

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**PROCESSOS, FÁCIES E GEOMETRIA DO SISTEMA
TURBIDÍTICO DA FORMAÇÃO TACIBA / MEMBRO
RIO SEGredo, FAIXA AFLORANTE
NORTE CATARINENSE**

LYGIA RODRIGUES DE MORAES DE ANDRADE

Orientador: Prof. Dr. Joel Carneiro de Castro

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional, para obtenção do título de Mestre em Geociências (Área de Análise e Evolução de Bacias Sedimentares).

Rio Claro (SP)
2010

551.7
A553p Andrade, Lygia Rodrigues de Moraes de
 Processos, fácies e geometria do sistema turbidítico da
Formação Taciba/Membro Rio Segredo, faixa aflorante norte
catarinense / Lygia Rodrigues de Moraes de Andrade. - Rio
Claro : [s.n.], 2010
 85 f. : il., figs., quadros, fots., mapas + mapa

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Joel Carneiro de Castro

 1. Geologia estratigráfica. 2. Turbidito argiloso. 3.
Turbidito arenoso fino. 4. Ciclo de fácies. 5. Sistema
deposicional. 6. Sequência de alta frequência. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Joel Carneiro de Castro (UNESP) - Orientador

Prof. Dra. Maria Rita Caetano Chang (UNESP)

Prof. Dr. Luiz Carlos Weinschütz (UnC)

Lygia Rodrigues de Moraes de Andrade
Mestranda

Rio Claro, 17 de Abril de 2009

Resultado: **APROVADA**

Dedicatória

Agradeço aos meus pais, Luiz Eduardo e Lígia Maria, pela educação e incentivo ao estudo; afinal, foram meus principais educadores! Eles me ensinaram o que nenhuma universidade jamais agregará a ninguém... Saberei retribuir e passar a frente todo o amor, carinho e respeito recebidos até hoje. Só tenho a dizer que os amarei para sempre.

Ao Gustavo Dorota Carreiro de Mello por todos esses anos de cumplicidade. Por ele, me embrenhei numa nova vida de felicidade diversa, amor incondicional e superação a todo instante. À primeira vista, apenas caronas passageiras que, por fim, resultaram em sua presença assídua dentro do meu coração. Assim... o amor chegou para mim.

Por fim, ao pequeno grande Chaplin... Quem me conhece irá entender...

Agradecimentos

A confecção de uma dissertação de mestrado exige grande dedicação e amor ao que se faz e, como muitos pensam, não é elaborada por apenas uma pessoa e sim por uma massa de gente, cada qual trabalhando ao seu modo e tempo para a obtenção de um resultado primoroso. Devo a todos, desde os que me contemplaram com um simples sorriso emanando empolgação pela manhã até os que vivenciaram em tempo integral o meu humor inconstante, um imenso obrigado. Sem a ajuda e o apoio de pessoas que nos prezam, pode-se ter certeza, a decadência é um rumo certo.

A Deus por todas as graças alcançadas, saúde e paz de espírito.

À Agência Nacional do Petróleo (ANP) por intermédio do PRH-05 (Programa de Recursos Humanos), na concessão da bolsa de estudo e de todo o investimento financeiro implantado em etapas de campo. Sem coletas de dados, não haveria trabalho algum.

Ao orientador Prof. Dr. Joel Carneiro de Castro que me acolheu como sua pupila. Comprovei toda a dedicação que esse profissional tem pela geologia e não me esquecerei da seguinte frase: “Dou aos meus orientandos trabalhos que eu mesmo gostaria de realizar”.

A todos os queridos amigos (graduandos e pós-graduandos) conquistados ao longo desses dois anos. Em especial a Simone Ferreira Diniz e Letícia Hirata Godoy pela ajuda na reta final desta dissertação.

Em especial às amigas. Eloiza Squisato, Jacqueline Peixoto Neves e Sâmia Passarela. Amizades como essas enriquecem e enobrecem a existência de qualquer pessoa.

Aos companheiros de campo Luah Walsh, Liliane Maia Tcacenco e Luiz Carlos Weinschütz. Além da competência e ensinamentos agregados, ajudaram-me muito contrabalançando os humores.

Ao grande amigo Osmair Santos Ferreira pela importante ajuda e estímulo desde a época de graduação. Agradeço também ao Iata Anderson de Souza que mesmo passando por difíceis momentos me deu provas da sua amizade.

Aos educadores Dimas Brito e Maria Rita Caetano Chang pelos meus desabafos fora de hora. Suas orientações foram de grande valia e de suma importância na conquista do título de mestre.

A todos os colegas, funcionários e professores da Universidade Estadual Paulista (UNESP), que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação.

Eu agradeço

"Um diamante é um pedaço de carvão que se saiu bem sob pressão."

(Anônimo)

"Existem apenas duas maneiras de ver a vida. Uma é pensar que não existem milagres e a outra é que tudo é um milagre."

(Albert Einstein)

"É graça divina começar bem. Graça maior persistir na caminhada certa. Mas a graça das graças é não desistir nunca."

(Dom Hélder Câmara)

"Não importa o tamanho da montanha, ela não pode tapar o sol."

Provérbio Chinês.

Resumo

Os membros Lontras (Formação Campo Mourão) e Rio Segredo (Formação Taciba) constituem uma sucessão marinha de folhelhos e arenitos turbidíticos, que está encaixada entre diamictitos glaciais daquelas formações. O folhelho Lontras tem uma centena de metros na faixa aflorante norte catarinense, contendo em sua porção superior a fácies “folhelho várvido”, na verdade um estrato com graduação de siltito a folhelho (T_{de}) em escala milimétrica e que é considerado como sendo o turbidito distal da sucessão. O turbidito Rio Segredo tem de 15 a 25 m e consiste de estratos gradacionais portando sequência Bouma em diversas escalas: muito delgado (1 a 3 cm; T_{de} e T_{cde}), delgado (3 a 10 cm; T_{cde} e T_{bcde}), médio (10 a 30 cm; T_{bcde} e T_{abcde}), espesso (30 a 100 cm; T_{abc}) e muito espesso (acima de 1,0 m; T_{abc}). Há ainda uma divisão “superior” do Membro Rio Segredo normalmente com 10 a 20 m de espessura, que contém turbiditos areno-argilosos muito delgados (T_{cde} e T_{de}).

Foram levantados sete perfis faciológicos de detalhe, escala 1:50, de modo a registrar turbiditos com até 5 cm de espessura (1 mm no perfil). Posteriormente, quatro desses perfis foram cronocorrelacionados em uma seção norte-sul: Forquilha, Wiegand, Laeisz e Dona Emma, numa extensão de 28 km. A esta seção foi acrescentado o perfil Taiózinho, localizado 30 km a oeste do Forquilha, entre os dois últimos (semelhança faciológica com o Laeisz). Identificaram-se sete sistemas deposicionais, com uma média de 3 m de espessura por sistema e contidos em três sequências de alta frequência.

Os sistemas deposicionais são formados por ciclos turbidíticos de origem marinha, encontrados principalmente nos perfis Laeisz e Taiózinho, com uma organização ascendente de adelgaçamento e granodecrescência. Outros ciclos turbidíticos, esses de origem deltaica, são encontrados nos perfis Forquilha e Dona Emma, possuindo organização de espessamento e granocrescência ascendente. Neste caso, incluem-se estratos espessos até “gigantes” (6 m) com feições indicativas de água rasa ou deformação plástica em sua base, associada a cortes erosivos de canal, além de rara estratificação cruzada tabular.

Um possível análogo são os turbiditos de textura fina e geometria em lençol da Bacia Tanqua-Karoo, Neopermiano do sul da África, com uma arquitetura similar ao Membro Rio Segredo, porém, tendo cinco ciclos prográdantes de lobos turbidíticos sobre folhelhos baciais. Esta unidade de turbiditos ocorre em uma área de dimensão comparável (650 km^2), mas tem espessura muito maior (350 m), e é considerada toda de água profunda.

Palavras-chave: 1. Turbidito argiloso, 2. Turbidito arenoso fino, 3. Ciclo de fácies, 4 Sistema deposicional, 5. Sequência de alta frequência.

Abstract

The Lontras shale and overlying Rio Segredo sandstone are members of Campo Mourão and Taciba formations, corresponding to shelf marine and turbidite deposits; they are encased in glacial diamictites of those formations. The Lontras shale is 100 m thick in northern Santa Catarina outcrop belt and it displays a “varved shale” facies in its upper portion. In reality, it represents many mm-scale beds with Bouma sequence T_{de} , and therefore distal, argillaceous turbidites. The Rio Segredo Member is 15 to 25 m thick and contain beds of different thicknesses: very thin (1 to 3 cm; T_{de} and T_{cde}), thin (3 to 10 cm; T_{cde} and T_{bcde}), and medium beds (10 to 30 cm; T_{bcde} and T_{abcde}). Also, thick (30 to 100 cm) and very thick beds (thicker than 1 m) displays massive or graded sandstones with disperse laminations and cross-laminations resembling T_a , T_b and T_c intervals of Bouma sequence. There is also a Rio Segredo “upper” division with 10 to 20 m thick, consisting of very thin turbidites (T_{cde} and T_{de}).

Seven detailed facies logs were constructed at 1:50 scale, to represent even 5 cm thin beds (1 mm). Later, four of the logs were put in a north-south stratigraphic section (28 km in length): Forquilha, Wiegand, Laeisz and Dona Emma, in a 28 km extension. A fifth log, Taiózinho (distant 30 km west of Forquilha), was added to the section between the last two logs, because of its facies similarity with Laeisz log. Seven depositional systems are identified, averaging 3 m thick in, thickness, and they belong to high frequency sequences.

The systems are composed of turbidite cycles of marine origin, found mainly in Laeisz and Taiózinho logs: they form thinning- and fining-upward cycles. Turbidite cycles of deltaic origin are observed in Forquilha and Dona Emma logs as thickening-up and coarsening-up cycles. In the latter, are included “giant beds” (6 m thick) with shallow water features or plastically deformed, basal turbidite beds closely associated with erosive channels, besides a rare occurrence of tabular cross-bedded sandstone.

A possible analogue is found in the blanket, fine-grained Tanqua-Karoo turbidites, south Africa (Late Permian). They have similar stratigraphic architecture with Rio Segredo Member but with five prograding turbidite lobes over basinal shales. The turbidite unit occurs in a reasonable size area (650 km²), but is thicker (350 m) and considered to be deposited into deep water.

Key words: 1. Argillaceous turbidite, 2. Fine-grained sandy turbidite, 3. Facies cycle, 4. Depositional system, 5. High-frequency sequence.

Lista de Figuras

- Figura 1:** Quadro estratigráfico (parcial) da Bacia do Paraná enfatizando o folhelho Lontras (LNT) e o arenito Rio Segredo (RSE) dentro do Grupo Itararé. Modif. Milani et al. (1994).....2
- Figura 2:** Mapa geológico da faixa aflorante do norte catarinense, com localização dos sete perfis levantados neste trabalho. Modif. Santos et al. (1986) – Projeto borda leste da Bacia do Paraná (DNPM/CPRM). 6
- Figura 3:** (A) Perfil-tipo da Formação Taciba para os estados do PR e SP. (B) Seção estratigráfica BB', Santa Catarina, destacando a distribuição, em sub-superfície, do folhelho Lontras e dos membros da Formação Taciba. *Datum:* topo do Grupo Itararé (modif. FRANÇA; POTTER, 1988). 10
- Figura 4:** Painel estratigráfico para a borda leste da Bacia do Paraná, do sul de Santa Catarina (Criciúma) ao leste de São Paulo (Imbicatu). Notar a divisão tripartite (inferior, médio e superior) proposta para o Grupo Itararé e o progressivo *onlap* sul dessas unidades. T – Membro Triunfo, S – Membro Siderópolis (modif. MEDEIROS; THOMAZ-FILHO, 1973). 10
- Figura 5:** Perfil-tipo da Formação Rio do Sul, destacando-se o folhelho Lontras sotoposto ao arenito Rio do Sul (Membro Rio Segredo). Fonte: Modif. Schneider et al. (1974).....11
- Figura 6:** Seção estratigráfica da Formação Rio do Sul em Santa Catarina, com seus cinco sistemas deposicionais. Em destaque, o arenito Rio do Sul (RS – Membro Rio do Segredo). Modif. Gonçalves; Tommasi (1974). 12
- Figura 7:** (A) Isópacas da Formação Rio do Sul com seus três sistemas marinhos profundos (modif. CASTRO, J. C., 1980a). (B) Isópacas e províncias deposicionais da Formação Rio do Sul (modif. CASTRO, J. C., 1980b). 14
- Figura 8:** Seção estratigráfica do centro (BN-1-SC) ao sul catarinense (PB-15). Destaca-se a seção marinha profunda com turbiditos espessos a delgados (Membro Rio Segredo), que terminam ao sul do poço RL-4 (modif. CASTRO, J. C., 1991). 14

Figura 9: Arcabouço estratigráfico da sucessão Taciba – Triunfo (RB-T), da borda (poços BN-1 a PN-2) ao interior-oeste da Bacia do Paraná (MB-1 a TV-2). O folhelho Lontras (Lt) forma um ciclo com o arenito Rio Segredo (R. Seg), ou este forma a base de uma sequência deposicional (SI). 1 = varvito; 2 = folhelhos e turbiditos finos; 3 = diamictito; 4 = arenito/turbidito e 5 = arenito deltaico. CS, RS = membros Chapéu do Sol e Rio do Sul. R₀ e R₁ = deltas iniciais. Fonte: modif. Castro, J. C. (1995).....15

Figura 10: Correlação estratigráfica dos perfis Rio do Chapéu e Bonsucesso/Dr. Pedrinho. O folhelho Lontras (f) é sucedido pelo turbidito Rio Segredo, com estratos espessos e delgados (te, td). Sistemas: DG – deglaciação, D – deltaico, G – glacial e F – fluvial. Fonte: modif. de Castro, M. R. (1998). 16

Figura 11: Correlação estratigráfica N-S entre Dona Emma (P1) e Lontrinha (P4), mostrando o 1º ciclo com folhelho várvido Lontras (Fr) e “ritmito” = turbidito Rio Segredo (Rd, Rm, Re; perfil P1), e o 2º ciclo, com fácies glaciais (De, Dcg, ASd; perfil P1) passando lateralmente a turbiditos mais novos que os do Rio Segredo = 1º ciclo (SILVA, 2005).....18

Figura 12: Fácies da porção superior do Membro Lontras: folhelho “várvido” (A, B e C), portando *cone-in-cone* (B), e turbiditos delgados (D e E). A foto F ilustra varvito com abundantes *dropstones* na base do Membro Lontras, sucedidos por folhelhos normais. Turbiditos muito delgados (1 a 3 cm) na “divisão superior” do Membro Rio Segredo (G e H). Escalas: caneta e lápis = 15 cm; martelo = 27,7 cm e enxada = 1,10 m. 22

Figura 13: Estratos e fácies de turbiditos arenosos (ver texto). Escalas: martelo = 27,7 cm; régua = 30 cm; prancheta = 33 cm e enxada = 1,10 m.....25

Figura 14: Perfil faciológico dos turbiditos do Membro Rio Segredo nas proximidades do rio Forção e ilustrações de seus principais estratos e fácies (ver texto). Fotos A a F: grande afloramento ao lado da rodovia. Fotos G e H: outro afloramento, levantado estrada acima, se sobrepondo ao anterior. Notar a união entre os perfis faciológicos, a 10,15 m. “e” = deformação sinsedimentar, “a” = “alto” do folhelho Lontras. Escalas: martelo = 27,7 cm e enxada = 1,10 m. ..29

Figura 15: Perfil faciológico dos turbiditos do Membro Rio Segredo nas proximidades do rio Vigante (Wiegand) e ilustrações de seus principais estratos e fácies (ver texto). Escalas: lápis = 15 cm; martelo = 27,7 cm; régua = 30 cm e prancheta = 34 cm. 33

Figura 16: Perfil faciológico dos turbiditos do Membro Rio Segredo nas proximidades do ribeirão da Laje (Laeisz) e ilustrações de seus principais estratos e fácies (ver texto). Notar lâminas inclinadas assintóticas (seta vermelha) na foto G. Escala: martelo = 27,7 cm. 37

Figura 17: Perfil faciológico dos turbiditos do Membro Rio Segredo nas proximidades do ribeirão Taiózinho e ilustrações de seus principais estratos e fácies (fotos A a I). Na foto J, contato “transicional” Lontras/Rio Segredo no ribeirão da Prata. Escala: martelo = 27,7 cm. 41

Figura 18: Fotos A e B: Visão geral do afloramento/perfil Dona Emma, com seus dois ciclos folhelho várvido/arenito: Fv-I/RS-I e Fv-II/RS-II (vide perfil e fotos de detalhe na Figura 19). Fotos C e D: Ciclo inferior do perfil Dona Emma, representado por folhelho várvido milimétrico (Fv-I) e turbidito delgado a espesso do Membro Rio Segredo (RS-I). Afloramentos (fotos C e D) localizados pouco adiante da grande pedreira (fotos A e B), no sentido Dona Emma da rodovia SC-421. 45

Figura 19: Perfis faciológicos Dona Emma - ciclo II e ilustrações de seus principais estratos e fácies. No perfil e fotos, ci = crevasse inferior; cs = crevasse superior (fotos D e E); as, at = arenito sigmoidal e de topo (fotos D a F e C, H, L); tmd = turbidito muito delgado (foto G). Escalas: martelo = 27,7 cm e enxada = 1,10 m. 48

Figura 20: Perfil Boa Vista, com seus estratos e fácies constituintes. 52

Figura 21: Afloramentos do perfil Mirador (rodovia Presidente Getúlio - Mirador). Escala: martelo = 27,7 cm. 54

Figura 22: Correlação cronoestratigráfica entre os perfis selecionados. Datum, contato Lontras/Rio Segredo. Sete ciclos (I-A a III-B) e três seqüências de alta freqüência (I, II e III). MK = marker. 57

Figura 23: A – Mapa de localização da área de estudo, no canto sudeste da Bacia Karoo, vizinha à Faixa Dobrada do Cabo (CFB) (modif. de GRECULA et al., 2003). B – Áreas dos dois complexos de leque de assoalho de bacia, Tanqua e Laingsburg, com o transporte de sedimentos a partir dos dois ramos da CFB (modif. de JOHNSON et al., 2001). 58

Figura 24: Cartas estratigráficas das Bacias Tanqua – Karoo (A) e Laingsburg – Karoo (B), com a posição dos turbiditos das formações Skoorsteenbergs e Laingsburg (Neopermiano), do Grupo Eccles (A – modif. de BOUMA; WICKENS, 1994; B – modif. de GRECULA et al., 2003). 59

Figura 25: Variações no padrão de empilhamento e fácies típicas de um ciclo deposicional, em diferentes elementos arquiteturais de um sistema turbidítico *channel-overbank* (GRECULA et al., 2003). 61

Figura 26: A – Diagrama ilustrativo do sistema de canais do leque 3 (modif. de JOHNSON et al., 2001). B – Mapa de isópacas do leque 3, integrando afloramentos e poços (intervalo de contorno, 5 metros; HODGSON et al., 2006)...62

Figura 27: Reconstruções paleogeográficas dos contornos de sistemas do leque 2 e 3. Linhas tracejadas mais espessas representam a base (estimada) do talude (HODGSON et al., 2006). 62

Figura 28: Painel N-S de correlação de três leques de assoalho de bacia (2, 3, 4) e do sistema de talude sobreposto (unidade 5), em sete poços com testemunhos e perfis Raio Gama (à direita de cada poço). Unidades sílticas separam os leques arenosos, e o tamanho máximo de grão é areia fina (modif. de HODGSON et al., 2006). 63

Figura 29: Leque 3, destacando a correlação de seções condensadas (verde), e usando a base do leque como *datum*. Notar geometrias clinoformais das seções condensadas mergulhando para a bacia (norte), e a geometria lobada da unidade arenosa mais inferior (JOHNSON et al., 2001). 64

Figura 30: Sumário da estratigrafia dos elementos arquiteturais e geometrias em seções *dip* e *strike*, e das posições estratigráficas dos sistemas de leque, talude e plataforma da Bacia Tanqua-Karoo (JOHNSON et al., 2001). 65

Índice

	Página
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Justificativa	3
1.3 Localização e Acessos.....	4
1.4 Dados e Métodos	7
Capítulo 2 – Formação Taciba / Membro Rio Segredo.....	9
Capítulo 3 – Sucessão dos Membros Lontras e Rio Segredo	20
3.1 Análise Sedimentológica.....	20
3.1.1 Fácies lamítica dos “folhelhos” encaixantes	20
3.1.2 Turbiditos Arenosos.....	23
Capítulo 4 – Estratigrafia	26
4.1 Perfis Estratigráficos	26
4.1.1 Perfil Forcação	26
4.1.2 Perfil Wiegand (Rio Vigante)	31
4.1.3 Perfil Laeisz (Ribeirão da Laje).....	35
4.1.4 Perfil Taiózinho.....	39
4.1.5 Perfil Dona Emma	43
4.1.5.1 Perfil Dona Emma – ciclo I	43
4.1.5.2 Perfil Dona Emma – ciclo II	46
4.1.6 Perfil Boa Vista	50
4.1.7 Perfil Mirador	53
4.2 Correlação Estratigráfica.....	55
Capítulo 5 – Turbiditos da Bacia Tanqua-Karoo: um Análogo?	58
Capítulo 6 – Conclusões.....	66
Capítulo 7 – Referências Bibliográficas	68
APÊNDICE A – Mapa de Pontos.....	75
APÊNDICE B – Tabela de Pontos.....	76

CAPÍTULO 1

Introdução

A Formação Taciba, terço superior do Grupo Itararé, é constituída por um grande ciclo de afinamento ascendente, composto por conglomerado/arenito, diamictito e ritmito/siltito/folhelho, atribuídos aos membros Rio Segredo, Chapéu do Sol e Rio do Sul (FRANÇA; POTTER, 1988). Em 1994, Milani et al. modificaram, em sua coluna geológica (**Figura 1**), a cicloestratigrafia de França e Potter (op. cit.) ao eliminar o Membro Lontras do topo do terceiro ciclo de afinamento ascendente.

