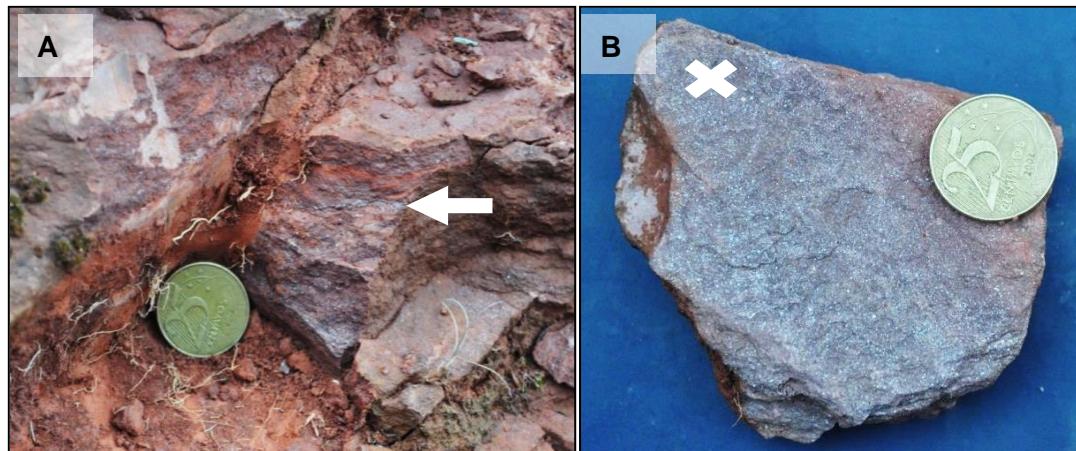


Figura 31. Siltito com laminação plano-paralela. a) nível micáceo, indicado por seta branca; b) plano micáceo, indicado por X branco. Dados da Pesquisa (2014).

4.2. MICROFORMAS DE RELEVO E GEOFORMAS

A geometria das camadas é predominantemente tabular, tabularoide ou lençoide, essas geoformas são compatíveis com geometrias de fluxos de baixa densidade, onde ocorre o espalhamento do fluxo e o desconfinamento de canais. Além disso, não são encontrados canais incisos, sendo observadas apenas geometrias de canais raros, pouco escavados, e desconfinados. Além do que, não temos superfícies de acresção lateral abundantes, foram registradas no campo apenas duas ocorrências pontuais, sendo uma delas com rara espessura de 70 cm (Fig. 32). As camadas com acresção lateral têm dimensões de 20 x 30 cm e 60 x 70 cm, ambas apresentam estrutura cruzada tabular, o que indica de migração de duna de crista reta (2D). Por ser uma feição tão pontual e pouco expressiva, fica implícito que não havia tempo para formar canais perenes, pois esse tipo de elemento arquitetural apresenta inúmeras superfícies de acresção lateral, devido ao fato de que a migração dos canais ocorre com o tempo. Contudo, as superfícies de acresção lateral são escassas, o que corrobora o modelo deposicional proposto, no qual, há a presença de canais efêmeros, os quais, por se tratarem de eventos repentinos, não teriam tempo suficiente para migrar em grandes taxas.

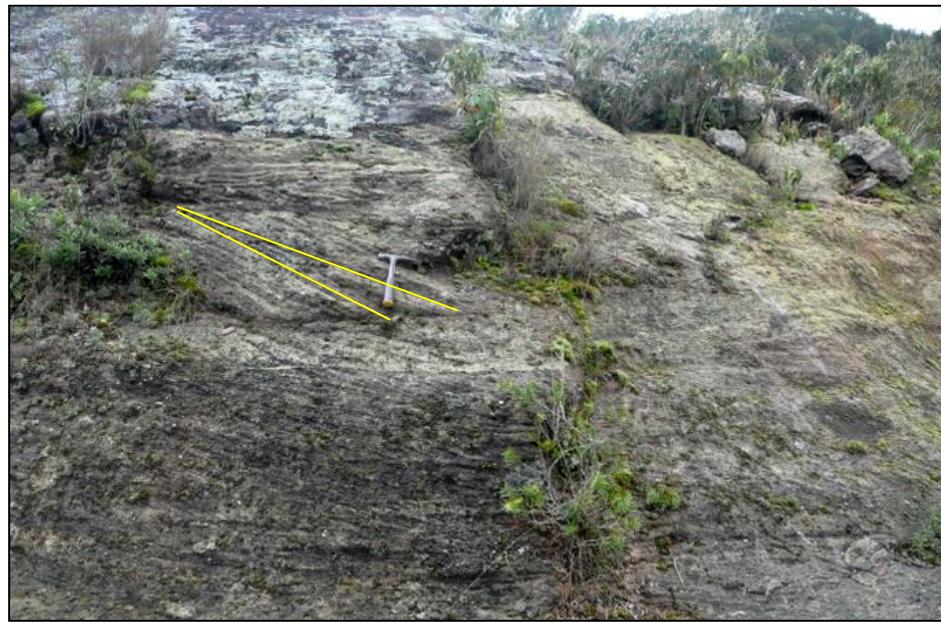


Figura 32. Superfície de acresção lateral de rara espessura, sugestiva de migração de duna 2D. Dados da Pesquisa (2014).

4.3. PRINCIPAIS AGENTES CONTROLADORES DO MODELO DEPOSIONAL PROPOSTO: INUNDITOS

Em inunditos, o sistema deposicional tem suas variações controladas principalmente pelo clima, onde enxurradas periódicas lavariam o substrato repentinamente carregando o material disponível da área fonte, assim, seriam gerados os fluxos de baixa densidade subaquosos. Esses fluxos vão perdendo energia ao longo do trajeto e, assim, vão depositando o material que anteriormente estava sendo transportado. Portanto, trata-se de um processo repentino e efêmero, um fluxo de baixa densidade que tem como características a má seleção e gradação normal intraestratal. A má seleção foi invariavelmente observada, tanto nas fácies finas como grossas, enquanto que a gradação normal intraestratal foi verificada em quase todas as fácies.

Como segundo agente controlador, faz-se importante a tectônica local, responsável por elevar ou abater a área fonte, contribuindo ou restringindo, respectivamente, o aporte sedimentar. Fluxos de baixa densidade com aporte sedimentar abundante e contínuo tenderiam a progradar, em contrapartida, se o aporte sedimentar for restringido, os fluxos de baixa densidade tendem a retrogradar, onde haveria um momento de fluxos definhantes. No campo, sempre foram encontradas fácies proximais sobrepostas às distais, o que reflete a progradação do fluxo (Fig. 33) e expressivo aporte sedimentar no momento da inundação, gerando um bom desenvolvimento dos fluxos de baixa densidade subaquosos.

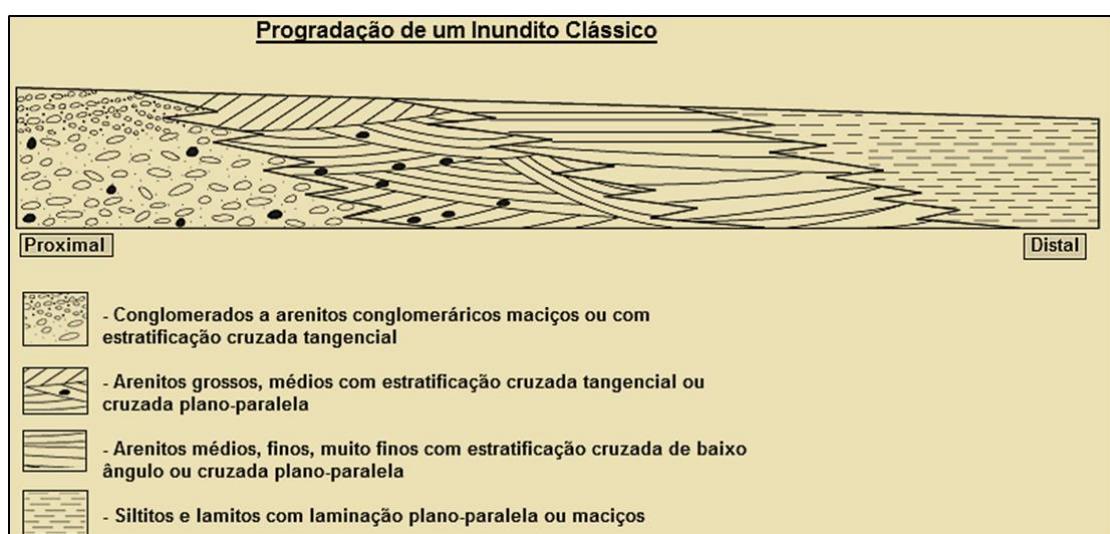


Figura 33. Seção lateral proposta para evidenciar a progradação de um fluxo subaquoso de baixa densidade, inundito. Dados da Pesquisa (2014).