O Membro Rio Segredo é representado por turbiditos pertencentes a dois sistemas distintos, ocorrentes na borda leste da Bacia do Paraná, setor catarinense: leque canalizado ou confinado na porção central de Rio do Sul, e leque em lençol ou espalhado na área norte catarinense, este último, objeto de estudo da presente Dissertação (**Figura 2**).

Anteriormente, o “folhelho Lontras” juntamente ao intervalo sobreposto de turbiditos arenosos e areno-argilosos, posicionados na porção inferior da Formação Rio do Sul (SCHNEIDER et al., 1974), eram conhecidos como unidades de mapeamento “argilito várvido” e “ritmito” nos levantamentos de superfície da Petrobras ao sul do Paraná e em Santa Catarina. Aquela formação, como um todo, correspondia ao “intervalo superior” do Grupo Itararé (TOMMASI; RONCARATI, 1970; MEDEIROS et al., 1970). Assim, a Formação Rio do Sul de Schneider et al. (1974) corresponde à Formação Taciba de França e Potter (1988), exceto quanto ao Membro Lontras, posicionado por estes autores na parte superior da Formação Campo Mourão.

Em sua Dissertação de Mestrado, Castro, M. R. (1998) identificou o sistema marinho não glacial dos membros Lontras e Rio Segredo como um ciclo de progradação (1º ciclo), encaixado em sistemas glaciais da Formação Mafra (sotoposto) e um 2º ciclo da Formação Rio do Sul (litoestratigrafia de SCHNEIDER et al., 1974).

O presente trabalho também se preocupa com a identificação de análogos para o sistema turbidítico em lençol do Membro Rio Segredo. Dois modelos clássicos do Permiano foram avaliados, porém, esses apresentam um contexto tectônico divergindo assim do cenário cratônico encontrado na Bacia do Paraná. No caso da Bacia Delaware (margem passiva), a Formação Bone Spring apresenta reservatórios turbidíticos de baixa qualidade, produzindo em campos como o North Young (MONTGOMERY, 1997). Em superfície, o sistema turbidítico da Formação Brushy Canyon, imediatamente acima da Formação Bone Spring, foi documentado em publicação especial da revista *American Association of Petroleum Geologists* – AAPG (BEAUBOUF et al., 1999).

O segundo caso provém da África do Sul, de idade neopermiano: as sub-bacias Tanqua e Laingsburg, tipo *foreland*, na margem sudoeste da grande Bacia Karoo. Apesar desse contexto pouco usual para turbiditos, quando comparado ao intracratônico da Bacia do Paraná, tal modelo é o que apresenta maiores semelhanças com a sucessão Lontras/Rio Segredo (ver **Capítulo 5**).

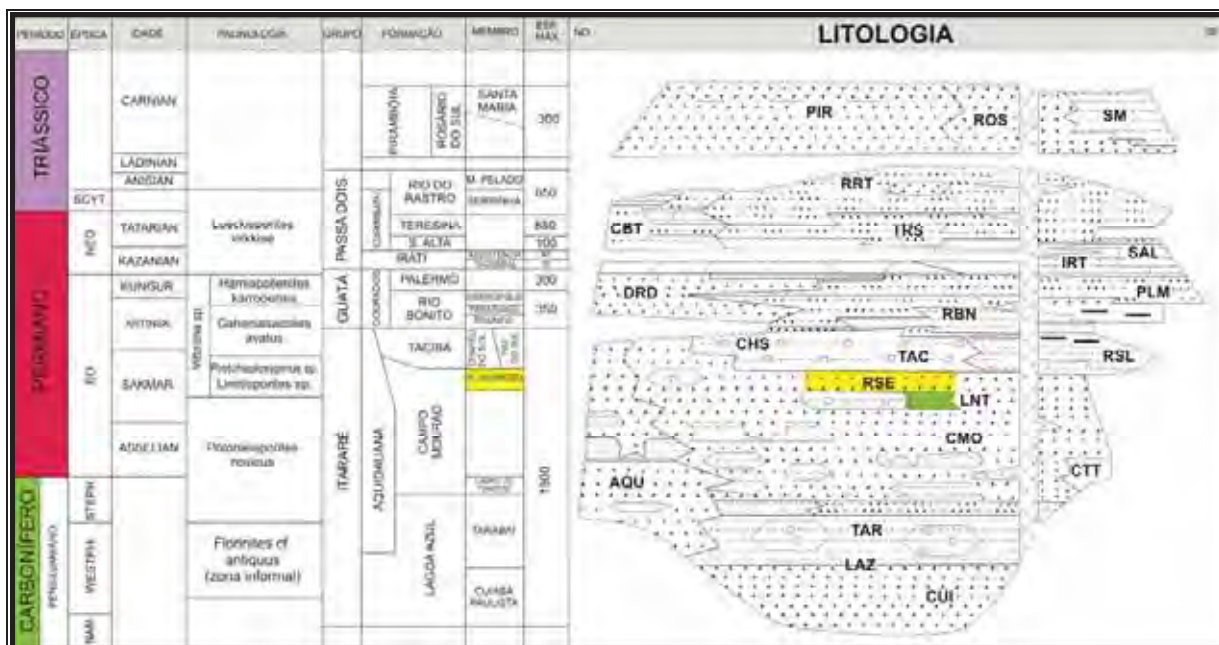


Figura 1: Quadro estratigráfico (parcial) da Bacia do Paraná enfatizando o folhelho Lontras (LNT) e o arenito Rio Segredo (RSE) dentro do Grupo Itararé. Modif. Milani et al. (1994).

1.1 Objetivos

O enfoque principal do trabalho baseia-se na caracterização da arquitetura estratigráfica detalhada do sistema turbidítico do Membro Rio Segredo que compõe o terço inferior da Formação Taciba dentro do Grupo Itararé.

Para consecução dessa proposta, foi definido um escopo de atividades e metas cujo desenvolvimento veio a nortear o andamento da pesquisa, quais sejam:

- ⇒ Caracterização das fácies, ciclos e geometrias dos sistemas turbidíticos dos membros Lontras (Formação Campo Mourão) e Rio Segredo (Formação Taciba), em um arcabouço cronoestratigráfico de sequências deposicionais; e
- ⇒ Comparação com sistemas análogos da literatura, principalmente o do Permiano do sudeste sul africano.

1.2 Justificativa

Turbiditos *sensu strictu* constituem um dos principais reservatórios de campos gigantes, em bacias de margem passiva, como Campos (Neocretáceo e Cenozóico), Mar do Norte (Paleogeno) e Costa do Golfo (Neogeno, em “bacias” intra-sal). Turbiditos estão associados a leques submarinos de base de talude sendo os primeiros modelos fornecidos por Mutti e Ricci Lucchi (1975) e Normark (1970; 1978). No primeiro caso, os autores propuseram um sistema de canal ou leque interno (canalizado), “desconectado” de um lobo deposicional ou leque externo (lobado). Já Normark, baseando-se em exemplos recentes, criou um modelo de leque *suprafan*, com canal “conectado” a lobos.

Tendo como base casos da literatura, geólogos da *Shell* também propuseram três tipos de reservatórios (CHAPIN et al., 1994): “canal-dique” (*channel-levee*), canal (*channel*) e lençol (*sheet*), este último, dividido em amalgamado e estratificado (*amalgamated, layered*) os quais correspondem ao modelo suprafan de Normark et al. (1979) e canal-lobo de Mutti e Normark (1987). No que diz respeito às bacias de Campos e Espírito Santo, Moraes et al. (2006) apresentaram uma classificação de reservatórios marinhos profundos baseando-se

em três tipos: “canais discretos”, “canais amalgamados” e “canais e lobos”. Nota-se uma correspondência aproximada entre as classificações de Moraes et al. (2006) e Chapin et al. (1994).

Na Estratigrafia de Sequência proposta pela Exxon (VAN WAGONER et al., 1988), os turbiditos ocorrem em três sistemas relacionados ao trato de mar baixo: (a) leque de assoalho de bacia (*basin-floor fan*), (b) leque de talude (*slope fan*) equivalente ao sistema de canal-dique (*channel-levee*) e (c) na base de clinoformas sigmoidais progradantes de deltas de margem de plataforma.

1.3 Localização e Acessos

A área de interesse foi delimitada em território brasileiro, na margem oriental da Bacia do Paraná, amplamente conhecida pela sua vasta faixa aflorante composta por diferentes unidades litoestratigráficas.

Baseando-se em trabalhos anteriores (CANUTO, 1994; CASTRO M. R., 1998; SILVA, 2005), pôde-se observar que as melhores exposições de rochas turbidíticas (Membro Rio Segredo), apresentando uma boa continuidade lateral, estão localizadas no norte catarinense. A partir daí, foram escolhidas duas áreas-alvo: a primeira englobando os municípios de Vitor Meireles, Witmarsum, Dona Emma, José Boiteux e Presidente Getúlio; e uma segunda, de menor extensão, entre os municípios de Dr. Pedrinho e Bonsucesso (**Figura 2** e/ou **Apêndice A**).

Em termos de localização geográfica, de acordo com as Unidades Transversas de Mercator – UTM, a área está situada nas coordenadas centrais 629.110 kmE / 7032.925 kmN ou entre os paralelos 26° 30' e 27° 00' de latitude Sul e os meridianos 50° 00' e 49° 30' de longitude Oeste.

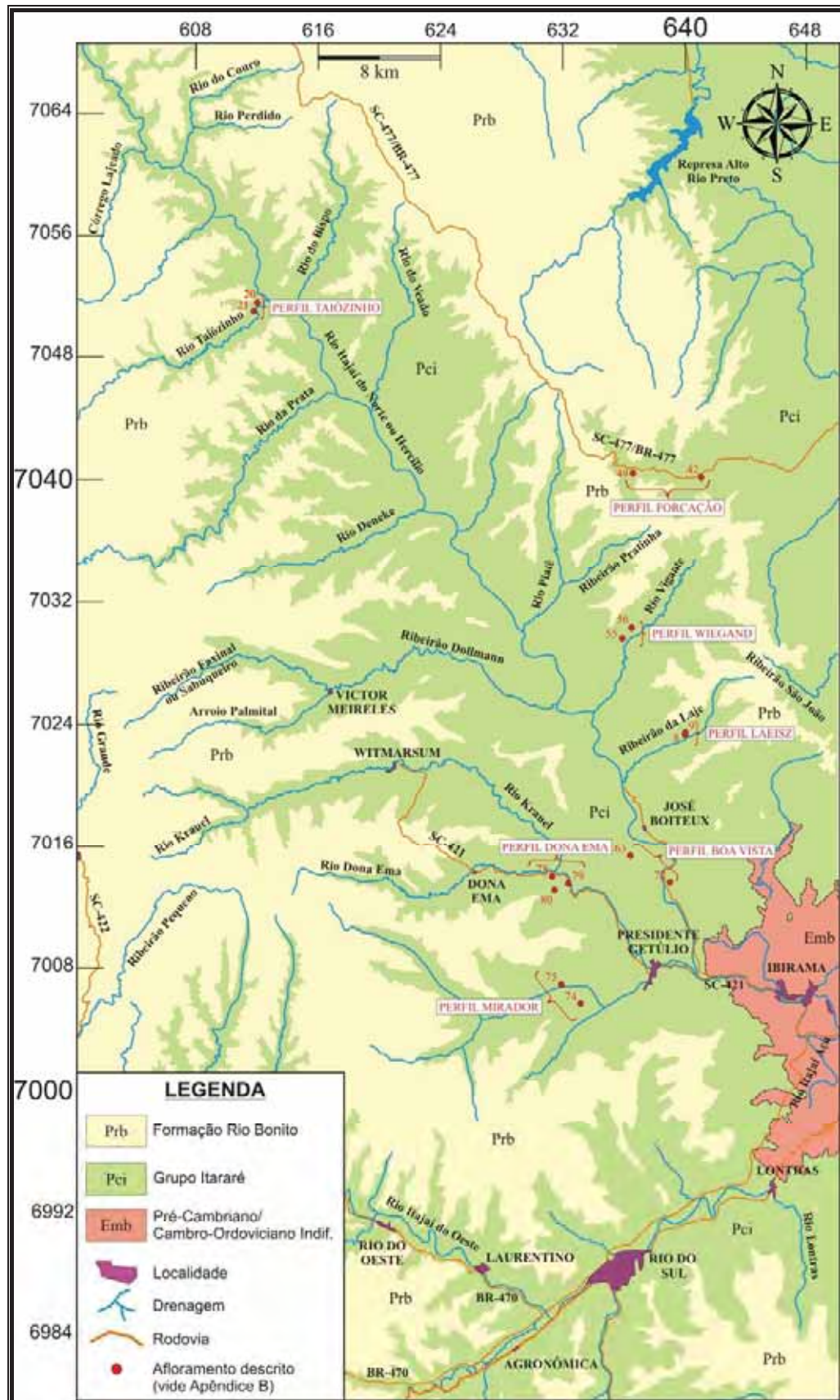
O rio Itajaí do Norte, também conhecido como rio Hercílio, constitui a drenagem mais importante da área estudada. A união desse grande tributário aos rios Itajaí do Sul, Itajaí do Oeste e Itajaí-Mirim gera a Bacia Hidrográfica do rio Itajaí-Açu, considerada como sendo a maior bacia totalmente inserida no estado catarinense. A oeste, a escarpa da Serra Geral se faz presente atuando como notável divisor de água. Com isso, o sistema de drenagem Itajaí-Açu

permanece inteiramente ligado à vertente litorânea, desaguardo diretamente no oceano Atlântico.

Inúmeros são os afluentes do rio Hercílio: ribeirão da Laje (Laeisz), rio Vigante (Wiegand), rio da Prata, rio Taiózinho entre outros. Em razão das cheias que impactavam frequentemente a área, foi erguida no município de José Boiteux, próxima da foz do rio Dollmann, a grande barragem do rio Itajaí do Norte.

O acesso a partir do estado de São Paulo se dá pelas rodovias SP-127 e SP-258. Esta última, ao adentrar no estado do Paraná, recebe a denominação de PR-151. Prosseguindo até a divisa estadual do Paraná com Santa Catarina, atinge-se a cidade de Mafra onde, pegando o sentido Itaiópolis pela estrada em estágio de pavimentação SC-421, alcança-se a região do rio Hercílio. Esta estrada secundária, que segue ao longo do vale, finaliza ao atingir a rodovia BR-470, em Ibirama.

Uma malha moderada de estradas secundárias corta o fundo do vale do rio Hercílio facilitando a chegada aos locais desejados. Quanto à região englobando Dr. Pedrinho e Bonsucesso, o acesso pode ser tanto vindo do noroeste, saindo de Itaiópolis rumo a Itaió pela rodovia BR-477, quanto oriundo de leste, a partir de Pomerode e Timbó, e do sul, pela BR-470 até se conectar com a BR-477 depois de passar pelo município de Ascurra.



1.4 Dados e Métodos

Os dados foram obtidos em afloramentos, cortes de estrada e pedreiras dos membros Lontras e Rio Segredo (porções “superior” da Formação Campo Mourão e “inferior” da Formação Taciba; FRANÇA; POTTER, 1988), em rodovias e estradas acompanhando o vale do rio Hercílio e alguns de seus afluentes, bem como pela BR-477, paralela ao rio Forquilha (Tabela de Pontos – **Apêndice B**).

Alguns afloramentos foram descritos com mais detalhe buscando a elaboração de perfis faciológicos verticais em escala 1:50, de modo a registrar turbiditos com até 5 centímetros de espessura (1 milímetro no perfil).

Posteriormente, cinco dos sete perfis levantados (localização na **Figura 2** e/ou **Apêndice A**) foram cronocorrelacionados por meio de uma seção estratigráfica, com *datum* estipulado no contato entre os membros Lontras e Rio Segredo (**Figura 22**).

Mapearam-se as seguintes unidades/sistemas: uma sequência composta pelo folhelho várvido do Membro Lontras (turbidito em escala milimétrica), e dois sistemas dentro do Membro Rio Segredo. Estes últimos, representados por turbiditos arenosos com espessura estratal variando de poucos centímetros a mais de um metro, ou areno-argilosos com espessura centimétrica a decimétrica. Com base em medidas de paleocorrentes, razão arenito:folhelho, espessuras e texturas/estruturas, mapeou-se a proveniência e distribuição dos turbiditos na área. Também é importante destacar que o folhelho Lontras possui intercalações de turbiditos areno-argilosos em sua porção superior (espessuras variando entre centimétricas até poucos decímetros), o que sugere uma certa gradualidade (progradação) na passagem para o arenito Rio Segredo.

O método telescópico (*zoom*) hierarquiza as unidades cronoestratigráficas:

- ⇒ Camada (*Bed*) ou Estrato (*Stratum*, pl. *Strata*), arenosa ou argilosa, neste caso correspondendo às fácies de ARENITO (turbidito com sequência Bouma) e FOLHELHO (“várvido” ou milimétrico, sequência T_{de} de Bouma);
- ⇒ Ciclo de Fácies (*Facies cycle* – CF), formado pelo par ARENITO (turbidito arenoso) e FOLHELHO (turbidito “argiloso”);

- ⇒ Conjunto de Ciclo de Fácies (*Facies Cycle Set* – CCF), com padrões estrato-decrescentes (*thinning-upwards*) de ciclos de fácies. Corresponde a um sistema turbidítico; e
- ⇒ Sequência Turbidítica, formada por um ou mais sistemas. Neste trabalho, foram identificados quatro sequências, uma no Membro Lontras e três no Membro Rio Segredo.

Para o CF e o CCF, é possível a aplicação dos predicados “progradante”, “agradante” e “retrogradante”, conforme o sentido da movimentação relativa do ciclo das fácies e do conjunto dos ciclos de fácies: para a frente, para cima e para trás. No caso dos sistemas turbidíticos dos membros Lontras e Rio Segredo, as fácies, trato de fácies e sistema deposicional são facilmente aplicáveis, conforme Mutti e Normark (1987). As fácies turbidíticas convencionais são formadas por estratos (semelhantes), contendo texturas e estruturas gradacionais (*graded bedding*), desde arenito até folhelho. A classificação de fácies se faz a partir da espessura estratal e respectivas texturas granodecrescentes: estratos delgados têm arenito gradando a folhelho, enquanto estratos médios e espessos são dominados por arenitos ou arenitos amalgamados com os intervalos T_{abc} e T_{ab} da sequência Bouma. Os conjuntos de ciclos progradantes e retrogradantes têm respectivamente as espessuras dos ciclos de fácies turbidíticas aumentando (*thickening*) ou diminuindo (*thinning*) nos sentidos vertical (ciclo) e horizontal (trato). Os sistemas progradante, agradante e retrogradante dos membros Lontras e Rio Segredo compõem um grande ciclo ou sequência, conforme a proposta desta Dissertação; à semelhança da Formação Skoorsteenberg (Neopermiano) da Bacia Tanqua-Karoo, sudoeste da África do Sul (BOUMA; WICKENS, 1994).

CAPÍTULO 2

Formação Taciba / Membro Rio Segredo

Em seu estudo de sub-superfície do Grupo Itararé (Neocarbonífero a Eopermiano), França e Potter (1988) identificaram e mapearam três grandes ciclos de granodecrescência ascendente, formados por conglomerado/arenito, diamictito, ritmito e siltito/folhelho. Esses ciclos receberam o *status* de Formação – Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba – nomes de localidades paulistas e paranaense. No caso do ciclo mais novo, Formação Taciba, suas litofácies foram formalizadas como membros Rio Segredo, Chapéu do Sol e Rio do Sul, nomes provindos de poços/localidades paranaenses exceto o último, da cidade homônima em Santa Catarina (FRANÇA; POTTER, 1988). A **Figura 3-A** apresenta a coluna da Formação Taciba proposta por França e Potter (1988) no poço-tipo 2-TB-1-SP. Essa estratigrafia representada por espesso arenito Rio Segredo e diamictito Chapéu do Sol (150 metros cada) é típica para São Paulo e Paraná; os depósitos finos do Membro Rio do Sul só ocorrem em Santa Catarina. Uma seção estratigráfica neste Estado sugere uma cronocorrelação dos membros Chapéu do Sol e Rio do Sul, assim como uma geometria tabular e espessura reduzida do Membro Rio Segredo (30 a 40 metros; **Figura 3-B**), bem menor que nos poços de São Paulo e Paraná.

Deve-se mencionar outra unidade de suma importância para este trabalho. Trata-se da litofácies siltico-argilosa do Membro Lontras, que encerra o ciclo/Formação Campo Mourão (cidade vizinha a Rio do Sul). Esta unidade, formalizada por França e Potter (1988), foi reconhecida inicialmente em mapeamento de sub-superfície da Petrobras (TOMMASI; RONCARATI, 1970; GONÇALVES; TOMMASI, 1974).

Medeiros et al. (1970) e Medeiros e Thomaz Filho (1973) apresentaram os resultados do Projeto Rio Bonito, obtidos através do levantamento e correlação de perfis de afloramentos na borda leste da Bacia do Paraná. Apesar de não constar

nenhum perfil levantado na área de interesse desta Dissertação, deve-se destacar aqui o painel cronoestratigráfico resultante daquele projeto (**Figura 4**): a divisão do Grupo Itararé em três intervalos (inferior, médio e superior) se baseou nas unidades “argilito basal”, “arenito” e “argilito várvido + ritmito” dos trabalhos de mapeamento da Petrobras (TOMMASI; RONCARATI, 1970). Esses intervalos vieram a constituir as formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul (SCHNEIDER et al., 1974; GONÇALVES; TOMMASI, 1974).

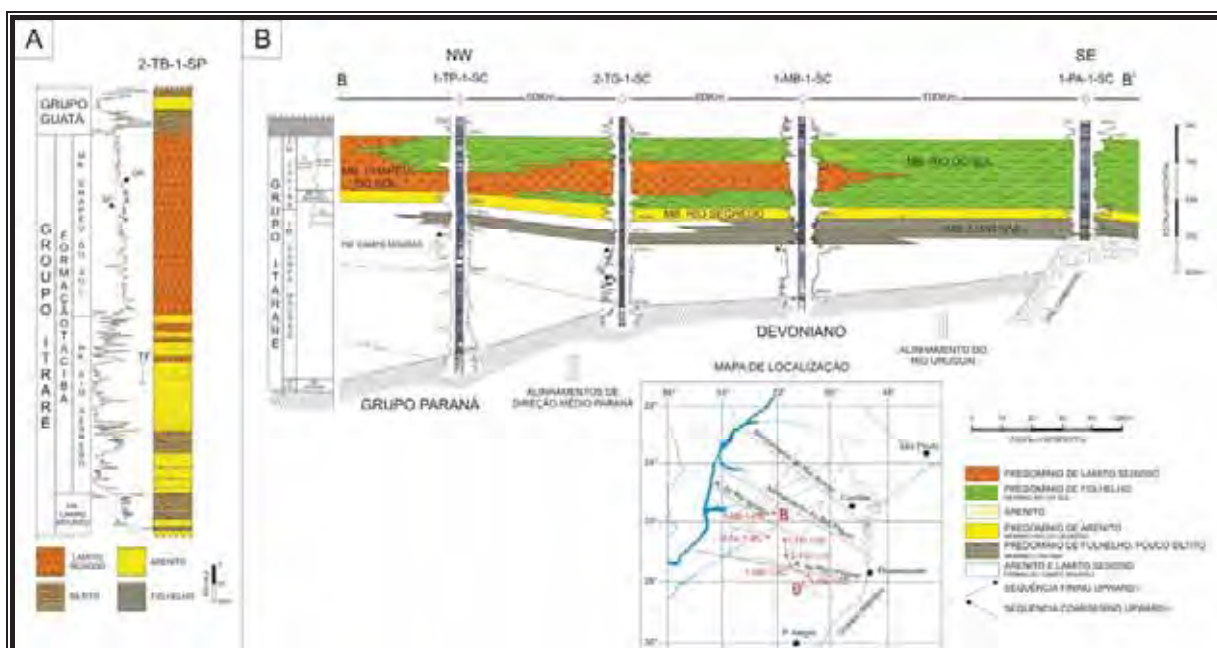


Figura 3: (A) Perfil-tipo da Formação Taciba para os estados do PR e SP. (B) Seção estratigráfica BB', Santa Catarina, destacando a distribuição, em sub-superfície, do folhelho Lontras e dos membros da Formação Taciba. *Datum*: topo do Grupo Itararé (modif. FRANÇA; POTTER, 1988).

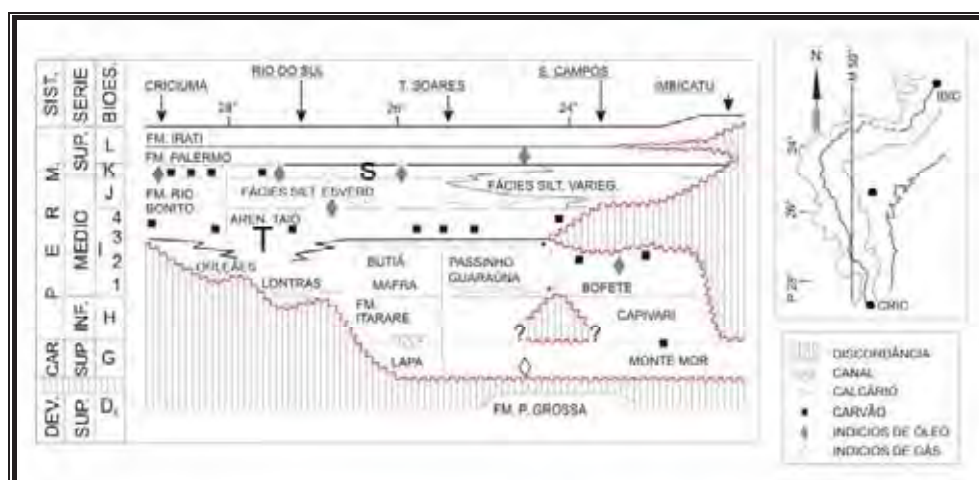


Figura 4: Paineis estratigráficos para a borda leste da Bacia do Paraná, do sul de Santa Catarina (Criciúma) ao leste de São Paulo (Imbicatu). Notar a divisão tripartite (inferior, médio e superior) proposta para o Grupo Itararé e o progressivo *onlap* sul dessas unidades. T – Membro Triunfo, S – Membro Siderópolis (modif. MEDEIROS; THOMAZ-FILHO, 1973).

A progressiva expansão para sul das unidades mais novas do Grupo Itararé, previamente conhecida pela Petrobras, também ficou caracterizada no trabalho de sub-superfície de França e Potter (1988): a Formação Lagoa Azul (Campo do Tenente) está restrita aos estados de São Paulo e Paraná, a Formação Campo Mourão (Mafra) avança até o norte catarinense, e a Formação Taciba (Rio do Sul) alcança o centro de Santa Catarina. Na verdade, esta última se estende de modo descontínuo, confinada a depressões ou paleovales, até o sul catarinense e Rio Grande do Sul (**Figuras 3, 4**). Para a Formação Rio do Sul, Schneider et al. (1974) citam uma espessura máxima de 350 metros, tendo o folhelho basal Lontras ou Camada Guaraúnas (seu equivalente no Paraná), uma espessura uniforme em torno de 50 metros, enquanto o intervalo sobreposto de arenito e diamictito (equivalente ao Membro Rio Segredo) variando entre 40 e 200 metros (**Figura 5**).

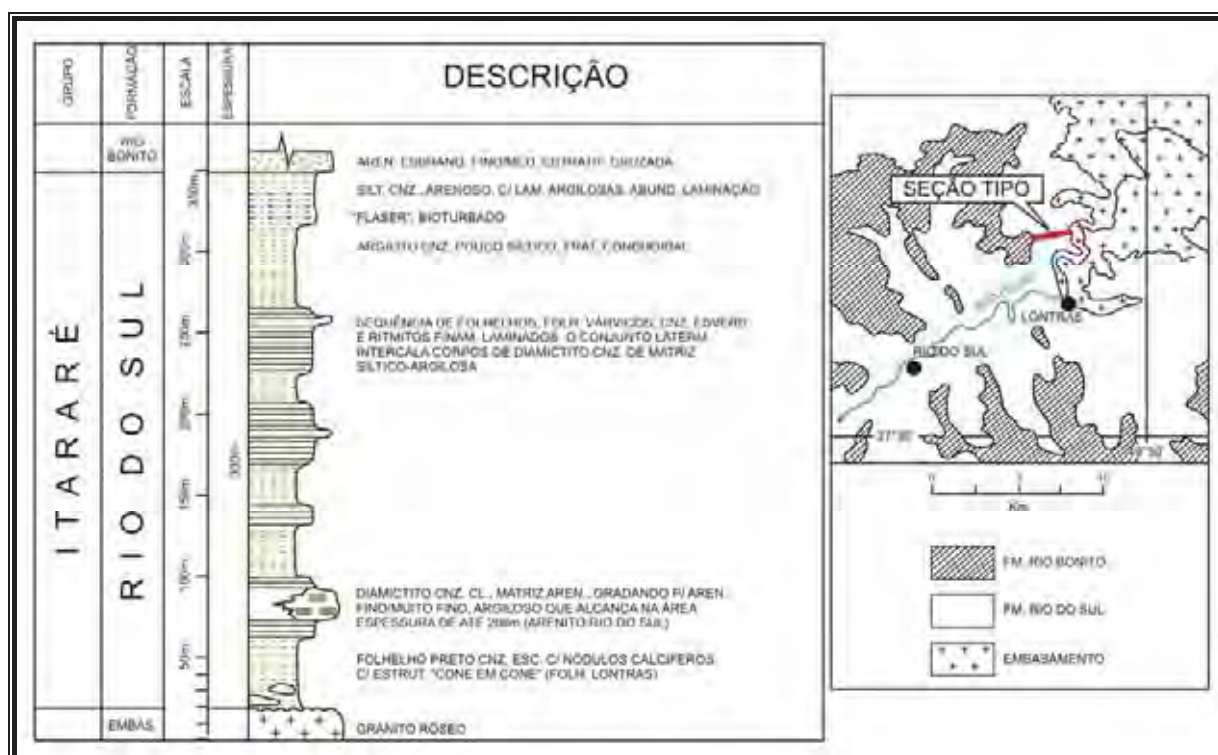


Figura 5: Perfil-tipo da Formação Rio do Sul, destacando-se o folhelho Lontras sotoposto ao arenito Rio do Sul (Membro Rio Segredo). Fonte: modif. Schneider et al. (1974).

Gonçalves e Tommasi (1974) realizaram o mapeamento do Grupo Itararé em Santa Catarina, apoiando-se em estudos fotogeológicos e afloramentos da área em complemento a cinco sondagens rasas. Foi gerado um painel estratigráfico que relaciona lateralmente oito perfis colunares da Formação Rio do Sul (indo de

Grão Pará até Baía do Itajaí), onde foram identificados cinco sistemas deposicionais (**Figura 6**). Os autores concluíram:

- ⇒ As cinco colunas estratigráficas levantadas na Formação Rio do Sul revelaram espessura de 320 metros;
- ⇒ O folhelho Lontras possui uma espessura uniforme com 50 metros, desaparecendo ao sul de Aurora e Vidal Ramos;
- ⇒ Uma espessa lente arenosa (160 a 200 metros) ocorre logo acima do folhelho Lontras sendo designada como “arenito Rio do Sul” (RS; **Figura 6**), na região de Aurora – Laurentino;
- ⇒ Foi identificada a proveniência de leste para o arenito Rio do Sul de Schneider et al.;
- ⇒ Espessos depósitos de diamictitos e arenitos na porção superior da Formação Rio do Sul foram mapeados, configurando os flancos norte (alto vale do rio Hercílio) e sul (Alfredo Wagner) de uma bacia marinha contendo folhelhos e ritmitos e centrada em torno de Rio do Sul (depressão de Rio do Sul); e
- ⇒ Proveniências de nordeste e sudeste para os diamictitos e arenitos.

Na seção estratigráfica da **Figura 6**, destacam-se o folhelho Lontras, amplamente distribuído no centro-norte catarinense, e o arenito Rio do Sul, com geometria lenticular e distribuição no eixo Aurora – Laurentino.

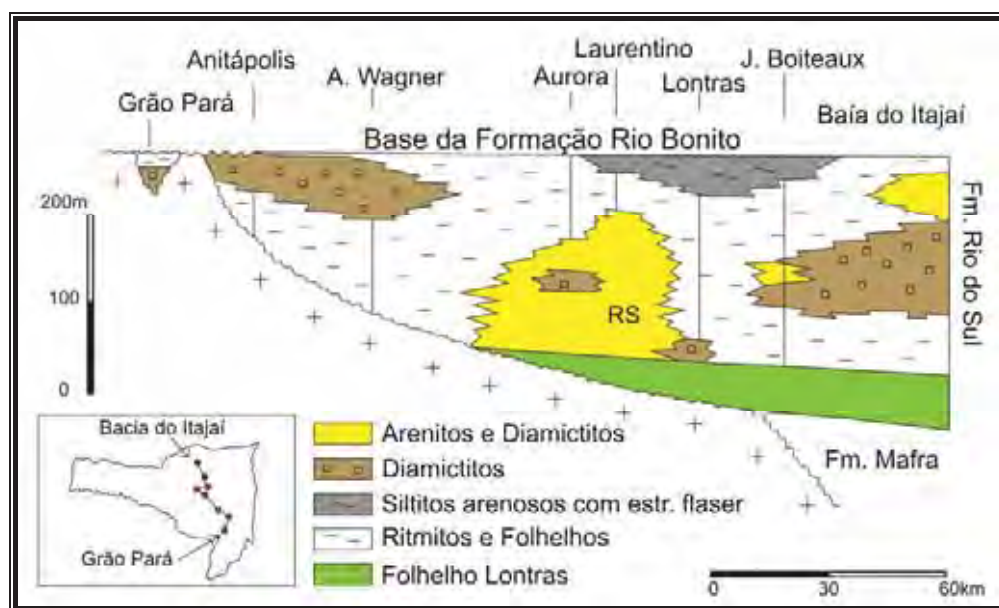


Figura 6: Seção estratigráfica da Formação Rio do Sul em Santa Catarina, com seus cinco sistemas deposicionais. Em destaque, o arenito Rio do Sul (RS – Membro Rio do Segredo). Modif. Gonçalves; Tommasi (1974).

Diversos trabalhos abordaram o Membro Rio Segredo na área aflorante central de Santa Catarina. Castro, J. C. (1980a; 1980b) utilizou os grandes cortes proporcionados pelo alargamento e asfaltamento da rodovia Rio do Sul – Ituporanga, bem como os dados das sondagens BN-1 e PA-1 (Petrobras) e Aurora – Laurentino (GONÇALVES; TOMMASI, 1974), além dos levantamentos de superfície do Projeto Rio Bonito (MEDEIROS et al., 1970), para propor um modelo marinho “relativamente profundo” de leque submarino dirigido para noroeste e alimentado por arenitos e folhelhos caóticos de escorregamento em talude (**Figura 7-A**). Deve-se ressaltar, em afloramento do arenito Rio do Sul, uma espessa intercalação de diamictito acunhando sobre o lobo arenoso prévio (CASTRO; MEDEIROS, 1980).

Machado (1989) estudou a “província” de Alfredo Wagner, onde contou com os poços RL-4 e RL-3 (Rio Laranjeiras), que testemunharam e perfilaram toda a Formação Rio do Sul/Taciba (200 metros de espessura), e as notáveis exposições da rodovia BR-282 (Florianópolis – Lages) na região de Alfredo Wagner. A evolução daquela unidade se processa através de três (tratos de) sistemas deposicionais, glacioproximal (subglacial “afogado” até proglacial), marinho profundo (turbidito Rio Segredo) a raso, e glacial (diamictito)/deglaciação (arenito a varvito) (**Figura 08**, perfil RL-4).

Juntando os dados da área de Alfredo Wagner com o poço RL-4 (MACHADO, 1989), Castro, J. C. (1991) pôde apresentar um painel cronoestratigráfico mais detalhado da evolução dos sistemas glacial, marinho e deltaico das formações Rio do Sul e Rio Bonito/Membro Triunfo. O autor identificou cinco províncias deposicionais entre Rio do Sul e Lauro Müller, do centro ao sul catarinense. Todas apresentam, sobre o embasamento, um delgado intervalo (glacioproximal) de deglaciação, com espessura equivalente a 10 metros, o qual é transgressivo no tempo (**Figuras 7-B, 8**). As três primeiras, já identificadas anteriormente pelo autor (CASTRO, J. C., 1980b), representam um contexto turbidítico – marinho – deltaico (província Rio do Sul, RS), enquanto na província Alfredo Wagner – Rio Laranjeiras (RL-4, AW) o contexto pós-turbidítico é marinho e glaciomarinho/deglaciação; a província do poço PN-15 e Ituporanga – Alfredo Wagner (I-AW) é transicional entre as anteriores (**Figura 7-B**). Nota-se, na **Figura 8**, o acunhamento do turbidito Rio Segredo (arenito Rio do Sul) para sul do RL-4, e o espesso intervalo de turbiditos delgados (*thin bedded*) sobreposto o qual também termina para sul.

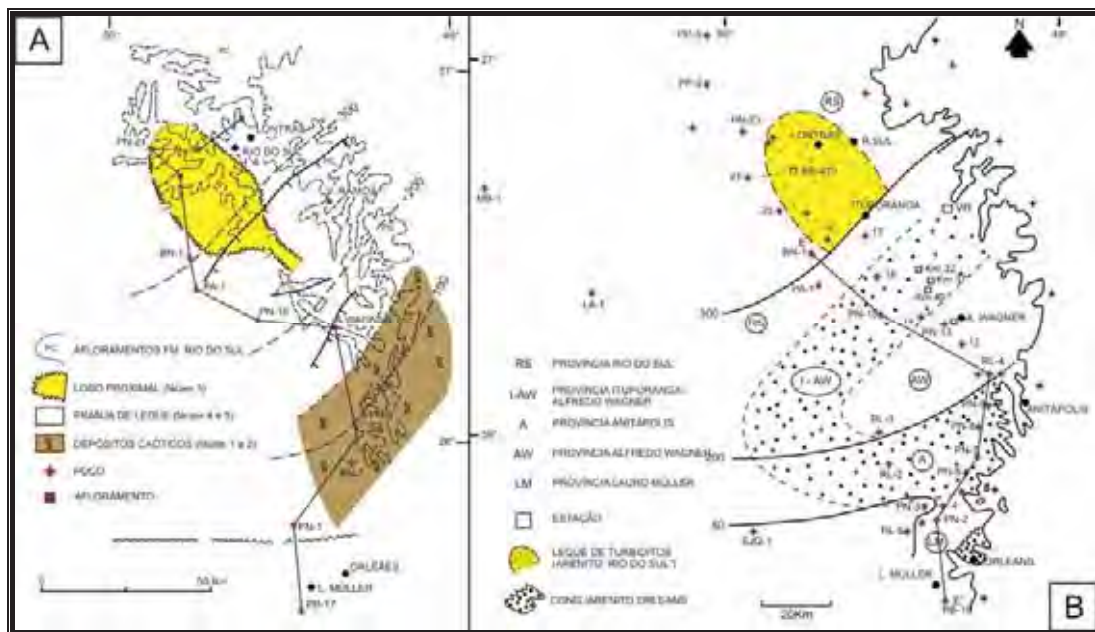


Figura 7: (A) Isópacas da Formação Rio do Sul com seus três sistemas marinhos profundos (modif. CASTRO, J. C., 1980a). (B) Isópacas e províncias deposicionais da Formação Rio do Sul (modif. CASTRO, J. C., 1980b).

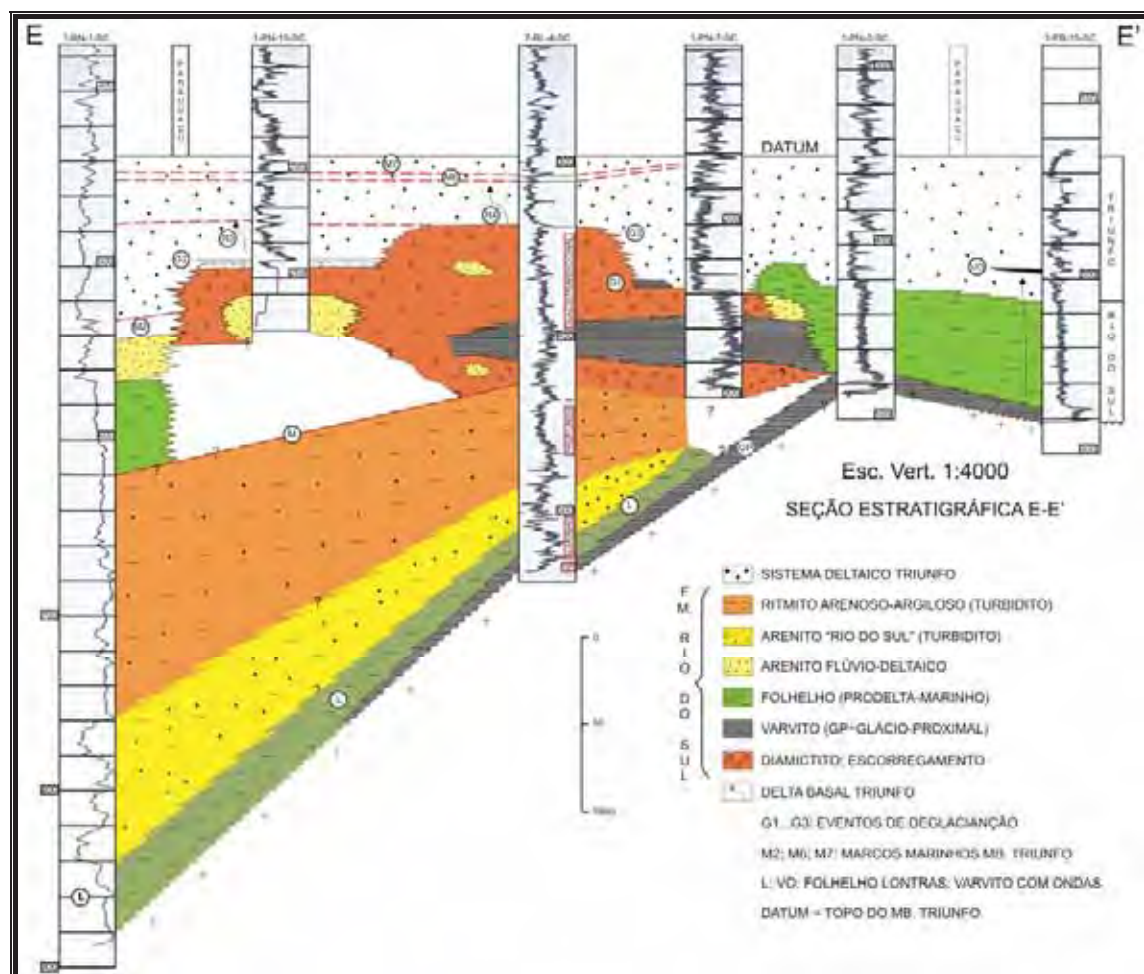


Figura 8: Seção estratigráfica do centro (BN-1-SC) ao sul catarinense (PB-15). Destaca-se a seção marinha profunda com turbiditos espessos a delgados (Membro Rio Segredo), que terminam ao sul do poço RL-4 (modif. CASTRO, J. C., 1991).

Castro, J. C. (1995) apresentou um arcabouço cronoestratigráfico para a Formação Rio do Sul, ligando a área sub-aflorante de Rio de Sul – Lauro Müller (poços BN-1 a PN-2) com poços da bacia a oeste, MB-1 a TV-2 (**Figura 9**). A seção revelou 350 metros (BN-1) a 270 metros (TV-2) para o intervalo da Formação Rio do Sul – delta basal do Membro Triunfo, que é formado por três ciclos (C1 a C3) regressivos e granocrescentes (folhelho, diamictito e arenito) ou por três sequências deposicionais (SI a SIII) de glaciação (diamictito) e deglaciação (arenito, diamictito, varvito, folhelho). Estas últimas correspondem ao igual número de episódios glaciais, caracterizados por corpos de diamictito de 110 metros, 90 metros e 30 metros (adelgaçamento para o topo). Nota-se que o turbidito Rio Segredo, na base da SI, tem 80 metros de espessura no BN-1, e adelgaça para oeste (30 metros) nos poços MB-1 e TG-1, e para o sul (15 metros) no RL-4, na província de Alfredo Wagner (**Figura 9**). Três intervalos de folhelhos e folhelhos várvidos marinhos, cronoequivalentes aos diamictitos, mostram espessuras de 75 metros no MB-1 e 110 metros e 80 metros no BN-1 (membros Lontras e Rio do Sul). Nesse último, ocorre a SIII com o delta basal (R_1) do Membro Triunfo e o marco regional (M2) de tempestito marinho (**Figura 9**).