4.4. GRAU DE SELEÇÃO E TRANSPORTE DE GRÃOS

O grau de seleção em inunditos é um fator importante a salientar, pois, tratando-se de fluxos de baixa densidade a seleção é sempre ruim, sendo as litologias caracterizadas como mal selecionadas a muito mal selecionadas desde as fácies mais finas (siltitos com grânulos dispersos) até as mais grossas (conglomerados com grãos de silte). Quanto ao transporte, os inunditos por terem caráter efêmero e por serem fluxos de baixa densidade terão um curto tempo de transporte, no qual, não há muita interação entre os grãos (Zavala *et al.*, 2011). Portanto, os grãos serão angulosos a subangulosos, raramente subarredondados, e apresentarão três ou mais classes granulométricas distintas (ig. 34), ou seja, a rocha será mal selecionada (Fig. 35).]

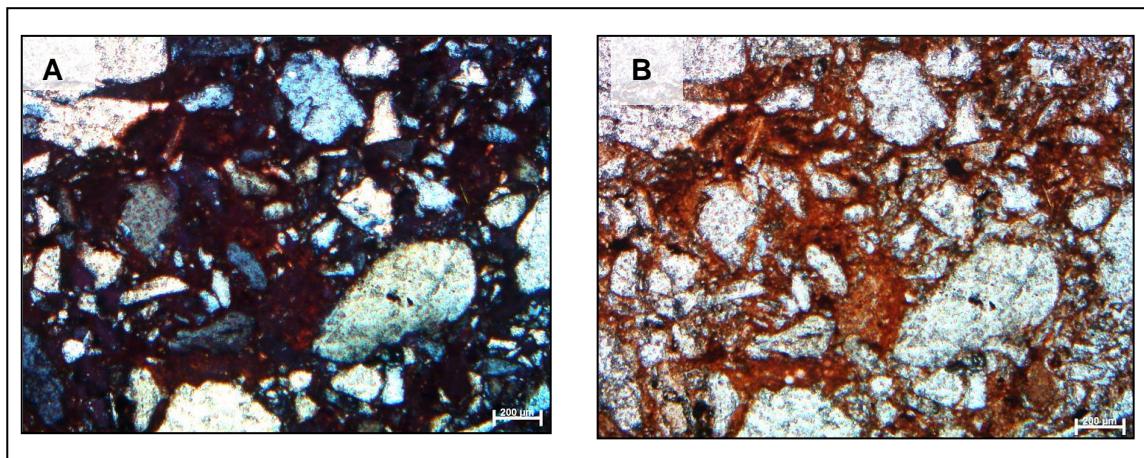


Figura 34. Lâminas delgadas evidenciando a má seleção. a) nicóis cruzados; b) nicóis descruzados. Dados da Pesquisa (2014).

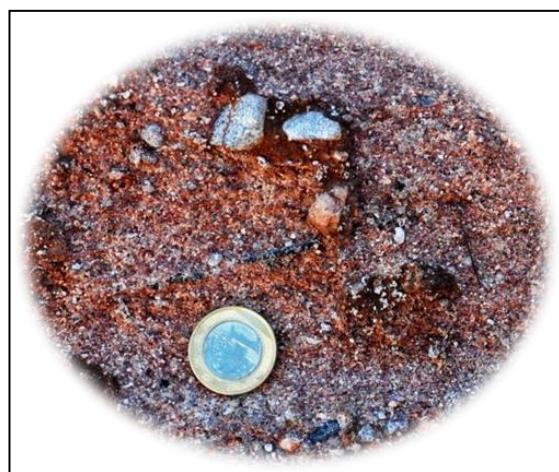


Figura 35. Arenito conglomerático de seixos e granulos, mal selecionado, com fração silte significativa. Dados da Pesquisa (2014).

4.5. PERÍODOS DE EXPOSIÇÃO SUBAÉREA

A ocorrência de indicações de paleoalterações (Fig. 25 c) permite inferir que a rocha provavelmente passou um período de exposição subaérea com flutuação do nível freático (vadoso), a sedimentação deve ter sido restrita ou nula, podendo ter ocorrido ou não erosão associada, sugerindo uma discordância ou um diastema, variando a superfície-chave em função da escala. Para que haja formação de paleoalterações faz-se necessário certo período de estabilidade e exposição para que os processos pedogenéticos atuem, bem como, estabelecimento de vegetação e lixiviação dos minerais. Logo, as feições em questão são úteis na análise estratigráfica e na estratigrafia de sequências, pois elas indicam as condições de sedimentação, e ainda, importantes superfícies-chave. Para a preservação da feição no registro sedimentar, após o processo de alteração, deve-se ter o soterramento da litologia. Outras feições que ajudam a indicar a exposição subárea são: marca de raízes, gretas de contração e horizontes do solo. Todavia, na área de estudo, essas não foram encontradas (Pierini & Mizusaki 2007).

4.6. EODIAGÊNESE E CAULINITA

A concentração de caulinita (Fig. 23 b) no marco-estratigráfico lamito reflete condições de um clima quente, um ambiente com deficiência de íons sendo por intensa lixiviação. Logo, pode-se levantar a hipótese de que eventos de lixiviação ocorreram devido às chuvas periódicas que desencadeiam as inundações efêmeras no interior quente e árido do *Gondwana*. Ainda, é possível postular que a área fonte dessa litologia estaria próxima, visto que o feldspato é um mineral que se altera com facilidade, e, no momento da deposição, as camadas tinham feldspatos em abundância e em bom estado de preservação.

Como a caulinita se apresenta com hábito pseudo hexagonal, euédrica, e sob forma de agregados do tipo "booklet", pode-se inferir que ela seria um produto da eodiagenese. Assim, ela formar-se-ia após a deposição em pequena profundidade e em condições de baixa temperatura devido à circulação e à infiltração de água proveniente da superfície. Esse processo justificaria o porquê dela ser tão bem formada. Salienta-se, ainda, que rochas sedimentares podem permanecer no domínio da eodiagênese por períodos de tempo muito variáveis (Meunier, 2005).

Outro fator que corrobora a hipótese de haver uma eodiagênese é a ocorrência de lamelas de micas, por vezes, deformadas e os grãos de quartzo, eventualmente, fraturados. Isso ocorreria devido à compactação.

4.7. POSICIONAMENTO DAS UNIDADES NO TRIÁSSICO

Devido evidências fossilíferas de campo, pode-se posicionar as unidades isoladas do Gráben Arroio Moirão no Triássico (Fig. 37) da Bacia do Paraná na sucessão de fácies basal do PGMB010 (Fig. 38), mais precisamente na fácies arenito fino com laminação plano-paralela (Fig. 36), foi identificada a *flora dicroidium* (Daiane Cardoso dos Santos, em preparação), característica da Formação Santa Maria 2, pertencente ao período Triássico da Bacia do Paraná (Zerfass *et al.*, 2003). Ainda na fácies em questão, encontram-se fragmentos carbonosos e concreções ferruginosas de até 3 cm.

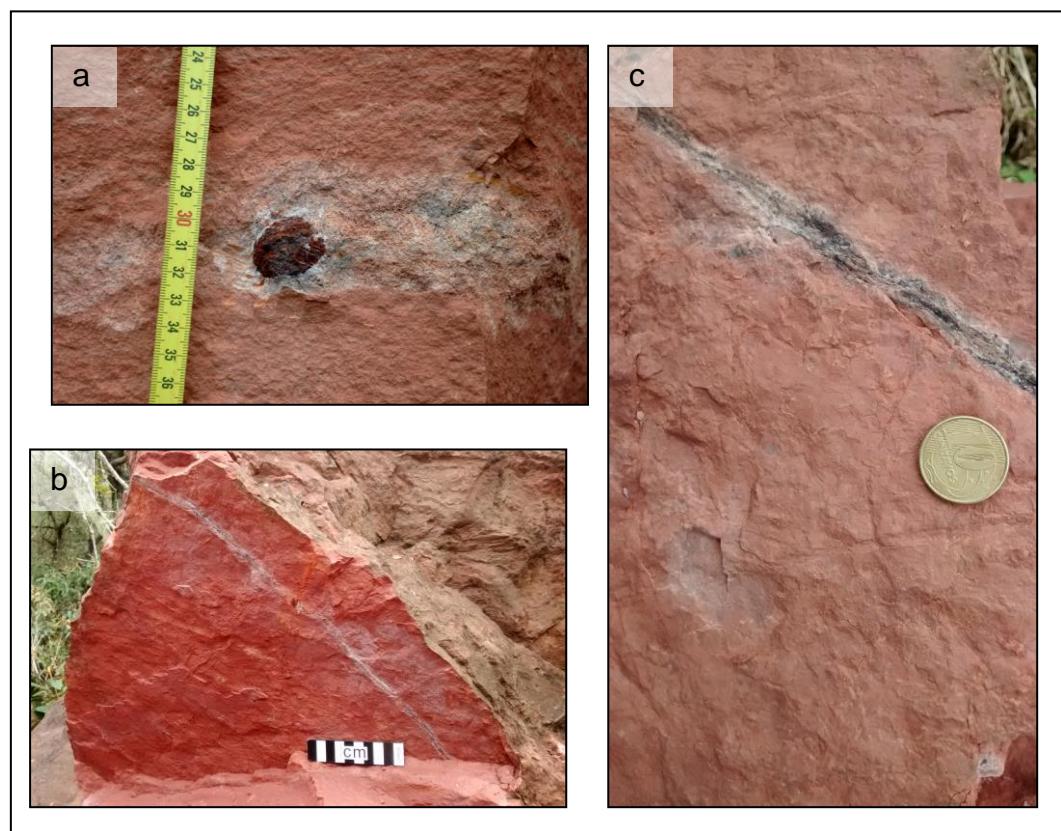


Figura 36. Arenito muito fino com laminação plano-paralela. a) detalhe de concreção ferruginosa; b) fragmento de material carbonoso; c) detalhe da fotografia do fragmento carbonoso, onde também, se evidenciam as impressões da *flora dicroidium*; Dados da Pesquisa (2014).

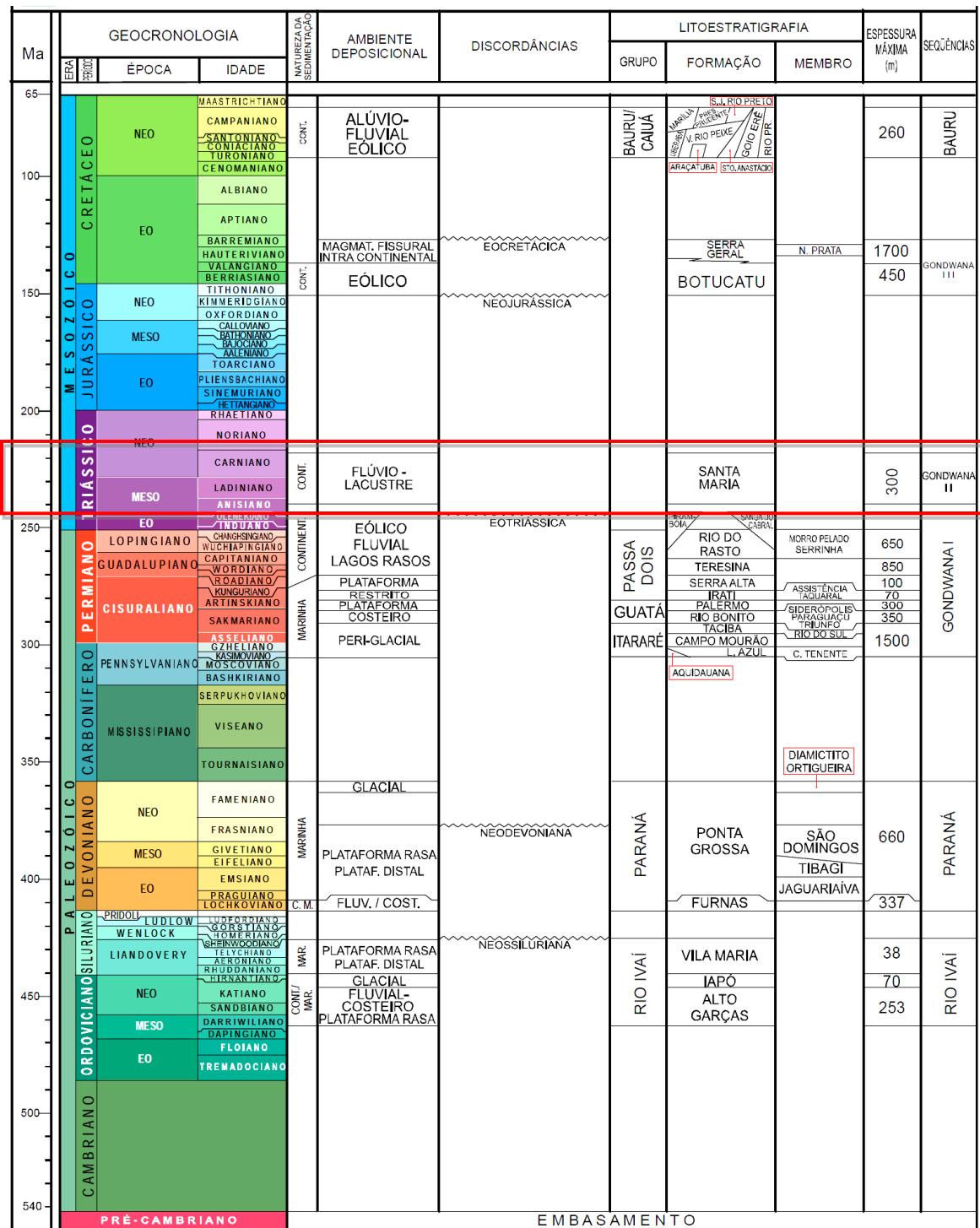


Figura 37. Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná, evidenciando o período Triássico, onde se inclui a Formação Santa Maria (Extraído de Milani et al., 2007).

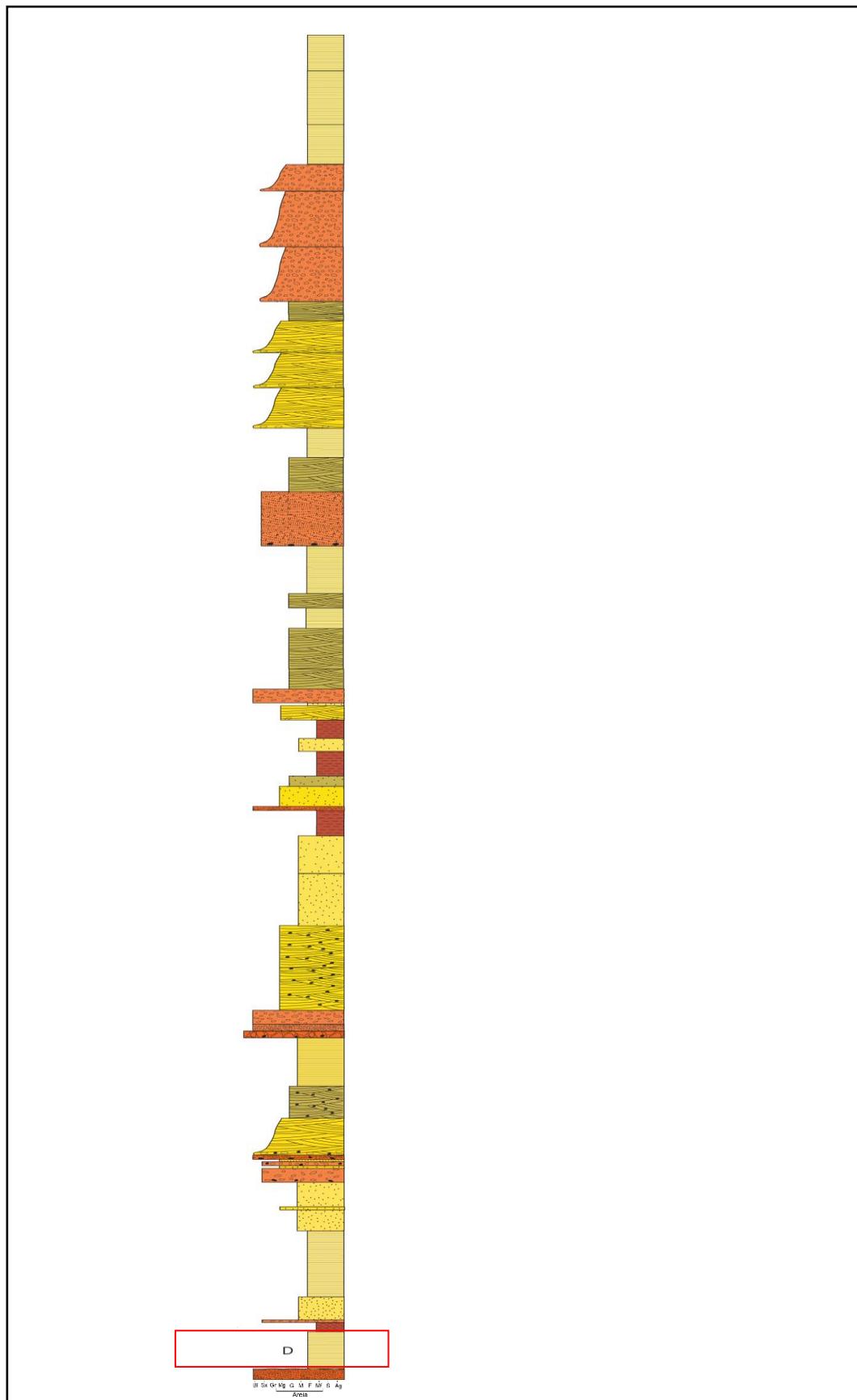


Figura 38. Perfil colunar, PGMB010, o retângulo vermelho delimita a fácie arenito muito fino com lamination plano-paralela, que tem como característica a presença da *flora dicroidium*. Dados da Pesquisa (2014).