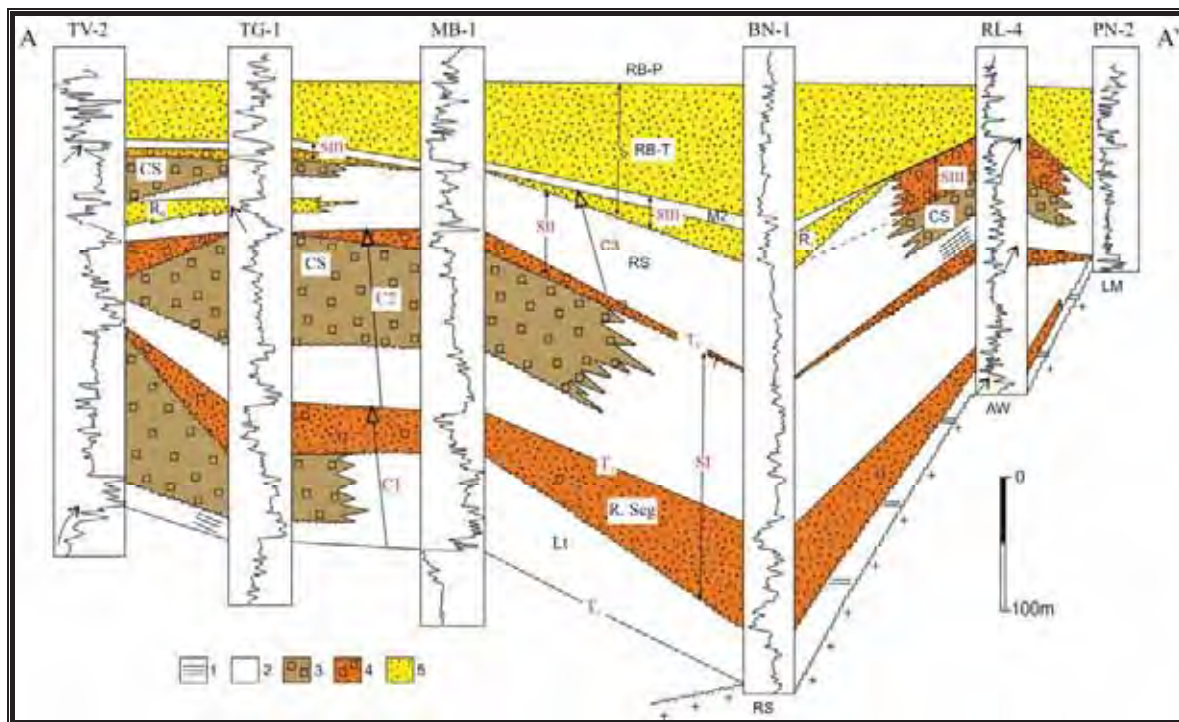


Figura 9: Arcabouço estratigráfico da sucessão Taciba – Triunfo (RB-T), da borda (poços BN-1 a PN-2) ao interior – oeste da Bacia do Paraná (MB-1 a TV-2). O folhelho Lontras (Lt) forma um ciclo com o arenito Rio Segredo (R. Seg), ou este forma a base de uma sequência deposicional (SI). 1 = varvito; 2 = folhelhos e turbiditos finos; 3 = diamictito; 4 = arenito/turbidito e 5 = arenito deltaico. CS, RS = membros Chapéu do Sol e Rio do Sul. R_0 e R_1 = deltas iniciais. Fonte: modif. Castro, J. C. (1995).

A presente Dissertação dá continuidade ao trabalho de Castro, M. R. (1998), que estudou a Formação Rio do Sul e a porção inferior do Membro Triunfo/Formação Rio Bonito no norte de Santa Catarina (vale do rio Hercílio). A autora reconheceu três ciclos deposicionais, dois deles com granocrescência ascendente (**Figura 10**): (I) ciclo inferior, formado pelo folhelho Lontras e o turbidito Rio Segredo; (II) ciclo médio, glacial, com espesso diamictito e varvito; (III) ciclo superior, formado por espessa seção de folhelho marinho (Cf. Membro Rio do Sul de FRANÇA; POTTER, 1988) passando “gradacionalmente” ao arenito deltaico basal do Membro Triunfo (contato “concordante – correlato” entre os membros Rio do Sul e Triunfo).

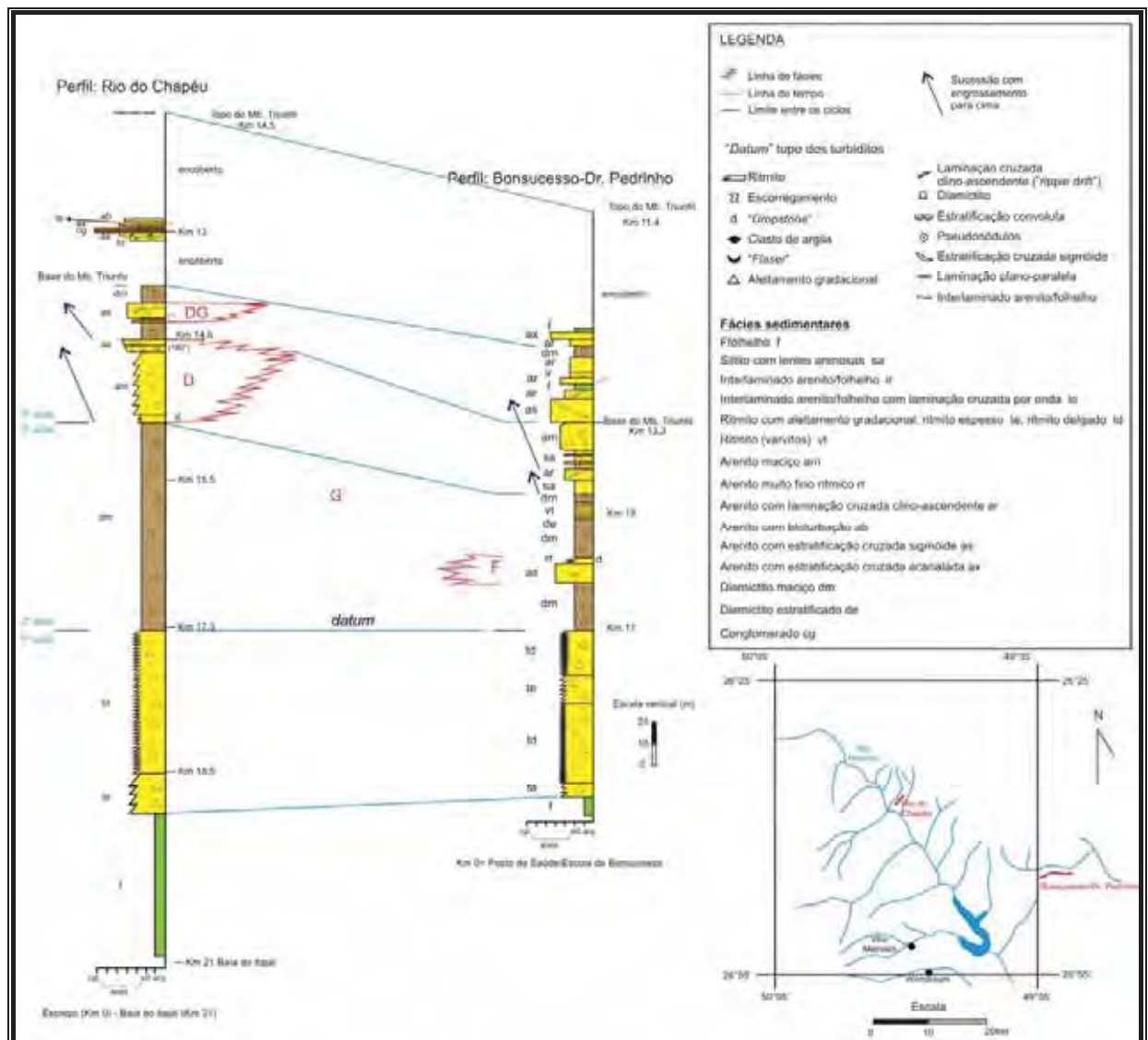


Figura 10: Correlação estratigráfica dos perfis Rio do Chapéu e Bonsucesso/Dr. Pedrinho. O folhelho Lontras (f) é sucedido pelo turbidito Rio Segredo, com estratos espessos e delgados (te, td). Sistemas: DG – deglaciação, D – deltaico, G – glacial e F – fluvial. Fonte: modif. de Castro, M. R. (1998).

Destacam-se neste trabalho os dois ciclos iniciais, de origem marinha (I) e glacial (II). A fácies folhelho - f (Cf. “argilito várvido” do Lontras em TOMMASI; RONCARATI, 1970) mostra espessura entre 50 e 70 metros. A fácies ritmito espesso (te) tem 20 metros e é sobreposta por ritmito delgado (td), com 18 a 50 metros (**Figura 10**). No segundo ciclo, o intervalo de diamictito do Membro Chapéu do Sol mostra expressivo adelgaçamento de norte (perfis da margem esquerda do rio Hercílio) para sul (perfis da margem direita - sul). Tal adelgaçamento (120 para 45 metros) é compensado pelo espessamento de folhelho do ciclo III na porção sul (mais de 50 metros; Membro Rio do Sul de FRANÇA; POTTER, 1988), enquanto na margem esquerda esta litologia é praticamente inexistente. Em resumo, o Membro Rio do Sul, marinho, sucede o Membro Chapéu do Sol, glacial.

Canuto (1993) propôs a evolução de três tratos de sistema deposicionais, no preenchimento da depressão de Rio do Sul, entre Alfredo Wagner e a barragem Dollmann: (1) sistema sub-glacial (com estrias em seu contato com o embasamento) que é sobreposto, na borda sul, por um sistema glaciomarinho proximal (espessura de 5 metros); (2) sistema marinho profundo (espessura total entre 120 e 200 metros), contendo sistemas de leques marinhos com arenitos e diamictitos maciços, fácies A1 e D3. Tais leques provêm de sudeste (Cf. leque submarino de CASTRO, J. C., 1980b) e em sua maioria de nordeste, preenchendo um vale submarino; o sistema profundo é sucedido, ou passa *updip* a (3) sistema glaciomarinho proximal (Alfredo Wagner, com 95 metros). Na rodovia BR-470 é o sistema de leque submarino que por sua vez é sucedido pelo mesmo glaciomarinho proximal (espessura, 75 metros). Um sistema deposicional marinho raso com espessura de até 55 metros encerra a sedimentação Rio do Sul (Cf. fácies “*flaser*” de GONÇALVES; TOMMASI, 1974) I.

Silva (2005) utilizou os ciclos de Castro, M. R. (1998), desenvolvidos no vale do rio Hercílio, para o mapeamento da Formação Rio do Sul/Taciba na área de Rio do Sul. Em sua seção estratigráfica AA' (**Figura 11**), Silva mostra a significativa mudança que ocorre entre as duas áreas:

- ⇒ Os turbiditos Rio Segredo, parte superior do 1º ciclo e objeto deste estudo, já não ocorrem ao sul de Presidente Getúlio, perfil P2. O mesmo

ocorre com o sistema glacial do 2º ciclo, que adelgaça para sul e não ocorre no perfil P4 (ribeirão Lontrinha); e

⇒ Um sistema turbidítico desenvolve-se no 2º ciclo, conforme pode-se notar nos perfis Cobras e Lontrinha, P3 e P4. Tal sistema é mais novo que o do rio Hercílio, já que está diretamente sotoposto ao folhelho do Membro Rio do Sul.

Segundo o Prof. Joel C. de Castro (informação verbal), imediatamente ao sul de Lontras, ao longo da rodovia para Presidente Nereu, os 50 metros do folhelho Lontras passam lateralmente a espesso diamictito, sucedido por arenito fluvial e, depois, por delgado folhelho (sucessão de deglaciação?). Só a partir desta última litologia, vão ocorrer os turbiditos equivalentes ao perfil Lontrinha (P4). Sendo assim, o sistema turbidítico dos perfis Cobras – Lontrinhas e Lontras – Presidente Nereu é mais novo que o do Membro Rio Segredo da área de CASTRO, M. R. (1998).

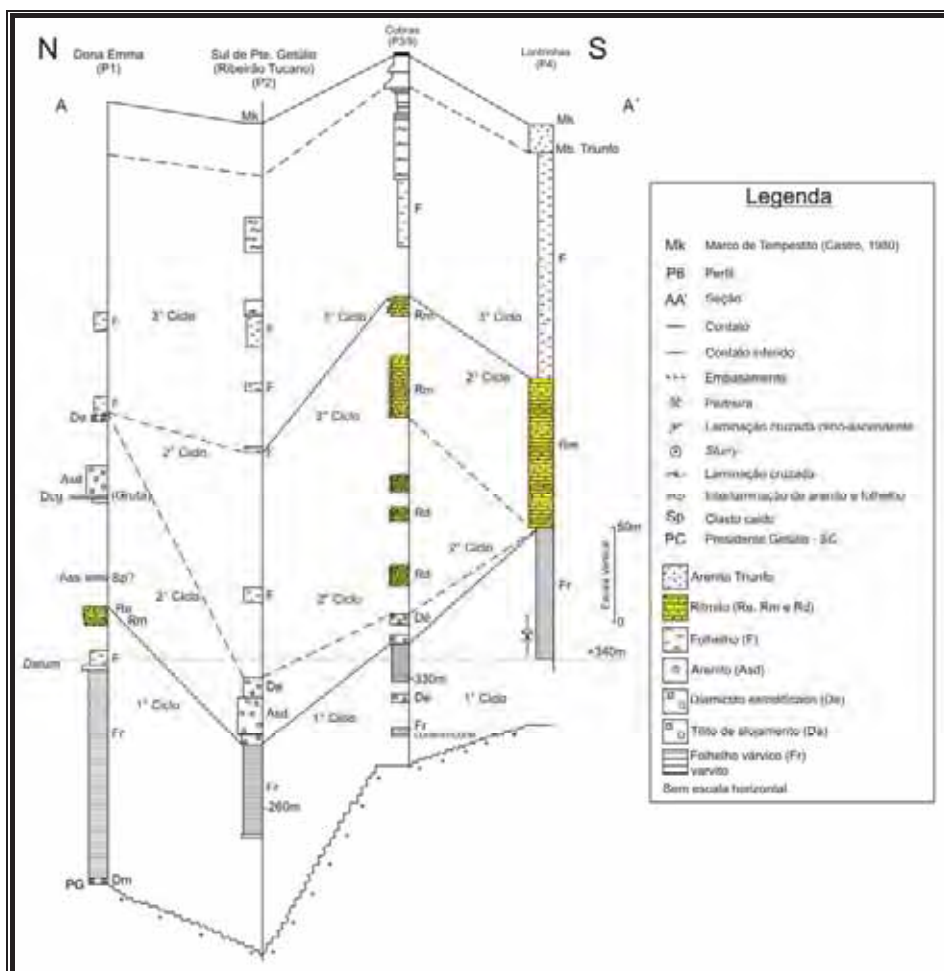


Figura 11: Correlação estratigráfica N-S entre Dona Emma (P1) e Lontrinha (P4), mostrando o 1º ciclo com folhelho várvido Lontras (Fr) e “ritmito” = turbidito Rio Segredo (Rd, Rm, Re; perfil P1), e o 2º ciclo, com fácies glaciais (De, Dcg, ASd; perfil P1) passando lateralmente a turbiditos mais novos que os do Rio Segredo = 1º ciclo (modif. de SILVA, 2005).

Inicialmente, foi proposta por Daemon e Quadros (1970) uma idade kunguriana para a Formação Rio do Sul. Posteriormente, Daemon (1974) integrou os dados paleontológicos e palinológicos da Bacia do Paraná, caracterizando os horizontes marinhos das formações Rio do Sul e Rio Bonito nos sub-intervalos I_1 (folhelho Lontras e Camada Guaraúna), I_2 (folhelho Passinho) e I_3 (arenito Taió – Formação Rio Bonito), do Kunguriano (Cf. MEDEIROS; THOMAZ FILHO, 1973). A idade da Formação Taciba, dada pelas biozonas H_2 a I_4 passou a Artinskiano-Kunguriano (FRANÇA; POTTER, 1988). Mais recentemente, Souza (2005) posicionou aquela formação nas biozonas H_3 , I_1 , $I_2+I_3+I_4$, atribuindo-as ao Asseliano-Sakmariano.

CAPÍTULO 3

Sucessão dos Membros Lontras e Rio Segredo

3.1 Análise Sedimentológica

Na análise sedimentológica das fácies arenosas do Membro Rio Segredo, também devem ser levadas em conta as unidades “lamíticas” encaixantes: o folhelho Lontras sotoposto, e um intervalo “superior” de turbiditos muito delgados, acima do arenito Rio Segredo.

Tais unidades lamíticas são ligadas geneticamente aos estratos areno-argilosos do Membro Rio Segredo. Esses também são considerados turbiditos com textura/estrutura gradacional, porém, com espessura milimétrica que empresta um aspecto “várvido” (Membro Lontras) ou de poucos centímetros (Membro Rio Segredo “superior”). Assim, a litologia e a espessura dos estratos são fundamentais à caracterização das suas fácies.

3.1.1 Fácies lamítica dos “folhelhos” encaixantes

O termo lamito, ou *mudstone*, tem textura variando de silte à argila (muitos autores de língua inglesa utilizam *mudstone* indistintamente de *shale*, folhelho). O termo “folhelho várvido”, antigamente usado para o Membro Lontras, torna-se bastante característico da sua porção superior, sotoposta ao Membro Rio Segredo. Neste caso, ocorrem lâminas gradacionais (escala milimétrica) de siltito a folhelho, normalmente mais resistentes ao intemperismo que os folhelhos “argilosos” normais do Lontras (**Figuras 12-A, 12-B e 12-C**). Divergindo destes últimos, o

folhelho várvido apresenta concreções carbonáticas com estrutura *cone-in-cone* (**Figura 12-B**).

Em sua porção superior “progradante” para o arenito Rio Segredo, foram reconhecidas três associações faciológicas aonde o folhelho várvido Lontras vem acompanhado de raros estratos areno-argilosos episódicos de espessuras crescentes para o topo. Tais estratos eventuais alcançam espessuras de 1 a 3 centímetros (**Figura 12-D**) ou de 5 a 10 centímetros (**Figura 12-E**), sendo caracterizados como turbiditos muito delgados a delgados, respectivamente.

Na porção basal do Membro Lontras, imediatamente acima do diamictito Campo Mourão, o folhelho várvido vem acompanhado de clastos “caídos” (*dropstone*), diminuindo de frequência para cima e desaparecendo em poucos metros, dando lugar aos folhelhos normais do Lontras (**Figura 12-F**). Caso similar foi observado nos lamitos da Formação Campo do Tenente, onde a ausência de clastos caídos identifica um folhelho várvido, enquanto sua presença caracteriza um varvito (WEINSCHÜTZ; CASTRO, 2005).

Na “divisão superior” lamítica do Membro Rio Segredo, são característicos turbiditos muito delgados, com espessura estratal entre 1 e 3 centímetros e intervalos T_{de} e T_{cde} da sequência Bouma (**Figuras 12-G e 12-H**).

Nas fácies identificadas por Castro, M. R. (1998), tais turbiditos (“divisão superior”) são classificados como “delgados” (fácies td , **Figura 10**), enquanto os turbiditos Rio Segredo (“divisão inferior”) são considerados como sendo “espessos” (fácies te , **Figura 10**).

TURBIDITOS ARGILOSOS

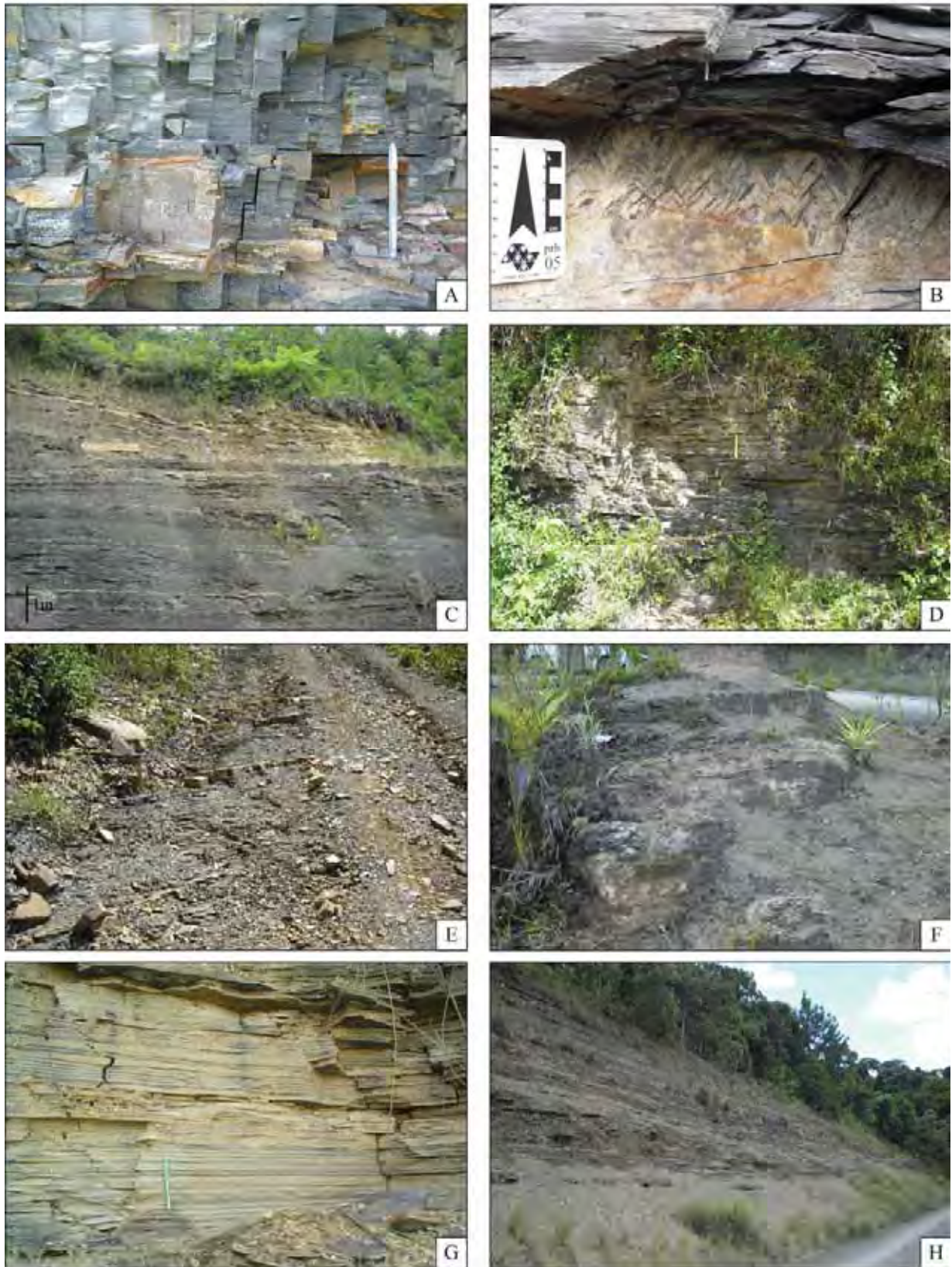


Figura 12: Fácies da porção superior do Membro Lontras: folhelho “vârvico” (A, B e C), portando *cone-in-cone* (B), e turbiditos delgados (D e E). A foto F ilustra varvito com abundantes *dropstones* na base do Membro Lontras, sucedidos por folhelhos normais. Turbiditos muito delgados (1 a 3 cm) na “divisão superior” do Membro Rio Segredo (G e H). Escalas: caneta e lápis = 15 cm, martelo = 27,7 cm e enxada = 1,10 m.

3.1.2 Turbiditos Arenosos

Os turbiditos areno-argilosos e arenosos podem ser classificados de acordo com a espessura de seus estratos:

- ⇒ Muito delgado – 1 a 3 centímetros;
- ⇒ Delgado – 3 a 10 centímetros;
- ⇒ Médio – 10 a 30 centímetros;
- ⇒ Espesso – 30 a 100 centímetros;
- ⇒ Muito espesso – 1 a 3 metros; e
- ⇒ “Gigante” – acima de 3 metros.

O turbidito muito delgado, pelo seu aspecto “argiloso” e sua freqüente associação com o folhelho várvido Lontras, foi apresentado no item anterior (**Figuras 12-G, 12-H**). Nos turbiditos delgados, as sequências Bouma T_{cde} e T_{bcde} acabam geralmente sendo observadas, enquanto nos turbiditos médios e espessos podem-se apresentar as sequências T_{abcde} e T_{abc} .

Turbiditos espesso e muito espesso possuem uma geometria tabular; entretanto, podem apresentar estruturas incomuns como aquelas presentes nos estratos 69 (Laeisz; **Figura 16**) e 23 (Wiegand; **Figura 15**). No perfil Laeisz, foi coletada amostra de uma delgada camada inclinada e com terminação assintótica, a qual revelou uma gradação com sequência T_{cde} . Além disso, essa mesma camada apresenta uma deformação posterior originando uma espécie de pseudonódulo “elipsoidal” (**Figura 13-C**). No caso do perfil Wiegand, o término tangencial da camada 23 é bastante evidente (**Figura 13-D**); estas feições são mais apropriadas a um contexto sigmoidal – deltaico, como observado na área de Vidal Ramos, Santa Catarina central.

Turbiditos muito espessos tendem a ter uma extensão lateral menor com uma espessura variável devido à tectônica sinsedimentar ou sobrecarga. É o caso do arenito de topo do perfil Dona Emma – Ciclo II (**Figura 13-E**). Este mesmo arenito pode ter na base um nível de arenito muito fino (40 centímetros) com laminação cruzada clino-ascendente, mais apropriado a um contexto deltaico. Provavelmente é o que se observa na base do arenito “gigante” (mais de 6 metros) no perfil da subida de José Boiteux – Boa Vista. Neste, ocorre um intervalo mais fino

na base, com menos de 1 metro de espessura, cujo aspecto lenticular também pode ser interpretado como laminação cruzada clino-ascendente. (**Figura 13-F**).

Também devem ser mencionadas duas formas de canal erosivo, observadas no perfil Forcação: uma delas é um estrato elipsoidal na base do canal, com “sigmóides” em seu interior (**Figura 13-G**; Cf. **Figura 14**) que foram rotacionados entre si por deformação plástica; a outra é uma deformação ainda mais complexa ocorrendo no “canal erosivo” superior (**Figura 13-H**).

Por fim, outra ocorrência inusitada em turbiditos clássicos é a presença de depósitos tracionais, arenito com estratificação cruzada tabular, que aparece pouco acima da feição anterior (**Figura 13-H**, canto noroeste).

TURBIDITOS ARENOSOS

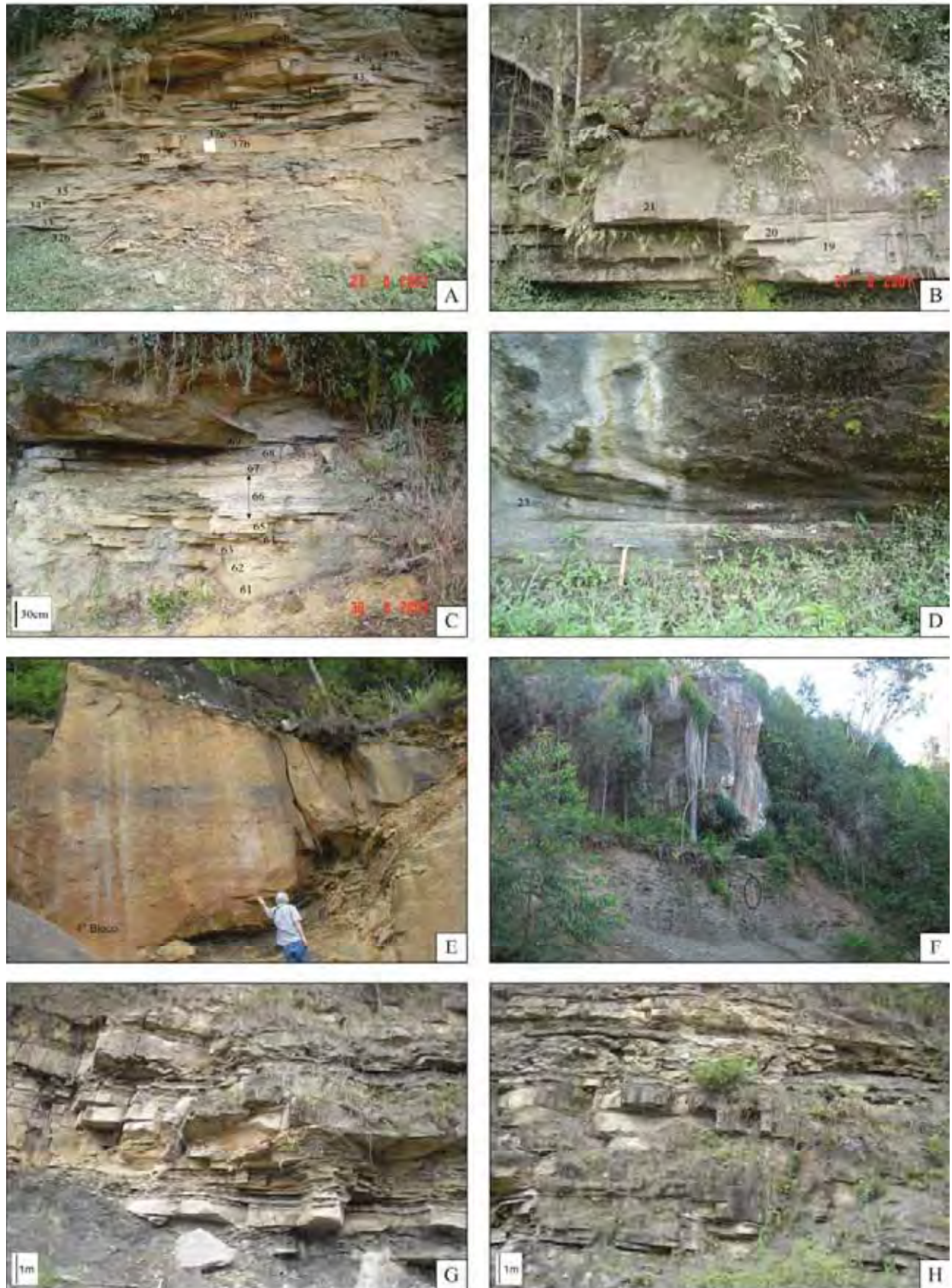


Figura 13: Estratos e fácies de turbiditos arenosos (ver texto). Escalas: martelo = 27,7 cm, régua = 30 cm, prancheta = 33 cm e enxada = 1,10 m.

CAPÍTULO 4

Estratigrafia

4.1 Perfis Estratigráficos

4.1.1 Perfil Forcação

O perfil Forcação foi levantado na rodovia BR-477 entre Dr. Pedrinho e Bonsucesso, trecho este que acompanha a margem direita do rio Forcação. É formado por dois segmentos, sendo o primeiro um paredão vertical clássico distante 16 quilômetros de Dr. Pedrinho (1° segmento, camadas 1 a 27), onde 10 metros do Membro Rio Segredo estão em contato brusco com o folhelho Lontras. Após um trecho de 90 metros totalmente coberto pela vegetação, a estrada continua subindo e possibilita empilhar outros 10 metros essencialmente arenosos (2° segmento, camadas 1 a 16). Fotos históricas (arquivo pessoal do Prof. Joel Carneiro de Castro) sugerem que este segundo segmento recobre o primeiro e, portanto, podem ser considerados aproximadamente 20 metros de espessura total (**Figura 14**). Sucedem ainda, 12 metros de folhelho várvido com turbidito muito delgado, até uma pequena cachoeira, onde foram observadas soleiras de diabásio. O restante da coluna de interesse se estende até o quilômetro 19 da rodovia, onde uma extração de folhelho revelou 12 metros adicionais de turbiditos muito delgados com granulometria muito fina. Com os dados do altímetro, foram calculados em torno de 45 metros de espessura para a divisão “superior” mais fina e distal do Membro Rio Segredo.

Serão descritos os dois segmentos do Membro Rio Segredo ilustrados na **Figura 14** pelas fotos A a F (1° segmento), e G a H (2° segmento).

No paredão inicial foram reconhecidos quatro sistemas deposicionais (perfil faciológico da **Figura 14**), formados por turbiditos areno-argilosos (I-A e II-A) recobertos por turbiditos arenosos (I-B e II-B), que podem ser agrupados em pares de sistemas (tipos I-A/I-B e II-A/II-B), gerando duas sequências de alta frequência.

Na base de cada um dos quatro sistemas, observam-se feições de canal, que serão descritos a seguir.

O sistema I-A, estratos 1 a 11, inicia-se com dois estratos areno-argilosos espessos, tendo o arenito do estrato 1 forma lenticular (**Figura 14-C**), enquanto o arenito 2, um formato tabular. Entretanto, ambos terminam em *onlap* contra um pequeno “alto” síncrono e divisor do folhelho Lontras (“o”; **Figura 14-A**). Os demais estratos foram medidos e inseridos na classificação como médios a delgados (perfil faciológico da **Figura 14**).

O sistema I-B, estratos 12 a 18, é arenoso e revela localmente um acentuado relevo erosivo fazendo com que os arenitos se deformem por escorregamento e assumam formas elipsoidais (corte transversal com diâmetro maior que 2 metros). Internamente, tal forma revela um conjunto de três blocos rotacionados por uma deformação sinsedimentar (“e”, **Figura 14-C**).

O terceiro sistema II-A, no início da segunda sequência (II), estratos 19 a 23, é portador de turbiditos areno-argilosos assim como o sistema I-A, porém, se difere deste por sua arquitetura estratal com a formação de um expressivo intervalo dobrado, espessura de 1,20 metro e extensão de 13 metros. Nas margens desse intervalo notam-se rampas de escorregamento e dois estratos areno-argilosos espessos, além de um estrato médio sem deformação (**Figura 14-D, -E**). Certamente, a presença de um espesso folhelho pertencente ao turbidito antecedente (**Figura 14-B**) veio a favorecer o escorregamento, e a camada turbidítica, ainda semi-consolidada, acabou por deslizar resultando nessa deformação. É um caso interessante de deformação tectônica sinsedimentar, sem nenhuma relação com glaciotectionismo.

O quarto sistema (II-B), estratos 24 a 27, é arenoso assim como o segundo, todavia difere do anterior por apresentar estratificação cruzada tabular (espessura de 1,20 metro), estrutura essa não usual em turbiditos, a qual foi gerada em frente a superfícies erosivas inclinadas que cortam estratos turbidíticos amalgamados. Completam o sistema II-B, as duas camadas iniciais 1 e 2 do 2º segmento (porção superior do perfil; **Figura 14**)

Assim, são dois pares de sistemas de turbiditos areno-argilosos (I-A e II-A) e arenosos (I-B e II-B), com espessuras de 6,5 metros e 5,0 metros respectivamente, associados a feições erosivas de canal originadas por

escorregamento de massas semi-consolidadas formadas por turbiditos areno-argilosos.

O segmento superior, possui 10 metros de espessura e uma constituição amplamente arenosa, sucedendo lateralmente o primeiro afloramento inferior, vertical. Seus estratos são classificados como médios a espessos, e de geometria tabular (**Figura 14-G**).

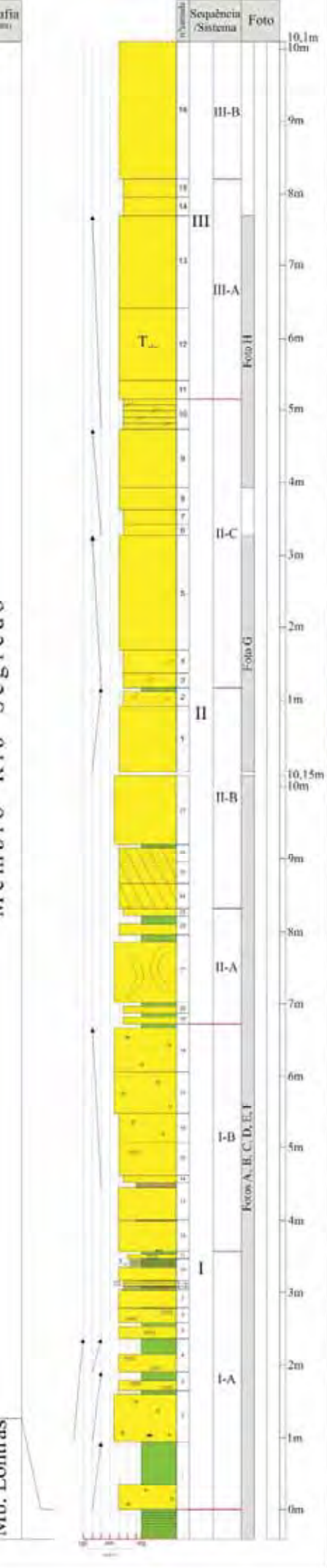
Em toda a coluna levantada para o segundo segmento, apenas um turbidito com 5 centímetros de folhelho no topo foi encontrado (estrato 2, topo do sistema II-B). Esse elevado teor arenoso do segmento superior é também observado no parque ao lado do afluente do rio Forcação lateral à escarpa analisada, em um intervalo sobreposto ao perfil frontal, porém, de difícil acesso. Isso confirma a sobreposição dos dois perfis levantados na rodovia.

Além do final do sistema II-B, camadas 1 e 2, o segmento superior abriga os sistemas II-C (camadas 3 a 10), III-A (camadas 11 a 15) e, por fim, III-B (camada 16).

O estrato 10, com 40 centímetros, é formado de cinco estratos menores (8 centímetros cada) e, portanto, delgados, cada qual com a sequência Bouma T_{cde} (**Figura 14-H**). Estes representam turbiditos distais e transgressivos do topo do sistema II-C.

No sistema III-A, ocorre estrato em forma de canal (estrato 13 cortando o 12), ou mesmo de pequeno canal no topo do estrato 12 (**Figura 14-H**).

Assim, o perfil Forcação está bastante completo quanto ao arenito Rio Segredo, com uma espessura total de mais de 20 metros. Ou seja, os sete sistemas identificados fazem parte de três sequências deposicionais de alta frequência (4º ordem ?), designadas I (sistemas I-A e I-B), II (II-A, II-B e II-C) e III (III-A e III-B).



LEGENDA	
Arenito	Clastos de folhelho
Folhelho	Dobra de escorregamento
Folhelho wavy	Estratificação cruzada
	Laminação cruzada clino-ascendente (climbing)
	Laminação horizontal
	Maciço
	Marca de sola
	Marca ondulada
	Turbidito com Sequência Bouma T ₁



4.1.2 Perfil Wiegand (Rio Vigante)

A rodovia que acompanha o rio Vigante (margem esquerda) possibilita identificar uma expressiva coluna do folhelho Lontras, com mais de 100 metros, e um espetacular afloramento contínuo que permite empilhar quase 22 metros do arenito Rio Segredo. Um extenso e elevado paredão (inacessível) permite visualizar uma variação lateral de espessura no turbidito basal do Rio Segredo, de espesso passando a médio, espessura essa confirmada quando a estrada cruza esse mesmo nível (subindo uma centena de metros). O contraste entre os turbiditos Rio Segredo e Lontras, representado em sua porção superior por folhelho várvido com turbidito muito delgado (espessura 1 a 3 centímetros), caracteriza um contato abrupto e planar.

Foram identificados sete intervalos cronoestratigráficos ou sistemas deposicionais (perfil faciológico da **Figura 15**).

Os dois primeiros são parecidos, exceto pela ocorrência de um turbidito espesso na base e maior conteúdo arenoso do intervalo superior. Assim, o intervalo turbidítico basal I-A, representado pelos estratos 1 a 10, apresenta turbiditos de espessura média (sua maioria) e delgada a média (**Figura 15-A**). Observou-se com grande frequência a sequência Bouma T_{bcde} , além de alguns níveis arenosos “liquefeitos” (*slurry*) portando clastos de folhelho e matriz siltica (**Figura 15-B**, acima dos estratos 2 e 3). Frequentes marcas de sola, na grande maioria marcas de arraste (*grooves*), são observadas nos estratos 5 a 7 (**Figura 15-C**), e indicam fluxos para sudoeste (210° a 240°). A proporção de arenito e folhelho, com turbiditos muito delgados ou ocasionalmente folhelho várvido como o Lontras, é bem equilibrada neste intervalo (**Figura 15-B, -C**).

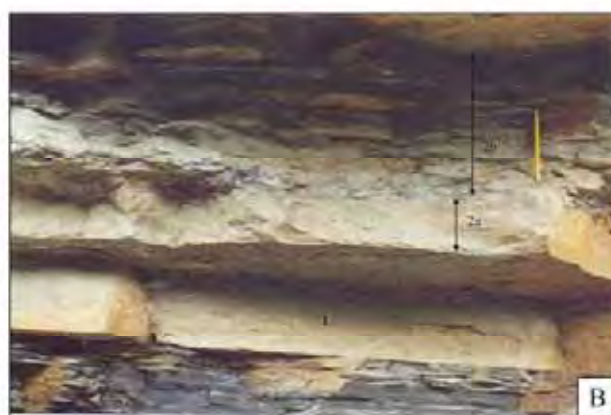
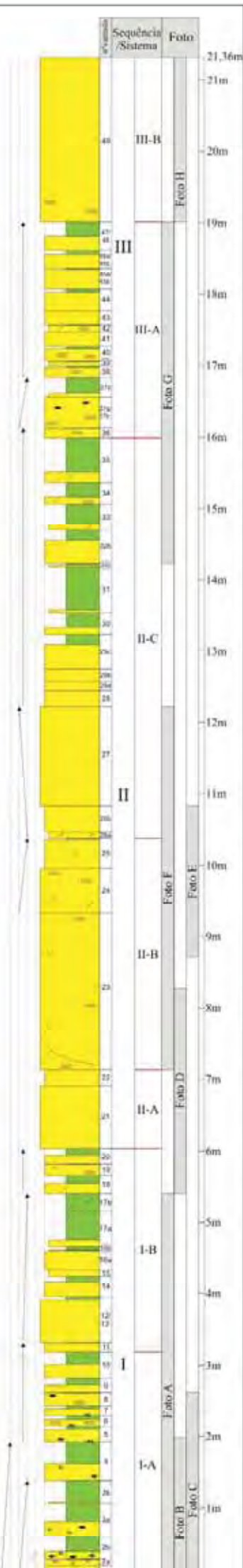
O segundo intervalo (I-B), camadas 11 a 20, é constituído por turbidito espesso na base, médio (maioria) e delgado/médio. Há um maior teor de arenito em relação ao folhelho, diferenciando este do primeiro intervalo mencionado. Assim como no estrato 3 do sistema I-A, foi detectado um folhelho mais espesso em I-B (estrato 17) que permite interpretar os dois intervalos iniciais como uma sequência de alta frequência, I, cada qual com os tratos transgressivo e de nível de mar alto (**Figura 15-A, -D**).

O terceiro e quarto intervalos (II-A e II-B) são essencialmente arenosos, com seus estratos 21/22 e 23 a 26 (**Figura 15-E, -F**) formados por turbiditos muito espesso, espesso (maioria) e médio. Na base do mais espesso, estrato 23, observa-se uma estratificação inclinada com término assintótico, feição esta não característica em turbiditos (**Figura 13-D, Capítulo 3**).

O quinto intervalo (II-C), estratos 26 a 35, é formado por turbiditos delgado e delgado a médio com sequência Bouma T_{cde} , sendo o folhelho predominante em relação ao arenito. Interpreta-se esses três intervalos como sequência II, tendo os turbiditos muito espessos 21, 23 e 27 na base dos mesmos.

O sexto intervalo (III-A) conta com os estratos 36 a 48, constituído por turbiditos espesso na base (37), médio na maioria, e raro delgado; a sequência Bouma T_{bcde} é comum e o teor de arenito é superior ao de folhelho (**Figura 15-G**). A presença de espesso folhelho (estrato 37c) sobre o turbidito basal, sugere um trato transgressivo inicial seguido de trato (agradacional) de mar alto (sequência III; **Figura 15**).