4.8. DISCUSSÃO FINAL

A análise de fácies, sucessão de fácies e ciclos sedimentares resultou na interpretação de um modelo deposicional de fluxos efêmeros de baixa densidade do tipo inunditos. Essa interpretação é inovadora, visto que o modelo deposicional anteriormente definido para as unidades sedimentares ocorrentes no gráben seria do tipo fluvial entrelaçado (Ketzer, 1997). No entanto, neste modelo até então proposto, deveriam prevalecer litologias bem selecionadas, pois no transporte de grãos em um sistema fluvial há uma segregação granulométrica bem mais eficiente. Além disso, esse modelo gera em maior quantidade de geometrias lenticulares e côncavas, devido à escavação de canais, além do que, as barras de acresção lateral deveriam ser mais abundantes e espessas quando se trata de canais perenes. Ainda nesse modelo, as geometrias tipo lençoide ou tabulares estariam em baixa proporção devido a sua restrição a uma planície de inundações.

Contudo, na região foram encontradas em maior proporção geoformas tabulares e lençoides, as superfícies de acresção lateral são escassas, e as litologias são invariavelmente mal selecionadas. Essas características contradizem o modelo fluvial anteriormente proposto.

Além disso, o processo deposicional que gera níveis micáceos não se enquadra com o modelo fluvial entrelaçado. Em contrapartida, enquadra-se perfeitamente no modelo de fluxos de baixa densidade, quando ocorre a fase de afogamento. Nessa fase, os fluxos são afogados pelo lago transgressivo e formam vórtices que irão desagregar e gerar plumas de flotação a partir das quais decantam as micas.

Assim, esse trabalho faz a proposição de um novo modelo deposicional que atende as características da situação geológica encontrada, qual seja de um sistema efêmero composto por fluxos progradantes de baixa densidade subaquosos, denominados inunditos, que geram litologias mal selecionadas porque o agente transportador não é tão eficaz na segregação textural. Além disso, por ser um evento efêmero, não há retrabalhamento do material depositado, o que explica a inexistência de superfícies de acresção lateral expressivas, visto que, canais efêmeros tem migração pouca lateral e tendem a desconfinar.

5. CONCLUSÕES

No setor sudoeste do Gráben Arroio Moirão, foi possível identificar:

- As macroformas de relevo: mesas e cuestas suaves;
- As microformas de relevo: lençoides e tabulares, em maior proporção.
- Trinta e nove fácies distribuídas ao longo de dez perfis colunares;
- Nove sequências deposicionais granodecrescentes ascendentes limitados por superfícies-chave;
- Cinco superfícies-chave com extensão lateral significativa, pois passíveis de rastreamento.
- A ocorrência de caulinita como marcador estratigráfico;
- A presença de um conglomerado blocoso a seixoso, com estratificação cruzada tangencial incipiente, monomítico, com seixos quartzosos arredondados como marco-estratigráfico basal.
- Feições iniciais de paleoalteração;
- Duas famílias de lineamentos expressivas: NE/SW, NW/SE.
- Posicionamento das unidades no triássico, mais precisamente, na Formação Santa Maria 2 devido a identificação da *flora dicroidium*. Logo as unidades são correlatas com a Bacia do Paraná (supersequência Gondwana II).
- Um novo modelo deposicional para a área de estudo: fluxos de baixa densidade, inunditos;

6. REFERÊNCIAS

- Barberena M. C., Bortoluzzi C.A. 1977. Bioestratigrafia preliminar da Formação Santa Maria. *Pesquisas*, 7:111-129.
- Dalrymple, R.W. 2010. Interpreting sedimentary successions: facies, facies analysis and facies models. In: James N.P. & Dalrymple, R.W. (eds.). 2010. *Facies Models 4*. St. John (Canada) : Geological Association of Canada, p. 3-18.
- Fernandes, L.A.D.; Menegat, R. & Costa, A. F. U. 1995a. Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Riograndense: Parte I – Uma contribuição a partir do registro geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 351-374.
- Fernandes, L.A.D.; Menegat, R. & Costa, A. F. U. 1995b. Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte II - Uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4):375-384.
- Franco, R .R. 1944. A faixa estanífera do Rio Grande do Sul. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v.44, 5-54.
- Gradstein, F. M., Agterberg, F. P., Ogg, J. G., Hardenbol, J., Van Veen, P., Thierry, J. & . Huang, Z. 1995. A Triassic, Jurassic, and Cretaceous time scale. *SEPM Special Publication* 54.
- Holz, M.; Küchle, J., Philipp, R. P., Bischoff. A. P & Arima, N. 2006. Hierarchy of tectonic control on stratigraphic signatures: base-level changes during the Early Permian in the Paraná Basin, southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v.22, 185-204.
- Jost, H. 1981. Geology and metallogeny of the Santana da Boa Vista Region, Southern Brazil. Athens-EUA. Tese de Doutorado. The University of Georgia, 208 p.
- Kerr, P. F. 1977. Optical mineralogy. 4.ed. New York : McGraw-Hill, 1977. 492 p. : il.
- Ketzer, M. 1997. Cronoestratigrafia das unidades gondwanicas preservadas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense (Formação Caneleiras). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 215 p.
- Klein, C. & Dutrow, B. 2012. Manual de Ciências dos Minerais. 23^a ed.
- Leinz, V. & Pinagel, H. (1945). A mina de estanho Campinas, Município de Encruzilhada, RS. *Boletim da Divisão de Fomento e Produção Mineral*, DNPM, Rio de Janeiro, n. 70, 99.
- Lisle, R.J., Brabham, P., Barnes, J. 2014. Mapeamento Geológico; Guia de campo. [Tradução de Rualdo Menegat et al.]. Porto Alegre : Bookman, 231 p.
- Menegat, R. & Scherer, C.M.S. 1993. Formação Caneleiras (RS): Devoniana ou Permotriássica?; Critérios para o enquadramento estratigráfico de sequências isoladas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1., Rio Claro(SP). Resumos expandidos IG/UNESP. 90-93.
- Menegat, R., Scherer, C.M.S., Ketzer, J.M.M. & Caravaca, G. 1995. Discordância entre a Formação Rio Bonito e a Sequência Rio do Rastro/ Sanga do Cabral da Bacia do Paraná na

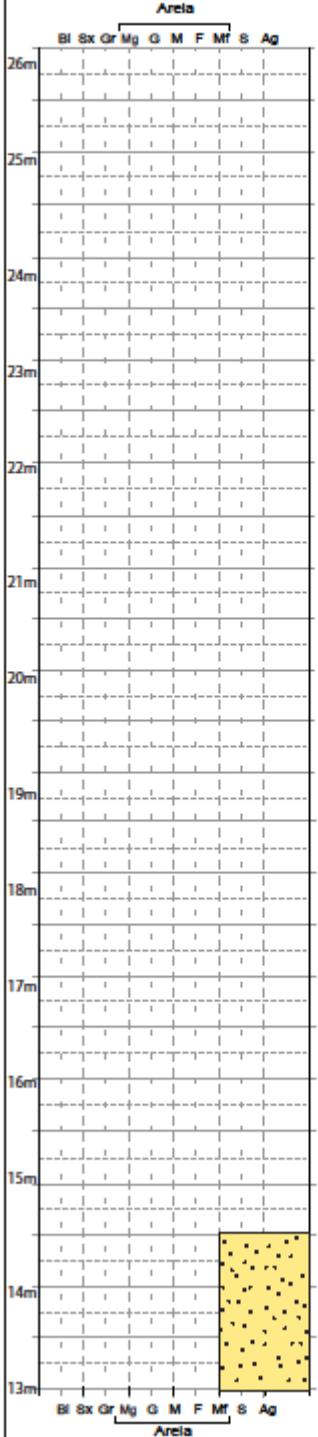
- região de Encruzilhada do Sul, RS: Implicações tectônicas. In: Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, 2., Porto Alegre. *Boletim de Resumos CIGO/UFRGS*. 42-44.
- Meunier, A. 2005. Clays. France: University of Poitiers, 472 p.
- Mial, A.D., 1990. Principles of Sedimentary Basin Analysis, 2nd ed., Springer-Verlag, 668p.
- Milani, E. J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-occidental. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul,. 2 v, 255 p.
- Milani, E. J.; Faccini, U. F.; Scherer, C. M. S.; Araújo, L. M.; Cupertino, J. A. 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. *Boletim IG-USP*, São Paulo, n. 29. 125-173.
- Milani, E. J., & Thomas Filho, A. Sedimentary basins of the South America. In: U. G. Cordani, E. J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (eds.) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro. ed. Eps. XXXI International Geological Congress , Rio de Janeiro-Brasil, p. 389-449.
- Milani, E. J. 2004. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso Neto, V., Bartorelle, A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves, B.B., *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca: 265-279.
- Milani, E. J; Melo, J. G.; Souza, P.A.; Fernandes, L. A. & França, A. B. 2007. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, n. 2, 265-287.
- Mizusaki, A.M.P., 1986. Rochas igneo-básicas do Neocomiano da Bacia de Campos. Caracterização e comportamento como reservatório de hidrocarbonetos. Rio de Janeiro: Inst. Geof. UFRJ. 104p. (Dissertação de Mestrado, inédita).
- Pierini, C.; Mizusaki, A.M.P. 2007. Significados Paleoambientais e Paleoclimáticos dos Paleossolos: Uma revisão. *Revista Pesquisas em Geociências*, 34(1): 45-61.
- Posamentier, H.W. & James, D.P., 1993. An overview of sequence-stratigraphic concepts: uses and abuses, In H.W. Posamentier, C.P. Summerhayes, B.U. Haq and G.P. Allen, eds., *Sequence stratigraphy and facies associations*: Oxford, Blackwell, p. 3-18.
- Posamentier, H.W. & Vail, P.R., 1988. Eustatic Controls on Clastic Deposition II –Conceptual Framework. In: Wilgus, C.K. et al (eds.). *Sea Level Changes. An integrated Approach*. Tulsa, Oklahoma: SEPM Geology, Special Publication n.42, p. 125-154.
- Posamentier, H.W., & G.P. Allen., 1993. Variability of the sequence stratigraphic model: effects of local basin factors: *Sedimentary Geology*, v. 86, p. 91-109.
- Postma, G., 2014. Generic autogenetic behaviour in fluvial systems: lessons from experimental studies, Int. Assoc. Sedimentol. Special publication, 46, p. 1-18.
- Walker, S.F., 1984. *Learning Theory and Behaviour Modification*, London, Methuen, New Essential Psychology Series, p. 184.

- Walker, R.G. 2006. Facies Models Revisited : Introduction. In: Posamentier, H.W. & Walker, R.G. (eds.). 2006. *Facies Models Revisited*. Tulsa Society for Sedimentary Geology, SEPM Special Publication 84, p. 1-18.
- Ramos, V.A., Mpodozis, C., Kay, S., Cortes, J.M. & Palma, M.A. 1986. Paleozoic terranes of the Central Argentine-Chilean Andes. In: Copyright (eds.) 1986.. *Tectonics*, v.5. p. 855–880.
- Ruban D. A.; Zerfass H. & Pugatcheve V.I, 2009.Triassic synthsems of southern South America (southwestern Gondwana) and the Western Caucasus (the northern Neotethys), and global tracing of their boundaries. *Journal of South American Earth Sciences*. n.28, 155–167.
- Schultz, C. L., 1995. Subdivisão do Triássico do Rio Grande do Sul com base em Macrofósseis: problemas e perspectivas. *Comunicação do Museu de Ciências e Tecnologia – UBEA/ PUCRS. Série Ciências da Terra*, 1:25-32.
- Tessari, R. I. & Picada, R. S. 1966. Geologia da quadrícula de Encruzilhada do Sul, Brasil. *Boletim da Divisão de Fomento e Produção Mineral*, Rio de Janeiro, DNMP, n.124, 147.
- Vail, P.R. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part. 3: Relative Changes of Sea from Coastal Onlap. *AAPG Memoir*. 26, 63-81.
- Walker, R.G. 1992. Facies, facies models and modem stratigraphic concepts. In: Walker, R. G. & James, N. P. (eds.). 1992. *Facies Models: Response to Sea Level*. St. John's (Canada) : Geological Association of Canada, p. 1-25.
- Zavala, C., M. Arcuri, M. Di Meglio, H. Gamero Diaz, and C. Contreras. 2011. A genetic facies tract for the analysis of sustained hyperpycnal flow deposits. In: R. M. Slatt and C. Zavala. (eds.). 2011. *Sediment transfer from shelf to deep water - Revisiting the delivery system*: AAPG Studies in Geology 61, p. 31–51.
- Zerfass, H. 2003. História tectônica e sedimentar do Triássico da Bacia do Paraná (Rio Grande do Sul, Brasil) e comparação geológica com as bacias de Ischigualasto e de Cuyo (Argentina). Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.. 191p.
- Zerfass, H., Chemale Jr., F., Schultz, C. L. & Lavina, E. L. 2004. Tectonics and sedimentation in Southern South America during Triassic. *Sedimentary Geology*, 166, 265-292.

ANEXO: PERFIS COLUNARES DA ÁREA DE ESTUDO

Perfil Colunar: PGMA012				Data: 05.01.14	
Localização: Pinheiro Machado - RS. UTM: 0287388 E / 6559255 N				Escala: 1:50	
Altura (m)	Areia	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição
13m					
12m					
11m			Amf(m)		Camada tabular de arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, amalgamado.
10m					
9m		S ₀ = 20/334	Lm(lpp)		Camada tabular de lamito, com fissilidade e laminação plano paralela, avermelhado.
8m					
7m					
6m			Amf(m)		Camadas tabulares de arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, amalgamado.
5m					
4m					
3m					
2m			Af/Sx(gn)		Arenito fino a seixoso, quartzo-feldspático, avermelhado, com graduação normal.
1m			Am(bxa)		Arenito médio, quartzo-feldspático, avermelhado, com estratificação cruzada de baixo ângulo, e mica.
0m			Am(m)		Arenito médio, quartzo-feldspático, avermelhado, maciço, com mica.

Perfil Colunar: PGMB008-A (continua em PGMB008-B)								Data: 05.01.14
Localização: Pinheiro Machado - RS.								Escala: 1:50
	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição				
Areia								
13m	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								
0m								
Areia	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag							
13m								
12m								
11m								
10m								
9m								
8m								
7m								
6m								
5m								
4m								
3m								
2m								
1m								

Perfil Colunar:PGMB008-B Localização: Pinheiro Machado - RS. UTM: 0285545 E / 6555427 N								Data: 05.01.14 Escala: 1:50
Areia								Descrição
								Obs. Fácies Fotos
13m								Arenito muito fino, quartzo-feldspático, avermelhado, maciço. Amf(m)

Perfil Colunar: PGMB009-A (continua em PGMB009-B, C e D)				Data: 06/01/14
Localização: Fazenda dos Rosa				Escala: 1:50
Obs.	Fácies	Fotos	Descrição	
Areia Sx Gr Mg G M F Mf S Ag	P=325	102.	Camadas festomadas de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial com graduação normal intraestratal, seixos quartzosos esparsos de até 3 cm, pavimento basal de intraclastos argilosos de até 10 cm.	
		99,100, 101.	Arenito conglomerático, seioso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial com graduação normal intraestratal, com intraclastos argilosos na base de até 47 cm e clastos angulosos de quartzo de até 3 cm.	
		86 e 87.	Camada tabular de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada plano-paralela de (mp) médio porte e graduação normal intraestratal; mal selecionado, com seixos de quartzo angulosos dispersos, mica e fração fina significativa cerca de 5%.	
		92, 93 e 94.	Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela, e mica.	
		98.	Camadas tabulares de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial de grande porte com graduação normal intraestratal. Com grãos angulosos e alguns clastos esparsos de até 4 cm de quartzo, mal selecionado.	
		95 e 96.	Arenito conglomerático, seioso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial com graduação normal intraestratal, com intraclastos argilosos na base de até 20 cm.	
		91.	Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela e níveis de siltito. Localmente, cataclasado.	