Finalmente, a base de um novo sistema III-B é representada pelo estrato arenoso espesso 49 que se encontra mal preservado por estar localizado no topo da escarpa (**Figura 15-H**). Sendo assim, a sequência III pode estar incompleta neste sistema.



LEGENDA	
Arenito	Clastos
Folhelho	Estratificação sigmoidal ou assintótica
Folhelho várioico	Laminação cruzada clino-ascendente (climbing)
	Laminação horizontal
	Maciço
	Marca de sola
	Slurry

4.1.3 Perfil Laeisz (Ribeirão da Laje)

O perfil Laeisz foi levantado numa estrada secundária transversal à principal, que acompanha a margem esquerda do ribeirão da Laje. Constitui um excelente conjunto de turbiditos, com 22 metros de espessura em um contexto até mais distal que outro similar, o Taiózinho. O perfil se estende morro acima, porém, pobremente exposto; assim, a espessura do arenito Rio Segredo supera aquelas observadas anteriormente. O “substrato” Lontras, com 80 metros, está bem representado por afloramentos principalmente em sua porção superior (últimos 25 metros).

O arenito Rio Segredo é formado por três sequências, sendo a inferior, I, formada de dois sistemas menores, I-A e I-B. A sequência II é formada de três sistemas, II-A a II-C, enquanto na sequência III destacam-se os sistemas III-A e III-B (perfil faciológico da **Figura 16**).

O sistema I-A e parte do I-B, estratos 1 a 7, são constituídos por arenitos (turbiditos arenosos) espessos separados por folhelhos (turbiditos argilosos) de espessura média (10 a 30 centímetros), sendo que no topo do estrato 7 ocorre um folhelho mais espesso, com 35 centímetros. As fotos A e B da **Figura 16** ilustram o intervalo, destacando a estratificação convoluta do turbidito basal, estrato 1.

O sistema II-A, com 3,0 metros, é formado por aproximadamente 19 estratos (11 a 29), com espessura média de 15 centímetros, pouco acima do limite delgado – médio; a sequência Bouma T_{cde} é dominante (**Figura 16-D**). Tal característica retrogradacional do II-A sugere um trato transgressivo e, portanto, tal sistema pode ser considerado como sendo uma sequência de alta frequência.

O sistema II-B envolve os estratos 30 a 55. Os estratos 30 a 32 destacam-se no intervalo por apresentarem estratificação convoluta no estrato basal (30) do turbidito, já considerado espesso (40 centímetros; **Figura 16-E**). Esta mesma situação ocorre no sistema I-A com o estrato 1, donde o estrato 30 consolida a posição como base de sequência e, acompanhado dos estratos 31 e 32, também manifesta uma condição transgressiva – retrogradante (**Figura 16**). Os estratos 33 a 55 mostram tendência retrogradante de maior permanência. Esse intervalo pode ser dividido em dois sistemas menores, 33 a 44 e 45 a 55, sendo que o segundo constitui um marco estratigráfico, conforme será visto no perfil Taiózinho (vide item 4.1.4).

O sistema II-C mostra uma distribuição irregular de seus arenitos e folhelhos. Seus turbiditos variam de delgado (8 centímetros, estrato 56) a espesso (60 centímetros, estrato 60), e seguem um comportamento estratocrescente (*thickening-up*) (**Figura 16-F**). Em direção ao topo, o sistema II-C apresenta uma situação de afogamento transgressivo, do estrato 62 ao espesso folhelho (45 centímetros) do estrato 66, e a partir daí uma ligeira tendência agradante, estratos 67 e 68 (**Figura 16-G**). Assim, considera-se tal sistema como progradante – retrogradante – agradante.

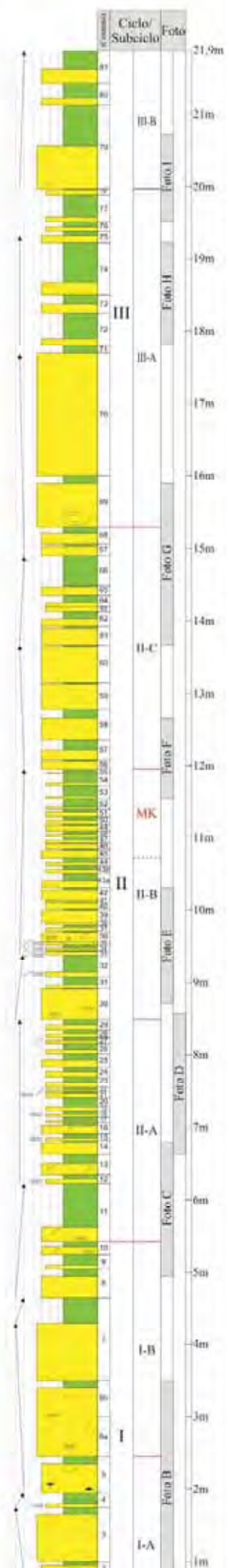
A sequência III envolve os sistemas III-A e III-B, respectivamente contendo os estratos 69 a 78 e 79 a 81.

O sistema III-A registra a chegada dos turbiditos mais espessos à área Laeisz: o estrato 69 tem 60 centímetros de arenito, enquanto o estrato 70 tem 1,70 metro. O estrato 69, entretanto, mostra característica distinta dos turbiditos, pois em sua porção inferior apresenta dobras complexas e mesmo uma feição elipsoidal. Uma amostra revelou laminação cruzada clino-ascendente gradando a siltito, o que configura um pequeno turbidito T_{cde} incompatível com o tamanho do estrato (**Figura 16-G**, ver seta). Somado ao fato desta camada estar na base, levanta-se a possibilidade de se tratar de uma estrutura sigmoidal em um contexto mais raso, provavelmente deltaico. O próximo estrato reforça esta tendência mais proximal, pela sua espessura.

Para o topo, o sistema III-A, rico em pelitos, indica uma subida do nível de base; nele estão intercalados turbiditos delgados e médios, com sequências Bouma T_{cde} e T_{bcde} (**Figura 16-H**).

Por fim, os estratos analisados do sistema III-B têm início com o espesso turbidito tabular 79 e o subsequente folhelho também espesso (**Figura 16-I**). Seguem dois estratos areno-argilosos, 80 e 81, com turbiditos delgado e médio.

Interpretam-se os sistemas III-A e III-B como uma sequência de alta frequência III, com os tratos de mar baixo e transgressivo – mar alto.



LEGENDA			
Arenito	Clastos	Laminación cruzada elino-ascendente (climbing)	
Folhelho	Laminación convoluta	Laminación horizontal	
Folhelho varvico			
MK			
Marco estratigráfico			

4.1.4 Perfil Taiózinho

O afloramento foi proporcionado por um corte de estrada secundária, transversal à estrada principal (na margem direita do rio Hercílio) e que dá acesso a uma unidade de geração de energia hidroelétrica. Por se tratar de um afloramento novo, é provavelmente um dos melhores para o estudo dos turbiditos na área.

Neste afloramento, foi identificado um pequeno ciclo na porção superior do Membro Lontras (LS, **Figura 17**): quatro eventos de turbiditos delgados (camadas 1 a 4) são afogados por folhelhos (camadas 1a a 4a), os quais, na realidade, contêm uma ou mais camadas de turbiditos muito delgados. O estrato basal tem 11 centímetros de espessura e sequência Bouma T_{bcde} , enquanto os demais só mostram estratificação gradacional (*graded bedding*).

No Membro Rio Segredo foram caracterizados seis sistemas agrupados em três sequências de alta frequência (I, II e III; **Figura 17**):

- ⇒ Sistema III-A – camadas 43 a 46;
- ⇒ Sistema II-C – camadas 30 a 42;
- ⇒ Sistema II-B – camadas 21 a 29;
- ⇒ Sistema II-A – camadas 13 a 20;
- ⇒ Sistema I-B – camadas 09 a 12; e
- ⇒ Sistema I-A – camadas 05 a 08

Os sistemas I-A e I-B têm, cada um, dois ciclos maiores de fácies. O sistema I-A tem em sua base turbiditos médio/espesso e espesso, seguidos de turbiditos de espessura média; e também um teor de arenito maior que de folhelho. O sistema I-B apresenta nas bases turbiditos espessos, seguidos de turbiditos espesso, médio/delgado e delgado, com quantidade de arenito semelhante à de folhelho (**Figura 17-B, -C**). Nota-se uma diminuição de energia para cima, em cada um dos sistemas. A sequência Bouma T_{bcde} ocorre nos dois sistemas, enquanto que turbiditos T_{cde} são predominantes no segundo sistema.

Os três sistemas II-A, II-B e II-C (sequência II) se apresentam da seguinte maneira: o sistema II-A apresenta turbiditos de espessura média na base e acima, com quantidade de arenito equivalente a de folhelho. Os sistemas II-B e II-C são constituídos por turbiditos espessos/médios na base, e médios passando a

médios/delgados para o topo. Além disso, há uma proporção de arenito maior ao de folhelho na base de ambos e quantidade de arenito semelhante (II-B)/inferior (II-C) ao folhelho para o topo (**Figura 17-C** até **-H**).

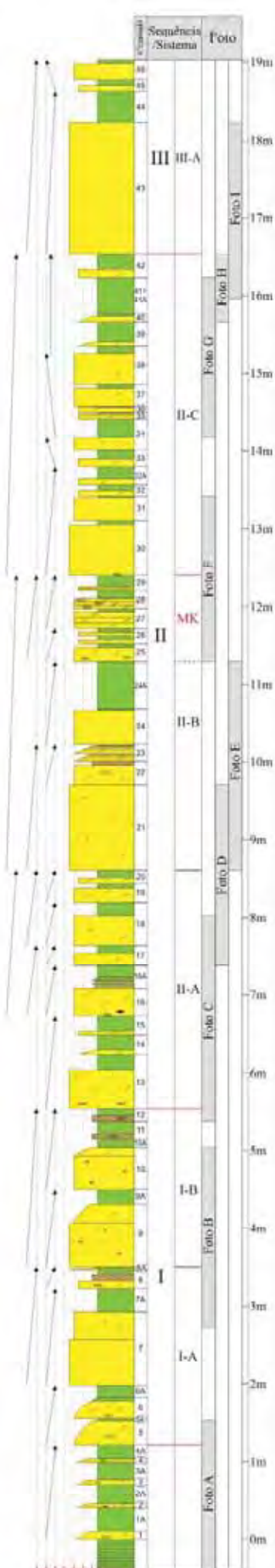
Um destaque deve ser dado ao ciclo da parte superior do sistema II-B, camadas 25 a 29, posicionado bem no meio da sequência II (**Figura 17-F**). Tal ciclo mostra impressionante equilíbrio e perfeição na organização de seus cinco estratos, segundo o quadro abaixo:

Quadro 1 – Organização dos estratos do ciclo superior no sistema II-B				
Estrato	Arenito – A (cm)	Folhelho – F (cm)	A+F (cm)	A:F
29	5	15	20	A<F
28	13	10	23	A~F
27	21	4	25	A>F
26	10	10	20	A~F
25	18	5	23	A>F

Apesar da espessura total de todos os estratos areno-argilosos ser constante (20 a 25 centímetros), há um número variável de pequenas camadas em cada estrato. O estrato 25 possui espessura média com $A > F$; o 26 tem duas camadas de espessura delgada/média e $A \sim F$; enquanto isso, os estratos 27, 28, 29 têm, cada um, três camadas menores (delgadas) e argilosidade crescente para o topo ($A > F$, $A \sim F$ e $A < F$, respectivamente) (**Figura 17-F**). Assim, ocorrem notáveis adelgaçamento e afinamento ascendente (*thinning-up*, *fining-up*), sendo que tais características tornam o ciclo de cinco estratos, 25 a 29 (na verdade, $1 + 2 + 3 + 3 + 3 = 12$ camadas), um marco estratigráfico identificado também no perfil Laeisz.

Parte do sistema III-A levantado no perfil Taiózinho exhibe espesso estrato basal (estratos 43 a 44), seguido de dois estratos areno-argilosos (camadas 45 e 46; **Figura 17**). O afloramento encontra-se um pouco alterado, o que dificulta o seu detalhamento.

Em outro afloramento, localizado na margem esquerda do ribeirão da Prata (4 quilômetros de sua foz junto ao rio Hercílio), pode-se observar um raro contato transicional entre o folhelho Lontras e o arenito Rio Segredo (**Figura 17-J**).



LEGENDA

- Clastos
- Laminação cruzada clino-incendente (climbing)
- Laminação convoluta



4.1.5 Perfil Dona Emma

A via asfaltada SC-421, de Presidente Getúlio a Dona Emma, proporciona excelentes afloramentos da sucessão Lontras – Rio Segredo em seus primeiros dez quilômetros (1º ciclo de CASTRO, M. R., 1998), sendo que o quilômetro 11 já expõe depósitos glaciais sobrepostos (2º ciclo de CASTRO, M. R., 1998).

Foram calculados, para o folhelho Lontras, 110 metros de espessura em perfil transversal à rodovia (informações verbais do Prof. Joel Carneiro de Castro).

Recentemente, uma grande pedreira (extração do folhelho do Membro Lontras para pavimentação de estradas secundárias) foi reativada, expondo um excepcional corpo arenoso em sua porção superior, com pelo menos 10 metros de espessura. Com isso, ficaram caracterizados dois importantes ciclos do folhelho Lontras seguido de arenito Rio Segredo: o primeiro, já reconhecido anteriormente, é aqui tratado como perfil Dona Emma – ciclo I, e o segundo como perfil Dona Emma – ciclo II. Como a rodovia “sobe” na Estratigrafia no sentido Dona Emma (mergulho regional), o primeiro ciclo é mais acessível pela rodovia SC-421, um quilômetro adiante da pedreira (**Figura 18-C, -D**). O acesso ao segundo ciclo, grande exposição ilustrada na **Figura 18, fotos A e B**, é proporcionado por um caminho aberto por trator para acesso dos trabalhadores à pedreira numa cota elevada.

4.1.5.1 Perfil Dona Emma – ciclo I

Na pedreira já mencionada, sua frente inicial expõe o primeiro ciclo tendo o folhelho Lontras “normal”, sobreposto por 15 metros de folhelho “várvido” com raras intercalações de turbiditos muito delgados (Fv-I) e, por sua vez, recoberto com 6 a 7 metros de turbiditos (RS-I; **Figura 18-A**).

Na “clássica” exposição relativamente mais acessível da rodovia, foi esboçado um perfil estratigráfico estimando as espessuras do turbidito inferior – ciclo I (RS-I). Em seus aproximados 7,5 metros, o perfil textural revelou uma sucessão inicial de adelgaçamento dos corpos tabulares, seguida de um espessamento (**Figura 18**). Nota-se que essa tendência é inversa àquela

proporcionada pelos perfis descritos anteriormente, lembrando aquele do perfil Forcação.

PERFIL DONA EMMA - CICLO I

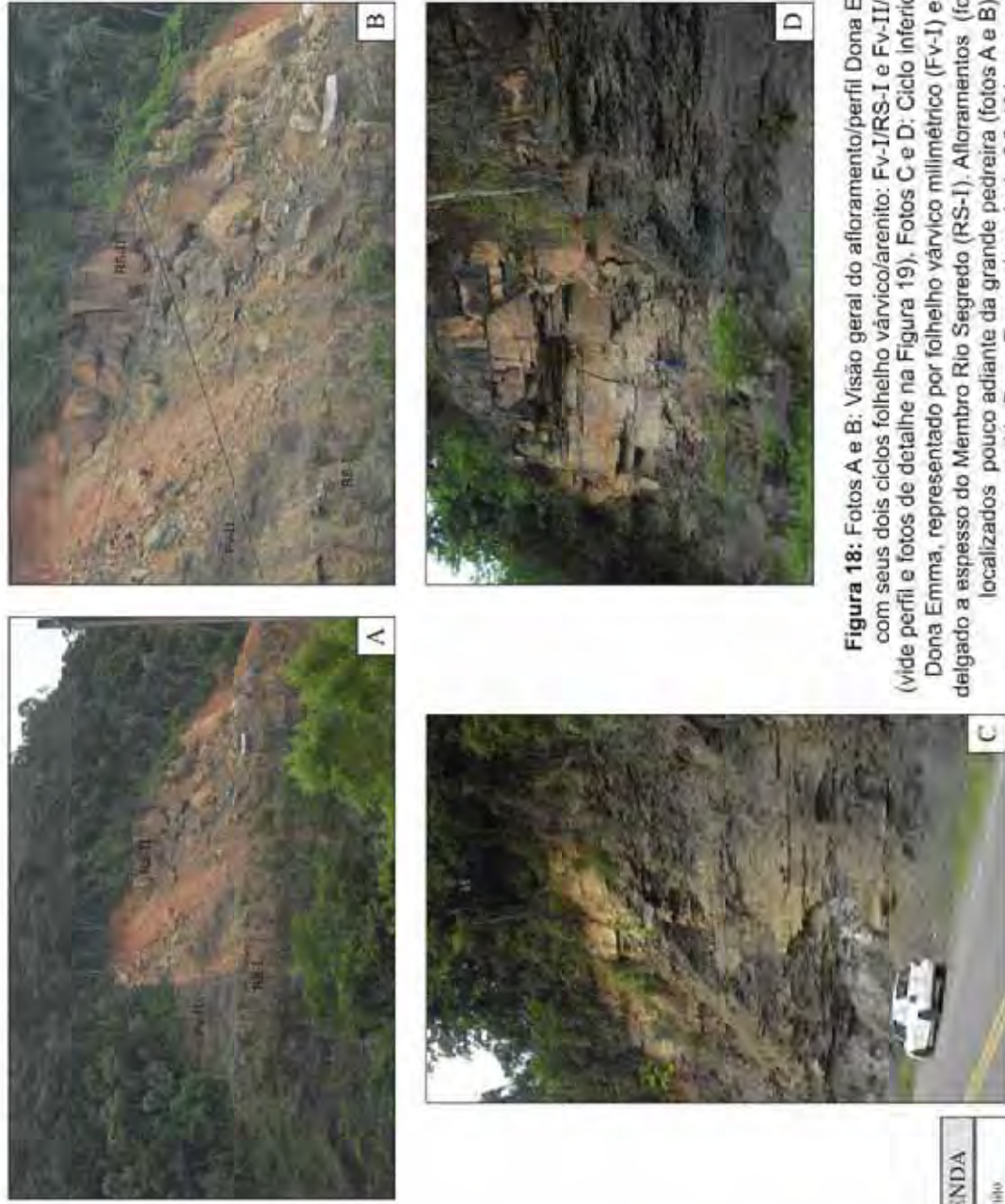
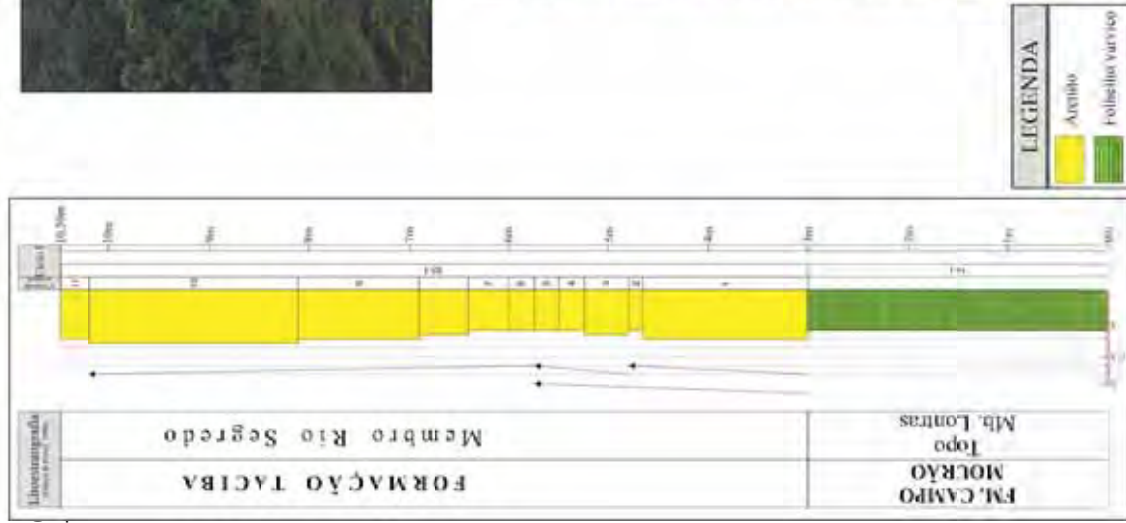


Figura 18: Fotos A e B: Visão geral do afloramento/perfil Dona Emma, com seus dois ciclos folhelho varveico/arenito: Fv-I/RS-I e Fv-II/RS-II (vide perfil e fotos de detalhe na Figura 19). Fotos C e D: Ciclo inferior do perfil Dona Emma, representado por folhelho varveico milimétrico (Fv-I) e turbidito delgado a espesso do Membro Rio Segrado (RS-I). Afloramentos (fotos C e D) localizados pouco adiante da grande pedreira (fotos A e B), no sentido Dona Emma da rodovia SC-421.

4.1.5.2 Perfil Dona Emma – ciclo II

Esta notável exposição acabou sendo prejudicada pelo desabamento de grandes blocos de arenito, bem como de uma avalanche de lama e blocos que segmentou ao meio a grande exposição, impossibilitando um acesso minimamente seguro ao setor esquerdo da mesma (**Figura 19**).

Do lado direito da pedreira, o substrato é composto por folhelho várvido e turbiditos muito delgados encoberto por detritos. Sucedem dois afloramentos arenosos, provavelmente da parte inferior do arenito – ciclo II (RS-II), apenas registrados fotograficamente (**Figura 19-A, -B**).

O principal objeto de estudo é a porção superior do corpo arenoso do ciclo II, com espessura de aproximadamente 4 metros (além de outros 4 metros sotoposto a ele) e que forma uma frente contínua e visível (**Figura 19-C**).

Abaixo do arenito acima referido, encontram-se três fácies distintas agrupadas em dois níveis estratigráficos. Abaixo, uma fácies areno-argilosa à esquerda dá lugar lateralmente a uma fácies arenosa espessa, semelhante ao arenito de topo (à direita); acima, em posição superior, uma fácies “argilosa” recobre as anteriores e está sotoposta ao arenito de topo.