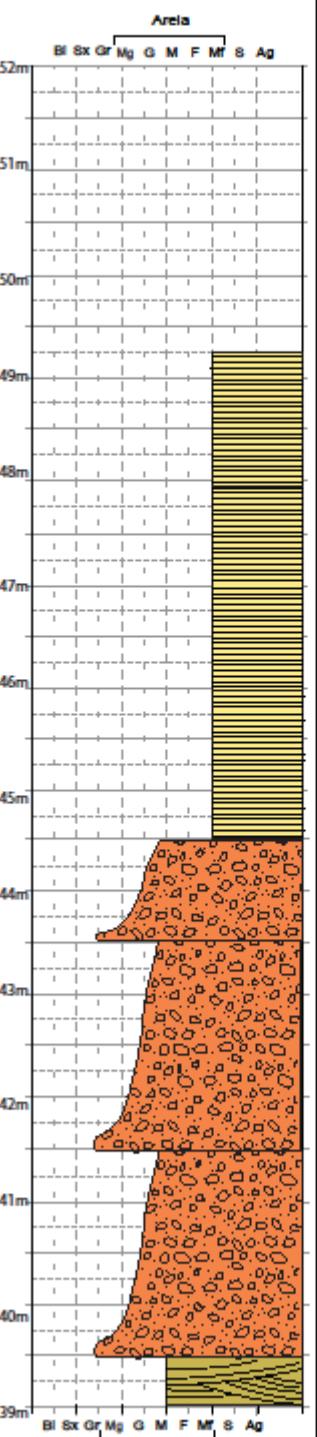
Perfil Colunar: PGMB009-B (continua no PGMB009-C e				Data: 06/01/14
Localização: Fazenda dos Rosa				Escala: 1:50
Arena	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição
26m. Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag		Ag(t)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.
25m.		Amf(lpp)		Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela, e mica.
24m.		Ag(t)f, nSx/Gr	88,89.	Camadas festonadas de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, estratificação cruzada tangencial com graduação normal intraestratal.
23m.				
22m.				
21m.				
20m.				
19m.				
18m.				
17m.				
16m.				
15m.				
14m.				
13m.				
Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag Arena		Ag(t)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial com graduação normal intraestratal, mal selecionado, em sua textura tem grãos tamanho areia fina e muito grossa dispersos, por vezes, com intraclastos argilosos na base de até 10 cm.

Perfil Colunar: PGMB009-C (continua no PGMB009-D)		Data: 06/01/14			
Localização: Fazenda dos Rosa		Escala: 1:50			
		Obs.	Fácies	Fotos	Descrição
39m	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag		Encoberto		
38m					
37m					
36m					
35m					
34m					
33m					
32m					
31m					
30m					
29m					
28m					
27m					
26m	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag		Ag(m)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.
	Areia		Amg(t)		Arenito muito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial com graduação normal intraestratal e mica..
			Lm(ipp)		Camada tabular de lamito, avermelhado, com boa fissilidade e laminação plano-paralela, rede de fratura ortogonal, apresenta níveis de areia fina, mal selecionado.
			St(m)		Camada tabular de siltito, avermelhado, maciço.
			Af(ipp)		Camadas tabulares de arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela, e níveis micáceos marcando a laminação.
			Encoberto		

Perfil Colunar: PGMB010-A				Cota: 140 m.	Data: 08/01/14
Localização: Cerro Rosado - Pinheiro Machado/ RS. UTM: 0288211 E/ 6557270 N				Escala: 1:50	
Altura (m)	Areia	Obs.	Fácie	Fotos	Descrição
13m	Bl Sx Gr G M F Mf S Ag		Acg/Sx-Gr(t) Cg/Bl(mj)	29-34 69-72	Arenito conglomerático seixoso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial e gradação normal intraestratal, intraclastos argilosos.
12m			Af(lpp)	26-28	Conglomerado blocoso, intraformacional, avermelhado, maciço, com intraclastos argilosos.
11m			Am(t)		Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela, e micas, com níveis de siltito.
10m			Ag(t)f, nSx/Gr	23-25	Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial, e intraclastos e seixos marcando a estratificação.
9m			Cg/Sx(t) Ag(t) Acg/Gr(m) Ag(m) Acg/Sx-Gr(m)		Camada festonada de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial e gradação normal intraestratal, intraclastos argilosos e seixos na base dos sets.
8m	Bl Sx Gr G M F Mf S Ag		Af(m)		Conglomerado seixoso, avermelhado, com estratificação cruzada tangencial, e intraclastos argilosos.
7m			Ag(m)	68	Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, com intraclastos.
6m			Af(m)		Arenito conglomerático granuloso a seixoso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, com intraclastos.
5m			Amf(lpp)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.
4m					Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.
3m			Af(m)		Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela.
2m	Bl Sx Gr G M F Mf S Ag		Acg/Sx-Gr(m) St(lpp)		Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.
1m			Amf(lpp)	18-22 e 108-110.	Siltito com fissilidade, laminado, avermelhado. Flora dicroidium.
0m	Bl Sx Gr G M F Mf S Ag		Cg/Bl-Sx(t)	16 e 17	Arenito muito fino, avermelhado, com laminação plano-paralela, com fragmentos de carvão e concreções ferruginosas de até 4,5 cm.
					No topo, crosta laterítica.

Perfil Colunar: PGMB010-B (continua no PGMB010-C e D)				Data: 08/01/14
Localização: Cerro Rosado - Pinheiro Machado/ RS.				Escala: 1:50
UTM: 0288211 E / 6557270 N				
Obs.	Fácies	Fotos	Descrição	
26m	Am(t)		Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspártico, com estratificação cruzada tangencial.	
25m	Acg/Sx-Gr(m) Amf(m)		Arenito conglomerático seixoso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspártico, maciço. Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspártico, maciço.	
24m	Ag(t), nSx/Gr	39-42	Camada tabular de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspártico, com estratificação cruzada tangencial e gradação normal intraestratal. Com seixos e grânulos na base dos sets. Níveis tabulares de siltito.	
23m	St(lpp)		Camada tabular de siltito laminado, avermelhado, com mica.	
22m	Af(m)	73	Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspártico, maciço, mal selecionado, com mica.	
21m	St(lpp)		Camada tabular de siltito laminado, avermelhado, com mica.	
20m	Am(m)		Arenito médio, quartzo-feldspártico, avermelhado, maciço, com mica.	
19m	Ag(m)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspártico, maciço.	
18m	Cg/Sx(t)		Conglomerado seixoso, avermelhado, com estratificação cruzada tangencial.	
17m	St(lpp)	35-38	Camada tabular de siltito, laminado, avermelhado.	
16m	Af(m)		Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspártico, maciço. Com rede de fraturas ortogonais. Com níveis centimétricos de arenito grosso e siltito.	
15m	Ag(t)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspártico, com estratificação cruzada tangencial, com intraclastos argilosos e seixos na base dos sets.	
14m	Acg/Sx-Gr(m)		Arenito conglomerático seixoso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspártico, maciço.	
13m				

Perfil Colunar: PGMB010-C (continua no PGMB010-D)				Data: 08/01/14	
Localização: Cerro Rosado - Pinheiro Machado/ RS.				Escala: 1:50	
Obs.	Fácies	Fotos	Descrição		
Areia	Am(t)	76	Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.		
	Ag(t)f, nSx/Gr			Camadas festonadas de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial com graduação normal intraestratal, níveis de seixos e grânulos quartzosos na base da estratificação.	
	Ag(t)gp, nSx/Gr			Camadas tabulares de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial de grande porte com graduação normal intraestratal, níveis de seixos e grânulos quartzosos na base da estratificação.	
	Amf(lpp)			Arenito muito fino, rosado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela.	
	Am(t)			Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.	
	Acg/Sx-Gr(t)			Arenito conglomerático, granuloso a seixoso, avermelhado, com estratificação cruzada tangencial, com intraclastos argilosos ($\Phi_{máx}$ = blocos) e seixos quartzosos na base dos sets.	
	Amf(lpp)			Arenito muito fino, rosado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela.	
	Am(t)	75		Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.	
	Amf(lpp)			Arenito muito fino, rosado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela.	
	Am(t)			Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.	

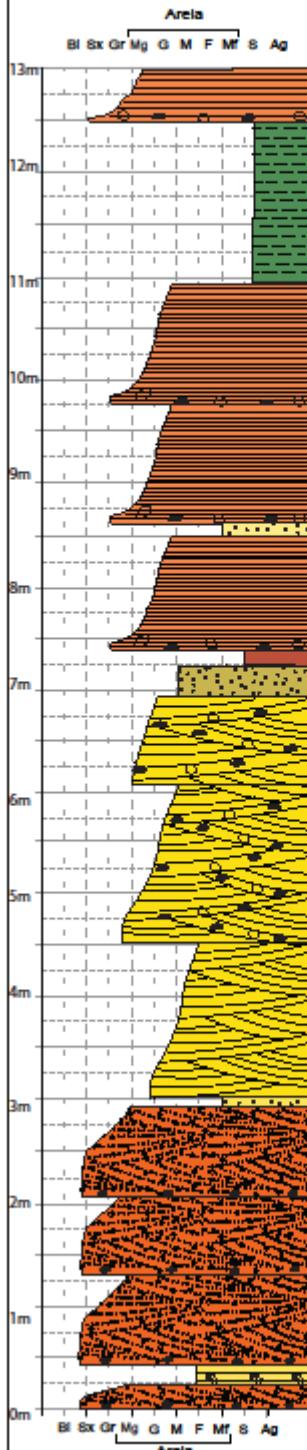
Perfil Colunar: PGMB010-D Localização: Cerro Rosado - Pinheiro Machado/ RS. UTM: 0288211 E/ 6557270 N				Data: 08/01/14 Escala: 1:50
	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição
				
		Amf(lpp)		Arenito muito fino, rosado, quartzo-feldspático, com laminação plano-paralela.
		Acg/Sx-Gr(m)		Arenito conglomerático, seixoso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.
		Am(t)		Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.

Perfil Colunar: PGMC002-A (continua no PGMC002-B)				Data: 05/01/2014
Localização: Fazenda Santa Suzana, segundo distrito de Pinheiro Machado-RS. UTM: 287936 E / 6558173 N.				Escala: 1:50
	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição
13m		Ag/Sx(t)		Arenito grosso seioso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, com seixos quartzosos dispersos e intraclastos argilosos subangulares com moderada esfericidade, de até 9 cm.
12m	St(m)			Siltito, avermelhado, maciço.
11m		Ag(tyf, nSx/Gr	05.	Camadas festonadas de arenito grosso, avermelhado, com estratificação cruzada tangencial com graduação normal intraestratal, com seixos quartzosos de até 1,5 cm na base dos sets.
10m		Ag/Sx(t)		Arenito grosso seioso, com estratificação cruzada tangencial, seixos quartzosos subangulares de até 2 cm, com intraclastos argilosos subangulares de até 4 cm.
9m		Amf(m)		Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.
8m		Ag/Sx(t)		Arenito grosso seioso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial, seixos de até 3 cm.
7m	f= (038/76)	St(pp)		Siltito, avermelhado, com laminação plano-paralela, mal selecionado (grãos de arenito muito fino dispersos), bem silicificado. Estrutura de escape de fluidos perturbando a laminação.
6m		Amf(m)		Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.
5m		Ag(m)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.
4m		Agf(cpp)		Arenito fino, com estratificação cruzada plano-paralela.
3m		Ag(m)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.
2m		Agf(cpp)		Arenito fino, com estratificação cruzada plano-paralela.
1m		Agc/Sx- Gr(t)	10-13	Arenito grosso, com estratificação cruzada de baixo ângulo, moderadamente selecionado, com intraclastos argilosos de até 30 cm, e seixos quartzosos dispersos de até 3 cm.
0m		Ag(t)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.
		Amf(m)		Arenito muito fino, avermelhado, maciço.
		Ag(t)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.
		Amf(m)		Arenito muito fino, quartzo-feldspático, maciço.
		Ag(t)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.
		Amf(m)		Arenito muito fino, quartzo-feldspático, maciço.
		Ag/Sx(t)		Arenito grosso seioso, quartzo-feldspático, maciço.
		Amf(m)		Arenito grosso seioso, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial.
		Ag(t)		Arenito muito fino, quartzo-feldspático, maciço.
				Arenito grosso, com estratificação cruzada tangencial, e seixos quartzosos dispersos de até 3,5 cm.

Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag
Areia

Perfil Colunar: PGMC002-B								Data: 05/01/2014
Localização: Fazenda Santa Suzana, segundo distrito de Pinheiro Machado-RS.								Escala: 1:50
	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição				
Altura (m)								
26m								
25m								
24m								
23m								
22m								
21m								
20m								
19m								
18m								
17m								
16m								
15m								
14m		Ag/Sx(t)		Arenito grosso seixoso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, mal selecionado, com composição predominantemente quartzosa, seixos de quartzo dispersos e intraclastos argilosos subangulares com moderada esfericidade de até 9 cm.				
13m								

Perfil Colunar: PGMC004-A (continua no PGMC004-B)			Cota: 137m	Data: 06/01/14
Localização: Na fazenda Santa Rita em Pinheiro Machado -RS. UTM: 0288796 E/ 6559599 N				Escala: 1:50
Obs.	Fácies	Fotos	Descrição	
DRX e MEV.	Acg/Sx-Gr(lpp)	82, 83 e 84	Arenito conglomerático, avermelhado, quartzo-feldspátiico, com estratificação plano-paralela e graduação normal intraestratal, seixos de quartzo e feldspato. Com biotita e diques clásticos convergentes de até 80x30 cm.	
	Lm(lpp)	58, 59, 111, 112.	Lamito, avermelhado, com boa fissilidade e laminação, rede de fratura ortogonal. Dique clástico passa para fratura nessa camada, não se preserva.	
	Acg/Sx-Gr(lpp)		Arenito conglomerático, avermelhado, quartzo-feldspátiico, com estratificação plano-paralela e graduação normal intraestratal, pavimento basal de seixos de quartzo e intraclastos argilosos de até 6 cm. Tem dique clástico cortando-o.	
	Amf(m)		Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspátiico, maciço.	
	Acg/Sx-Gr(lpp)		Arenito conglomerático, avermelhado, quartzo-feldspátiico, com estratificação plano-paralela e graduação normal intraestratal, e seixos de quartzo e feldspato, Ømáx=2,5 cm e intraclastos argilosos.	
	St(m)		Siltito, avermelhado, maciço.	
	Am(m)		Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspátiico, maciço.	
	Ag/Sx(t)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspátiico, com estratificação cruzada tangencial e graduação normal intraestratal. Com seixos e intraclastos argilosos de até 8 cm na base dos sets.	
	Ag(t)		Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspátiico, com estratificação cruzada tangencial e graduação normal intraestratal.	
	Af(m)		Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspátiico, maciço.	
P=08° (N)	Acg/Sx-Gr(t)	53-57	Arenito conglomerático, avermelhado, quartzo-feldspátiico, com estratificação cruzada tangencial e graduação normal intraestratal, pavimento basal de seixos quartzosos e feldspáticos, e intraclastos argilosos (Ømáx=54 cm).	
	Amf(lpp)f	50-52	Arenito muito fino, com laminação plano-paralela e estrutura de carga.	
	Acg/Sx-Gr(t)	46-49	Arenito conglomerático, avermelhado, quartzo-feldspátiico, imaturo, com estratificação cruzada tangencial e graduação normal intraestratal, pavimento basal de seixos de quartzo, feldspato e intraclastos argilosos angulosos, Ømáx= 47 cm. Com biotita.	



Perfil Colunar: PGMC004-B								Data: 06/01/14
Localização: Na fazenda Santa Rita em Pinheiro Machado -RS. UTM: 0288796 / 6559599								Escala: 1:50
Altura (m)	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição				
26m								
25m								
24m								
23m								
22m								
21m								
20m								
19m								
18m								
17m								
16m	St(l)	66, 67, 80 e 81		Camada tabular de siltito, avermelhado, laminado, silicificado, com níveis de cerca de 3 cm de arenito grosso na base, mal selecionado, com grãos de areia média dispersos.				
15m	Ag(t)f, nSx/Gr	62-63		Camadas festonadas de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada tangencial e pavimento basal seixoso. Com climbing ripples.				
14m	Am(m)			Camada tabular de arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.				
13m	Ag/Sx-Gr(lpp)	64-65 60-61		Camada tabular de arenito grosso a seixoso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação plano paralela e estrato crescência. Com pavimento basal de intraclastos argilosos (\varnothing máx=14 cm) e seixos de quartzo e feldspato.				
	Ag(m)			Camada tabular de arenito grosso a seixoso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.				
	Ag/Sx-Gr(lpp)			Camada tabular de arenito grosso a seixoso, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação plano paralela e estrato crescência, com biotita.				