A primeira das três, areno-argilosa (ci, cs; **Figura 19**), é formada de dois pequenos ciclos de espessura semelhante, 1,5 metro cada, e uma geometria em cunha com topo plano (**Figura 19-D** ilustra o término das duas cunhas do lado direito). Cada ciclo revela uma sucessão granocrescente, de arenitos com laminação cruzada clino-ascendente e siltito, para um arenito fino/muito fino com laminação plano-paralela e cruzadas clino-ascendentes.

A segunda fácies, arenito (**Figura 19-D, -F, -H**; fácies as), é posicionada à direita da fácies anterior: consiste de um corpo arenoso de forma circular (parte superior, aparentemente resultado de uma deformação rotacional posterior, **Figura 19-D**) e que apresenta base tangencial, com lentes arenosas maciças ou deformadas plasticamente, bem como provável intercalação de arenito e siltito da fácies da cunha (ci) na sua porção basal (**Figura 19-E**).

A terceira fácies de folhelho várvido com turbidito muito delgado (tmd) se sobrepõe às anteriores e é bem distribuída sob o grande arenito de topo (at; **Figura 19-G, -H**). Esta possui uma espessura uniforme, com quase 1 metro,

que só se reduz por erosão ou deformação das camadas pelo arenito de topo (**Figura 19-H**).

Esse arenito do topo forma uma escarpa contínua e, portanto, uma geometria tabular, que é interrompida na altura do seu 4º bloco (**Figura 19-C, -H**). Neste, é observado um adelgaçamento para a direita, devido ao “anteparo” representado pelo corpo arenoso (at) anterior ao marco de folhelho várvido/turbidito muito delgado (tmd) (**Figura 19-H, -D**). Em compensação, o arenito at apresenta falha de crescimento em seu canto esquerdo, observável na face perpendicular ao *trend* geral (**Foto 19-C, -H**) e ilustrada na **Figura 19-L**. Aqui a falha sindeposicional afeta o terço inferior do arenito, e “injeta” apêndices arenosos como “diques” e “soleiras” no folhelho várvido sotoposto.

Outra observação no arenito do topo provém de sua extremidade esquerda acessível, entre o 1º e 2º blocos (**Figura 19-B**). Uma superfície inclinada, sigmoidal, recebe depósitos areno-lamíticos escorregados (**Figura 19-I**) que sugerem uma migração lateral (para a direita) do corpo arenoso de topo. Um último bloco de arenito, à esquerda (inacessível), completa o quadro estratigráfico (**Figura 19-J**). A **Figura 19-K** mostra a parte superior de um bloco caído, com intraclastos de folhelho e laminação cruzada clino-ascendente em seu topo. Esse mesmo bloco, com 5 metros, exhibe na sua base prováveis laminações cruzadas clino-ascendentes, que lhe confere um aspecto sigmoidal mais adequado para um contexto deltaico.

Em síntese, o perfil Dona Emma é bastante diferente dos anteriores, e o tratamento em forma de ciclos é adequado (folhelho + arenito I e II). No **Capítulo 5** (correlação) “amarra-se” tais ciclos aos sistemas e sequências observados.



L



I



K



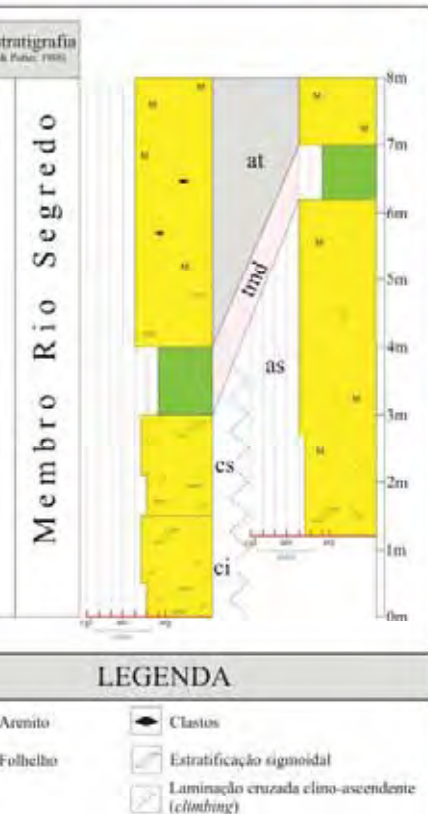
G



4º Bloco



E



C



4.1.6 Perfil Boa Vista

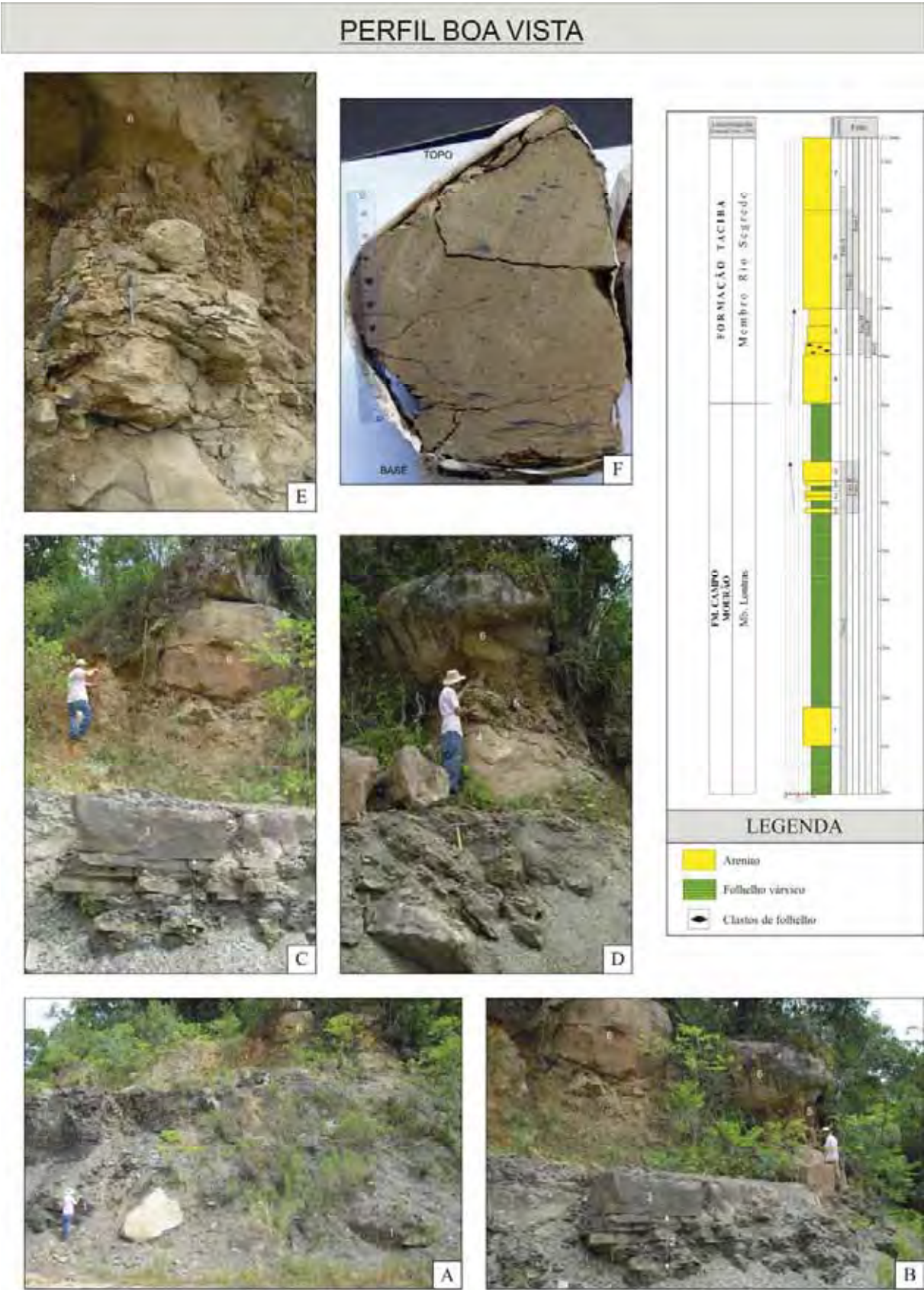
O perfil Boa Vista foi levantado em um único afloramento, com acesso pela rodovia Presidente Getúlio – Dona Emma. Utilizou-se uma estrada que sai à direita e que cruza o ribeirão Krauel, subindo a serra com destino a José Boiteux (outro lado da serra), topando o afloramento pouco adiante (**Figura 02**).

O perfil, de 13,5 metros, tem início com o folhelho várvido Lontras, contendo uma camada bem tabular arenosa (arenito 1, **Figura 20-A**). Sucede um pequeno ciclo de aumento do teor de arenito, quando o folhelho várvido passa a turbidito areno-argiloso e a turbidito arenoso. A sucessão apresenta no total 5 metros de espessura, sendo 4 metros do folhelho várvido e 1 metro das fácies arenosas (turbiditos 2 e 3, **Figura 20-B, -C**). Observou-se uma segunda ocorrência do folhelho várvido (1 metro) sobreposto por um corpo arenoso, com quase 6 metros de espessura (**Figura 20-D**). Este último compreende dois conjuntos, o dos arenitos 4 e 5 com granodecrescência ascendente, e os estratos muito espessos 6 e 7, em forma de caixa (**Figura 20-C, -D**).

Todos os estratos se assemelham a turbiditos, inclusive o arenito 5, com laminações horizontais e clastos de folhelho, indicando processos de suspensão (**Figura 20-E, -F**).

O perfil Boa Vista é correlacionável com o perfil Dona Emma – ciclo I, 2 quilômetros a oeste (ver mapa de localização na **Figura 2** e/ou **Apêndice B**), em relação à escarpa dos arenitos 4 a 7. Entretanto, o intervalo contendo os arenitos 1 e 2/3 não foi observado em Dona Emma. Tal arenito de 4 a 7, incluindo o folhelho várvido Lontras sob o mesmo, corresponde ao arenito Rio Segredo – ciclo I de Dona Emma (**Figura 18-D**). Ou seja, os turbiditos 2 e 3 com espessamento ascendente diferem daqueles de uma fase transgressiva inicial igualmente posicionados na base do Membro Rio Segredo (ver perfis anteriores, **Figuras 14 a 17**). Outro fato que comprova esta conexão, e, portanto, identifica um contexto Boa Vista – Dona Emma, é a ocorrência, em Dona Emma – ciclo II, de outro espesso folhelho várvido sotoposto aos arenitos com estratos gigantes – RS-II (**Figura 19**). Fácies semelhante a esses estratos gigantes, e em posição estratigráfica similar, são encontradas na rodovia Boa Vista – José Boiteux, sentido descida para José Boiteux (**Figura 2** e/ou **Apêndice B**). Tais estratos arenosos

gigantes estão pouco abaixo de depósitos glaciais, que delimitam superiormente o Membro Rio Segredo.



4.1.7 Perfil Mirador

Este perfil é composto por três afloramentos isolados na rodovia Presidente Getúlio – Mirador, ao largo da margem direita do ribeirão da Onça. Nele são encontrados os últimos pontos do turbidito Rio Segredo, que praticamente não é mais visto ao sul. Como exemplo, na rodovia entre Presidente Getúlio e Rio do Sul, via serra, diamictito glacial sobrepõe-se diretamente ao folhelho Lontras.

O primeiro grande afloramento, junto ao parque aquático, revela um corpo principal de arenito inserido dentro do folhelho Lontras, semelhante ao arenito Rio Segredo – ciclo I de Dona Emma (**Figura 21-A**; Cf. **Figura 18**).

Os dois pontos seguintes, no sentido Mirador, mostram inicialmente bancos arenosos de espessura média e delgada, e significativas mudanças laterais de espessura. O folhelho várvido interpõe-se entre esses arenitos e aqueles mais para o topo do afloramento: estes se apresentam como pseudonódulos e outras deformações ligadas a escorregamentos e corte erosivo de superfícies (**Figura 21-B**).

O último ponto mostra arenitos espessos e praticamente tabulares, interrompidos por falhas normais, aparentemente progradando sobre os folhelhos, num contexto que lembra uma deposição mais proximal, sob influência deltaica (**Figura 21-C**).

PERFIL MIRADOR



Figura 21: Afloramentos do perfil Mirador (rodovia Presidente Getúlio - Mirador). Escala: martelo com 27,7 cm.

4.2 Correlação Estratigráfica

Quatro dos cinco perfis estratigráficos apresentados na **Figura 22** dispõem-se aproximadamente na direção N-S, numa distância de 28 quilômetros, sendo que os perfis Forcação e Dona Emma são mais arenosos e próximos da área fonte, respectivamente a norte e sul. O perfil Laeisz é o mais areno-argilo e distal, enquanto o Wiegand tem características intermediárias entre o Forcação e Laeisz. Assim, tal seção N-S é orientada no sentido do mergulho deposicional. O perfil Taiózinho fica 40 quilômetros a noroeste do Laeisz, com o qual guarda bastante semelhança faciológica e deposicional. Assim, pode-se inferir um *strike* NO-SE para a “bacia” turbidítica, donde a projeção do perfil Taiózinho na seção N-S.

Cálculos de razão arenito:folhelho (*sand:shale*) e frequência das espessuras dos estratos foram realizados em escritório. A visualização dos perfis Forcação, Wiegand e Laeisz já fornece um sentido proximal – distal, confirmado pela maior razão arenito:folhelho e frequência dos turbiditos espessos no sentido do Forcação. A grande espessura do folhelho Lontras entre os dois turbidíticos arenosos do perfil Dona Emma também serve como indicativo da maior variação paleoambiental desta área sul.

Conclui-se, com base nos perfis estudados, que todo o estrato ou ciclo turbidítico apresenta granodecrescência ou adelgaçamento ascendente. O marco da parte média da sequência II é um bom exemplo (**Figura 22**) e também configura um tipo intermediário entre turbiditos arenosos e argilosos, ou seja, o marco é constituído de turbiditos areno-argilosos comportando espessuras médias e delgadas. Pelo contrário, no caso dos arenitos, a tendência é de progradação, refletido no seu padrão clássico de granocrescência e espessamento ascendente. Corresponde na seção ao padrão “funil”, o qual ocorre cinco vezes no perfil Forcação e quatro vezes no perfil Dona Emma (**Figura 22**).

O primeiro sistema (I-A) mostra um padrão marinho distal na área norte, e um formato de “caixa” arenosa no perfil Dona Emma (proveniência principal sul). Para o sistema I-B, a porção norte (Forcação) também já atua como área fonte (**Figura 22**).

A sequência II registra a maior expansão do sistema marinho para o sul; a **Figura 22** revela o afinamento textural do Forcação (arenoso) para o Dona Emma (argiloso).

Finalmente, a sequência III revela uma contribuição deltaica da borda sul, com prováveis lobos sigmoidais, e a presença, para o topo, de turbiditos de espessura “gigante”, indicando também características mais rasas de frente deltaica. Tal condição mais rasa também ocorre na parte norte, porém com menor importância.

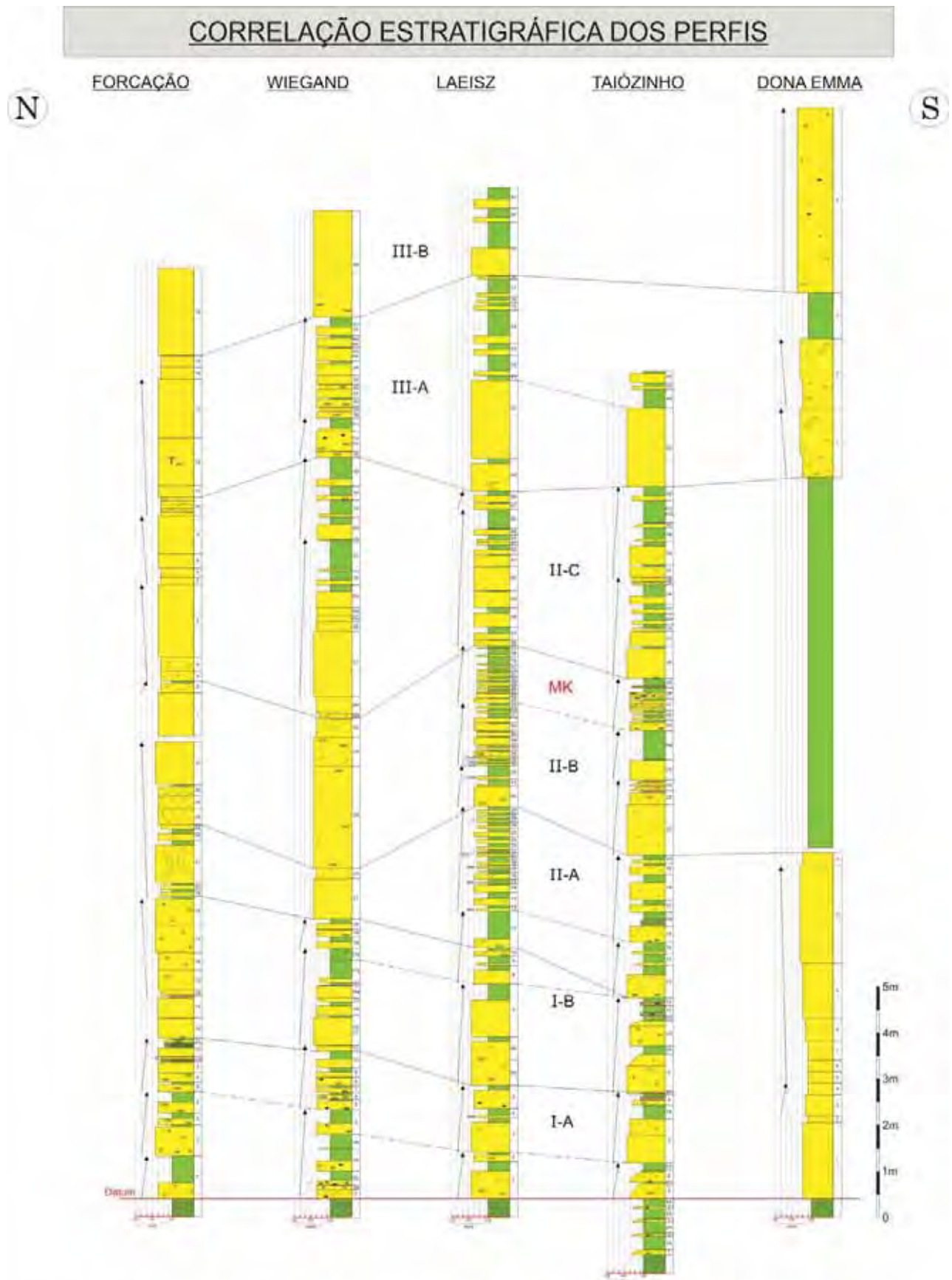


Figura 22: Correlação cronoestratigráfica entre os perfis selecionados. *Datum*, contato Lontras/Rio Segredo. Sete ciclos (I-A a III-B) e três sequências de alta frequência (I, II e III). MK = marker.

CAPÍTULO 5

Turbiditos da Bacia Tanqua-Karoo: um Análogo?

No extremo sudoeste da Bacia Karoo, localizada no sul do continente africano (**Figura 23-A**), imediatamente a norte da Faixa Dobrada do Cabo (CFB, *Cape Foldbelt*), desenvolveram-se duas sub-bacias, Tanqua e Laingsburg (**Figura 23-A**), com intervalos de turbiditos de leque de assoalho de bacia. Sua geometria em lençol e praticamente nenhuma deformação (Tanqua) torna-os possíveis análogos para o Membro Rio Segredo.

A Bacia Karoo desenvolveu-se como uma bacia *foreland*, sendo bordejada pela Faixa Dobrada do Cabo, que forma uma cadeia montanhosa ao longo de sua margem sudoeste. Os dois ramos da CFB (**Figura 23-B**), um com orientação noroeste e outro leste-oeste, se encontram em uma área sintáxica onde se desenvolveu um par de anticlinais com orientação N-E. A formação incipiente desse par anticlinal resultou no desenvolvimento das duas sub-bacias sendo a forma alongada da Bacia Laingsburg devida a anticlinais com eixo E-W associado ao desenvolvimento do cinturão dobrado (BOUMA; WICKENS, 1994; GRECULA et al., 2003).

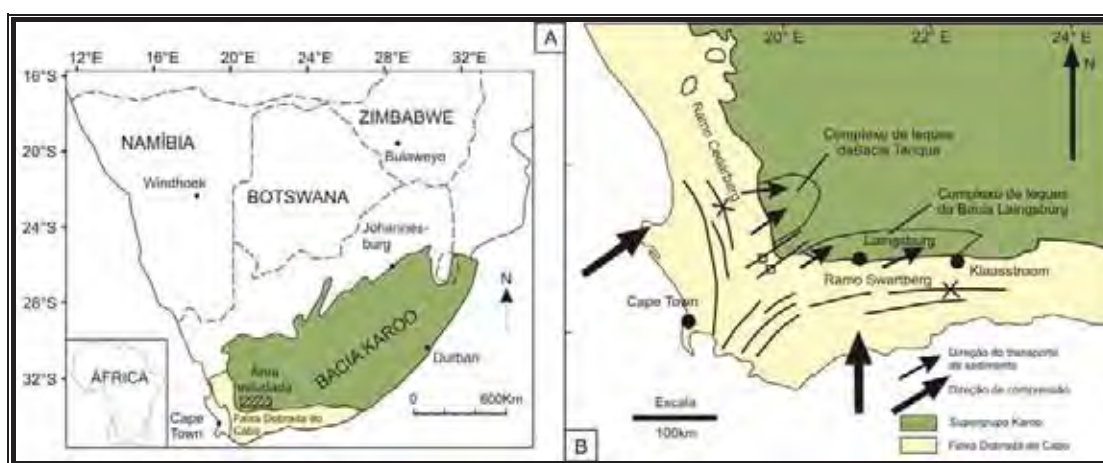


Figura 23: A – Mapa de localização da área de estudo, no canto sudeste da Bacia Karoo, vizinha à Faixa Dobrada do Cabo (CFB) (modificado de GRECULA et al., 2003). B – Áreas dos dois complexos de leque de assoalho de bacia, Tanqua e Laingsburg, com o transporte de sedimentos a partir dos dois ramos da CFB (modificado de JOHNSON et al., 2001).