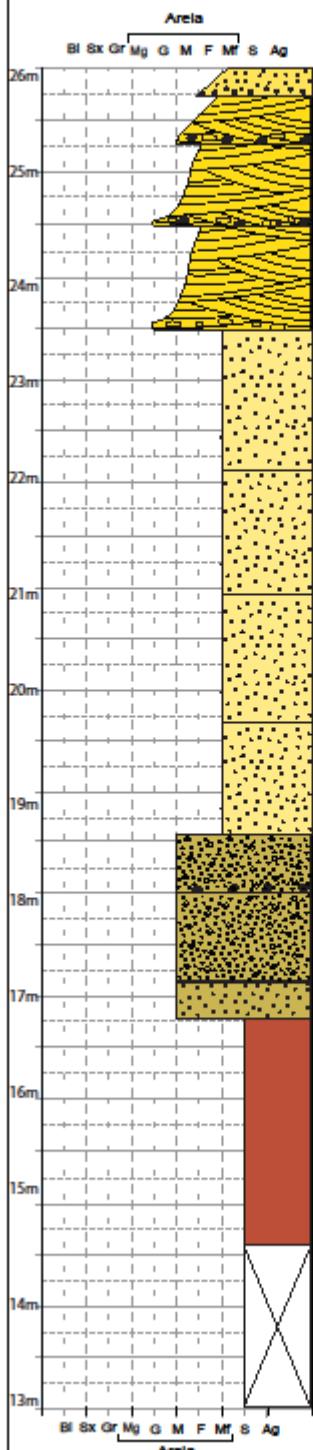
Perfil Colunar: PGMC007-A (continua em PGMC007-B e C)				Data: 08/01/14	
Localização: Pinheiro Machado - RS. UTM: 0299547 E / 6558211 N				Escala: 1:50	
Altura (m)	Areia	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição
13m	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag				Camada tabular de siltito, avermelhado, laminado.
12m			St(lpp)		
11m					
10m					Camada tabular de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, com pavimento basal de seixos quartzosos, Ømáx= 1,0 cm.
9m					
8m			Ag(m)		Camada tabular de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, com pavimento basal de seixos quartzosos angulosos com moderada esfericidade, Ømáx=3,0 cm. Com lentes de siltito de 50 cm de comprimento e 7 cm de espessura.
7m					
6m					Camada tabular de arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, com alguns seixos quartzosos dispersos, Ømáx=2 cm.
5m					
4m					
3m			St(lpp)		Camada tabular de siltito, avermelhado, laminado, com moscovita.
2m					
1m					
0m	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag Areia				

Perfil Colunar: PGMC007-B (continua em PGMC007-C)		Data: 08/01/14			
Localização: Pinheiro Machado - RS.		Escala: 1:50			
Altura (m)	Areia	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição
26m	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag				
25m					
24m					
23m					
22m					
21m					
20m					
19m					
18m					
17m			St(pp)	6-9	Camadas tabulares de siltito, avermelhado, laminado, com lentes de arenito grosso, maciço, variando lateralmente para muito fino. Lentes com até 1 m de espessura e 7 m de comprimento.
16m					
15m					
14m					
13m					
	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag				
	Areia				

Perfil Colunar: PGMC007-C								Data: 08/01/14
Localização: Pinheiro Machado - RS.								Escala: 1:50
	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição				
Areia								
Bl Bx Gr Mg G M F Mf S Ag								
39m								
38m								
37m								
36m								
35m								
34m								
33m								
32m								
31m								
30m								
29m	St(m)			Camada tabular de siltito, avermelhado, maciço, silicificado.				
28m	Amf/Am(gn) St(m) Amf/Am(gn) St(m)			Camada tabular de arenito muito fino a médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com gradação normal. Camada tabular de siltito, avermelhado, maciço. Camada tabular de arenito muito fino a médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com gradação normal. Camada tabular de siltito, avermelhado, maciço.				
27m	Amf/Am(gn)			Camada tabular de arenito muito fino a médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com gradação normal, e grãos angulares, silicificado. Com moscovita.				
26m								

Perfil Colunar: PGMC009-A (continua no PGMC009-B e C)				Data: 09/01	
Localização: Passando a fazenda Santa Rita, 6km UTM: 0287132 E / 6558351 N				Escala: 1:50	
Obs.	Fácies	Fotos	Descrição		
Areia	Encoberto	1-4	Camada tabular de siltito, rosado, maciço, mal selecionado, com grãos quartzosos de areia fina dispersos.		
	St(m)				
	Am/Mf(gn)				
	Ag/Sx-Gr(lpp)		Arenito grosso a seixoso, rosado, quartzo-feldspático, com estratificação plano-paralela e graduação normal intraestratal, com seixos quartzosos subangulosos dispersos, $\Phi_{\text{máx}}=2,0$ cm.		
	St(m)				
	Amf(m)				
	St(m)		Camada tabular de siltito, rosado, maciço, com rede ortogonal de fraturas.		
	Am(m)				
	Cg/Sx-Gr(m)	85			
	Ag(m)				
	Amf(m)	14 e 15	Conglomerado granuloso a seixoso, rosado, maciço, com seixos de quartzo subangulosos, $\Phi_{\text{máx}}=3,0$ cm.		
	Cg/Bi-Sx(t)				
			Arenito grosso, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, silicificado.		
			Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço.		
			Conglomerado matriz-suportado de blocos e seixos, avermelhado, maciço, monomítico, clastos subangulares quartzosos, $\Phi_{\text{máx}}=10$ cm.		

Perfil Colunar: PGMC009-B (continua no)				Data: 09/01
Localização: Passando a fazenda Santa Rita, 6km				Escala: 1:50
Obs.	Fácies	Fotos	Descrição	
26m	Amf/Am(gn)		Arenito muito fino a médio, rosado, quartzo-feldspátiico, com gradação normal e moscovita.	
25m	Ag/Sx(t)		Arenito grosso, seixoso, rosado, quartzo-feldspátiico, com estratificação cruzada tangencial, com pavimento basal de intraclastos argilosos, $\Phi_{\text{máx}}=7$ cm e seixos quartzosos, $\Phi_{\text{máx}}=3$ cm.	
24m	Ag/Sx(t)		Arenito grosso, seixoso, rosado, quartzo-feldspátiico, com estratificação cruzada tangencial, com pavimento basal de seixos quartzosos subangulosos, $\Phi_{\text{máx}}=3$ cm.	
23m				
22m	Amf(m)			
21m			Camadas tabulares de arenito muito fino, rosado, quartzo-feldspátiico, maciço, com moscovita, bem silicificado, amalgamado.	
20m				
19m				
18m	Am/Sx(m)		Arenito médio, rosado, quartzo-feldspátiico, com seixos dispersos, $\Phi_{\text{máx}}=2,2$ cm e intraclastos argilosos na base, $\Phi_{\text{máx}}=5$ cm.	
17m	Am/Sx(m)		Arenito médio, rosado, quartzo-feldspátiico, com seixos quartzosos subangulosos dispersos, $\Phi_{\text{máx}}=2,5$ cm.	
16m	Am(m)		Arenito médio, rosado, quartzo-feldspátiico, maciço, grãos subangulares e com moderada esfericidade.	
15m	St(m)		Camada tabular de siltito, rosado, maciço, mal selecionado, com grãos quartzosos de areia fina dispersos.	
14m	Encoberto			
13m				



Perfil Colunar: PGMA-013		Data: 09/01/201			
Localização: Pinheiro Machado - UTM: 0287388 E / 6559255 N		Escala: 1:50			
Altura (m)	Areia	Obs.	Fácies	Fotos	Descrição
13m	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag				Arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada de baixo ângulo. Com lentes de arenito grosso, com estratificação cruzada acanalada.
12m					
11m					
10m					
9m			Af(bxa)		
8m					
7m					
6m					
5m			Af(m)		Camadas tabulares de arenito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço, com mica, amalgamado.
4m					
3m					
2m			Amf(m) Amf(bxa) Am(bxa) Amf(bxa)		Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, maciço. Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada de baixo ângulo. Arenito médio, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada de baixo ângulo. Arenito muito fino, avermelhado, quartzo-feldspático, com estratificação cruzada de baixo ângulo.
1m					
0m	Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag Areia		Acg/Sx- Gr(gn)		Arenito conglomerático, seixoso a granuloso, avermelhado, quartzo-feldspático, com gradação normal.