A coluna pós-Whitehill (equivalente a Formação Irati no Brasil) é composta das formações Collingham e Tierberg/Vischckil, a primeira com turbiditos delgados intercalados com tufos vulcânicos, e a Tierberg com 600 metros de folhelhos baciais (Bacia Tanqua) ou Vischckil (Bacia Laingsburg), com 150 metros de siltitos-turbiditos distais. Próximo ao topo desta última ocorrem feições de deslizamento e escorregamento (espessura de 20 a 30 metros), que podem refletir a primeira fase de deformação na bacia (**Figura 24**).

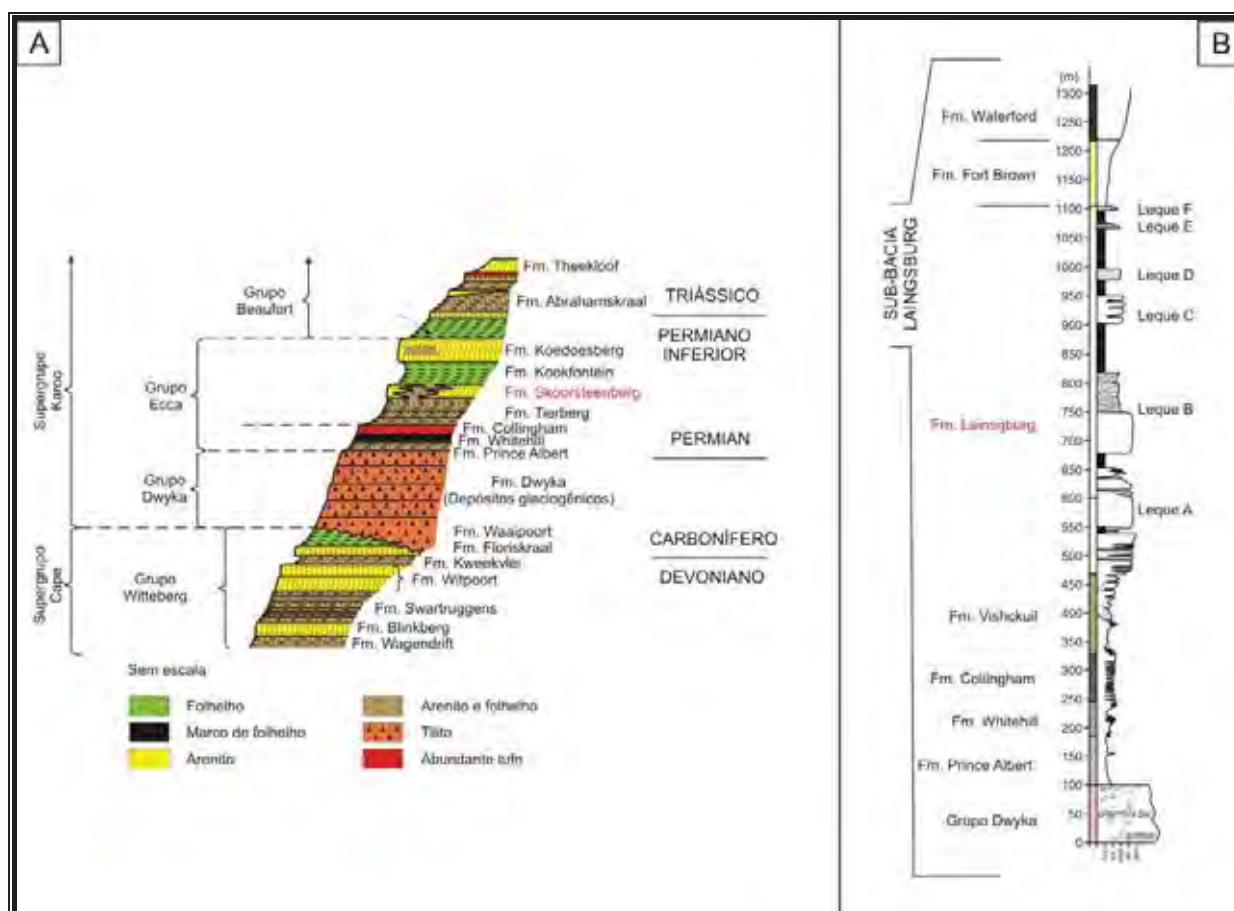


Figura 24: Cartas estratigráficas das Bacias Tanqua – Karoo (A) e Laingsburg – Karoo (B), com a posição dos turbiditos das formações Skoorsteenberg e Laingsburg (Neopermiano), do Grupo Eccia (A – modif. de BOUMA; WICKENS, 1994; B – modif. de GRECULA et al., 2003).

Sucedem as unidades turbidíticas das formações Skoorsteenberg, com 450 metros de espessura (Bacia Tanqua; **Figura 24-A**), e Laingsburg, 800 metros de espessura (bacia homônima; **Figura 24-B**). A primeira ocupa uma área de 650 quilômetros quadrados e é composta de cinco leques de assoalho de bacia (números 1 a 5) e um sexto leque de talude, separado entre si por folhelhos baciais

(BOUMA; WICKENS, 1994). A segunda Formação/sub-bacia apresenta seis intervalos ricos em turbiditos arenosos, separados por unidades argilosas com 10 a 90 metros de espessura (GRECULA et al., 2003).

Em seguida, na sub-bacia Tanqua, tem-se as formações Kookfontein e Koedoesberg, com depósitos argilosos de prodelta/talude e arenosos de frente deltaica. Na sub-bacia Laingsburg, as unidades correspondentes são as formações Fort Brown e Waterford.

Na sub-bacia Tanqua, dois leques de assoalho de bacia mostram complexos de canal com depósitos de dique e extravasamento (*levee-overbank*), ou seja, leque médio, que mudam mergulho abaixo para lobos não canalizados, em lençol (leque externo). Os outros três leques de assoalhos de bacias contêm lobos de leques externos (BOUMA; WICKENS, 1994).

Na sub-bacia Laingsburg, os seis leques são designados de A a F (**Figura 24-B**), sendo o leque A um complexo de leque de assoalho de bacia, seguido pelos leques B a F, que exibem intervalos canalizados com amalgamento interno, depositados em talude e base de talude (GRECULA et al., 2003). Os preenchimentos de canais no leque B são agrupados em complexos, que criam uma rede entrelaçada flanqueada por depósitos (em lençol) de extravasamento, estendendo-se por 40 quilômetros mergulho abaixo. Este caso é documentado por Grecula et al. (2003) na localidade Skeiding. A **Figura 25** mostra o padrão de empilhamento e as fácies típicas de um ciclo deposicional, em elementos arquiteturais de um sistema turbidítico de canal – extravasamento (*channel-overbank*): destaque para a diminuição de energia (adelgaçamento – *thinning* e granodecrescência – *fining*) do eixo para a margem do canal e daí para o lençol de extravasamento (GRECULA et al., 2003).

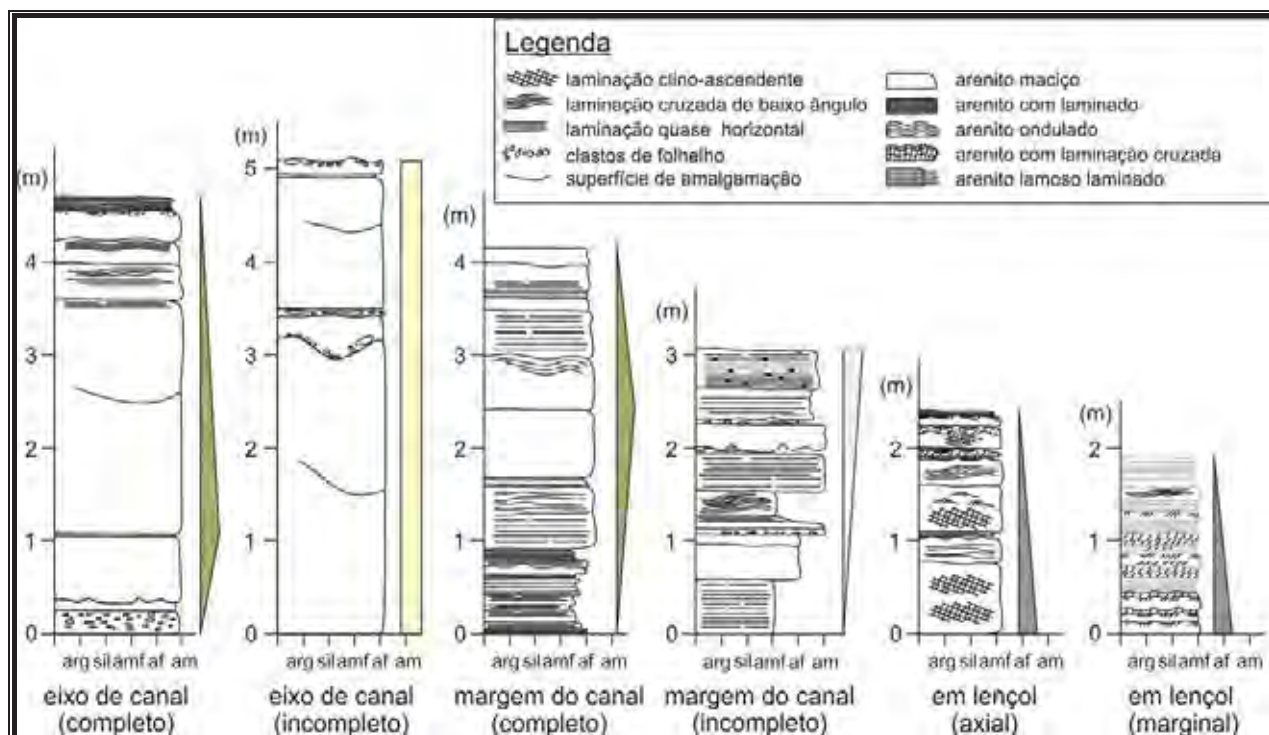


Figura 25: Variações no padrão de empilhamento e fácies típicas de um ciclo deposicional, em diferentes elementos arquiteturais de um sistema turbidítico *channel-overbank* (GRECULA et al., 2003).

Dois trabalhos mais recentes se ocuparam dos turbiditos da Bacia Tanqua. Johnson et al. (2001) mapearam cinco leques submarinos (1 a 5), sendo os quatro primeiros de assoalho de bacia, e o quinto de talude; o leque 3 é ilustrado na **Figura 26-A**. Nota-se o padrão de leque canalizado, com a distribuição radial dos canais e as paleocorrentes se dirigindo para NNE. Hodgson et al. (2006) mapearam quatro leques submarinos, com o apoio de sete poços testemunhados/perfilados. Em seu mapa de isópacas do leque 3, observa-se um depocentro de 50 metros e orientação inicial das curvas E-W passando a N-S, refletindo paleocorrentes para leste e depois norte (**Figura 26-B**). A **Figura 27** (HODGSON et al., 2006) mostra a paleogeografia dos leques 2 e 3: é nítida a progradação, para leste e norte, do leque 3 relativamente ao de número 2. Os autores também interpretam o leque 3 formando-se a partir da base do talude.

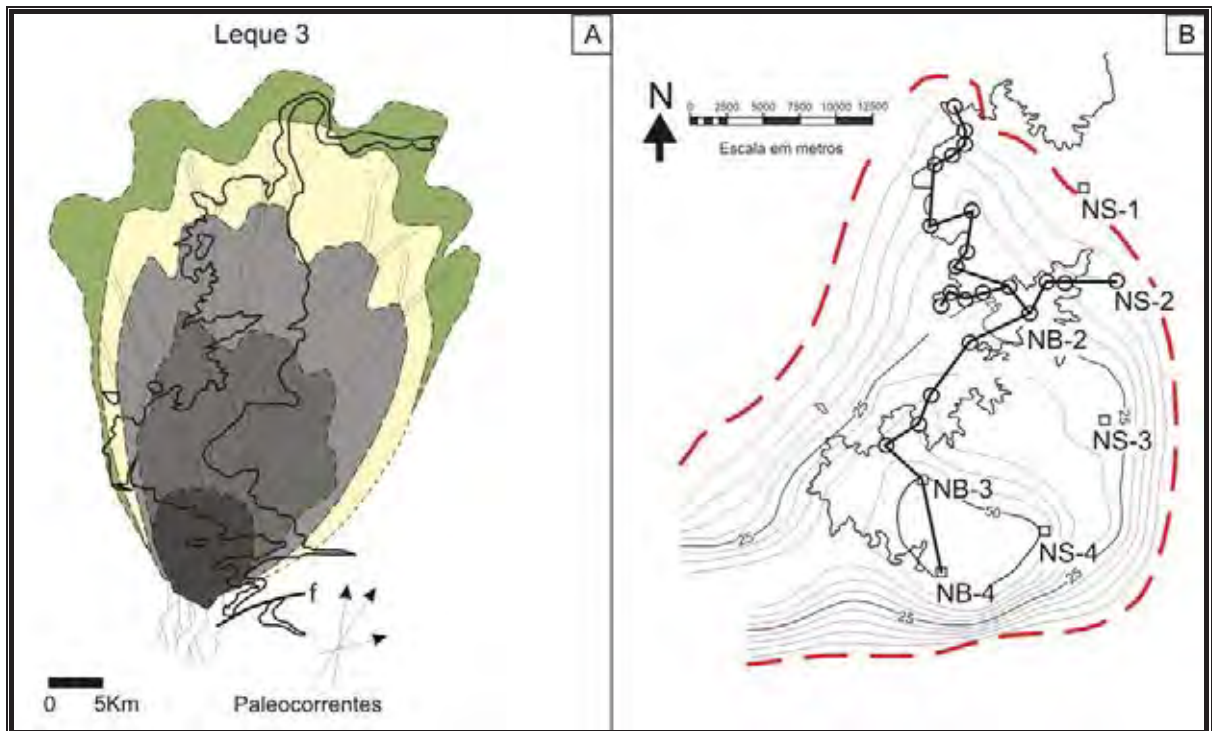


Figura 26: A – Diagrama ilustrativo do sistema de canais do leque 3 (modif. de JOHNSON et al., 2001). B – Mapa de isópacos do leque 3, integrando afloramentos e poços (intervalo de contorno, 5 metros; HODGSON et al., 2006).

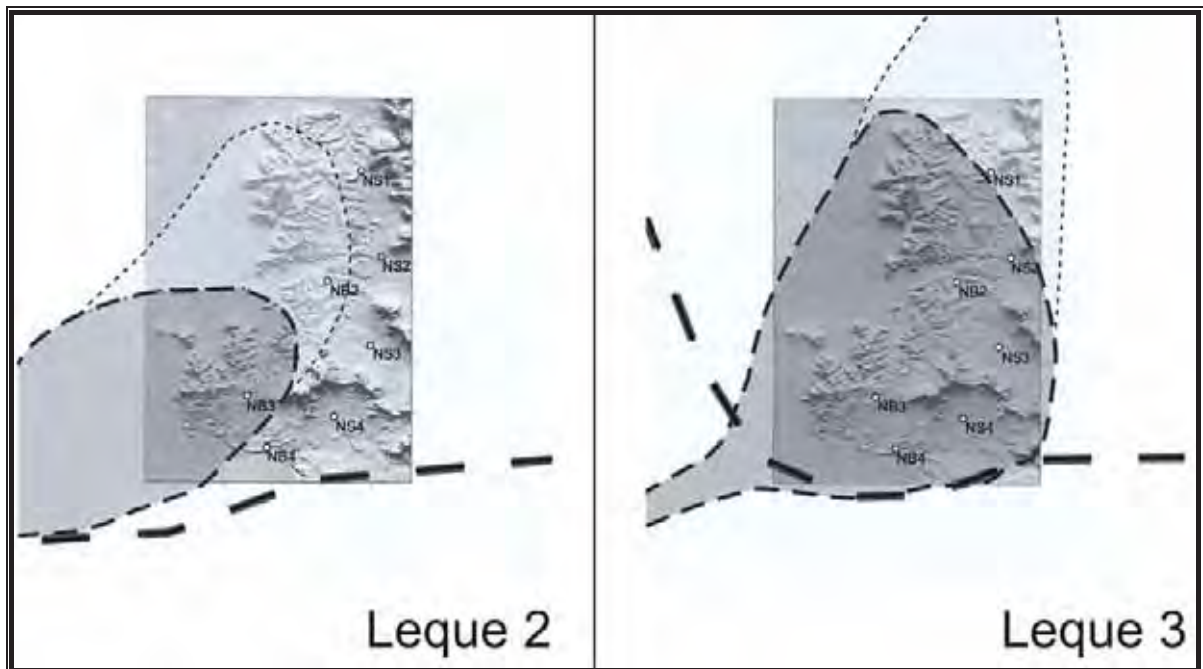


Figura 27: Reconstruções paleogeográficas dos contornos de sistemas do leque 2 e 3. Linhas tracejadas mais espessas representam a base (estimada) do talude (HODGSON et al., 2006).

O painel N-S de correlação dos poços testemunhados mostra os três leques (2, 3, 4), os folhelhos e siltitos separando os leques (*interfan*, *siltstone*), além do leque de talude (unidade 5). Destaca-se na **Figura 28** (HODGSON et al., 2006) que:

- ⇒ Cada leque arenoso prograda sobre o siltito interleque, no sentido norte;
- ⇒ Usando o siltito interleque da base do leque 4 como *datum*, pode ser observada uma geometria sigmóide do mesmo, refletindo também no *drape* síltico do topo do leque 4, que realça o perfil clinoformal da progradação; e
- ⇒ O máximo do tamanho de grão é areia fina, motivo pelo qual tais leques turbidíticos são diferenciados (*fine-grained turbidites*).

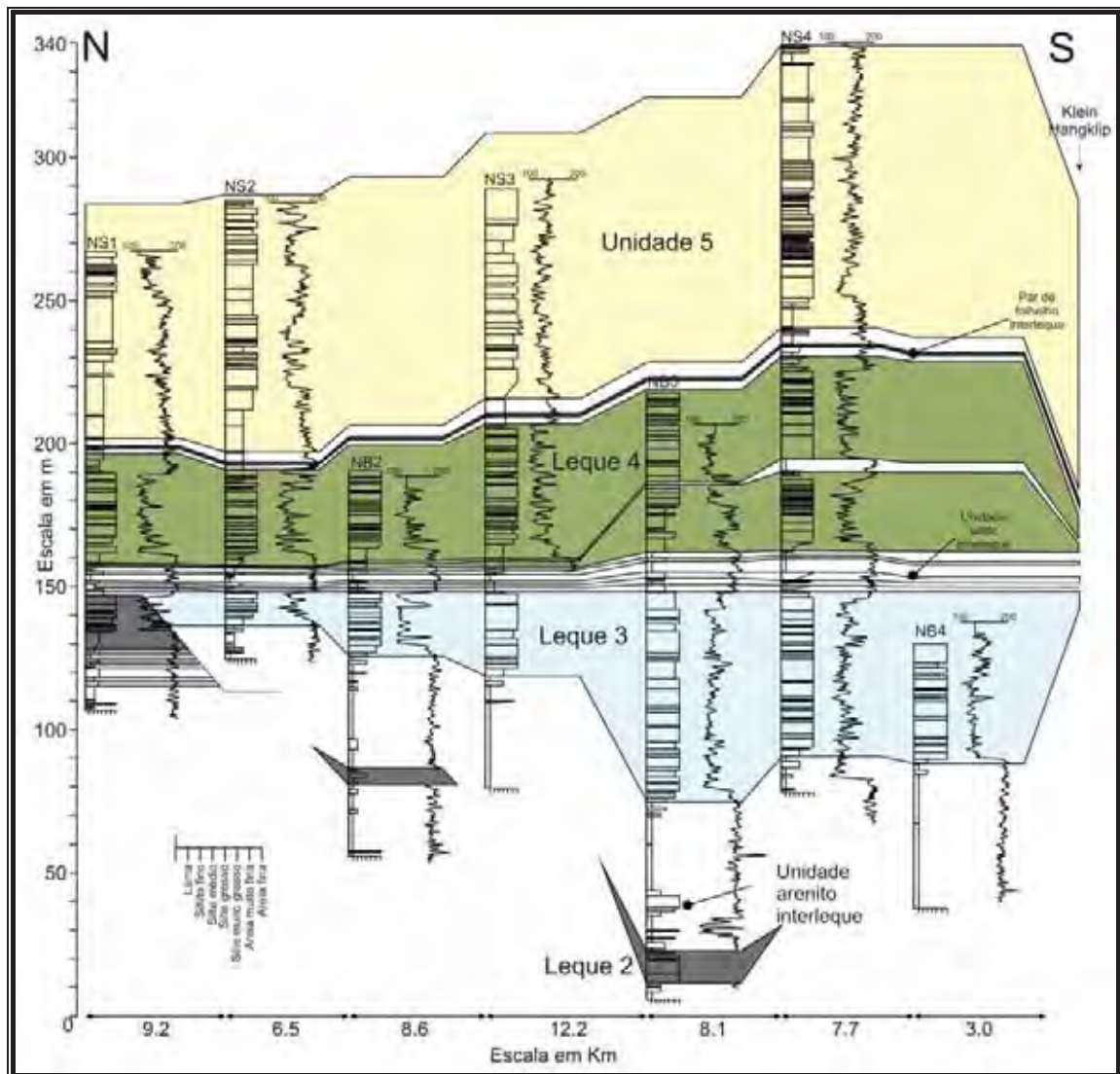


Figura 28: Pannel N-S de correlação de três leques de assoalho de bacia (2, 3, 4) e do sistema de talude sobreposto (unidade 5), em sete poços com testemunhos e perfis Raio Gama (à direita de cada poço). Unidades sílticas separam os leques arenosos, e o tamanho máximo de grão é areia fina (modif. de HODGSON et al., 2006).

A **Figura 29** mostra o empilhamento do leque 3 em seção estratigráfica elaborada por Johnson et al. (2001). Nota-se, como foi feito na **Figura 28**, que o *datum* está na base do leque, e portanto, também vai se evidenciar a geometria clinoformal do referido leque submarino. Destacam-se três ciclos menores de granocrescência, cada um com o respectivo siltito – folhelho (suas “seções-condensadas” e, portanto, “transgressivas”). Há uma nítida progradação desses “sub-leques” para a esquerda (norte). Os autores também mencionam uma geometria lobada na unidade arenosa mais baixa (**Figura 28**; vide a geometria do leque 3 na **Figura 26-A**).

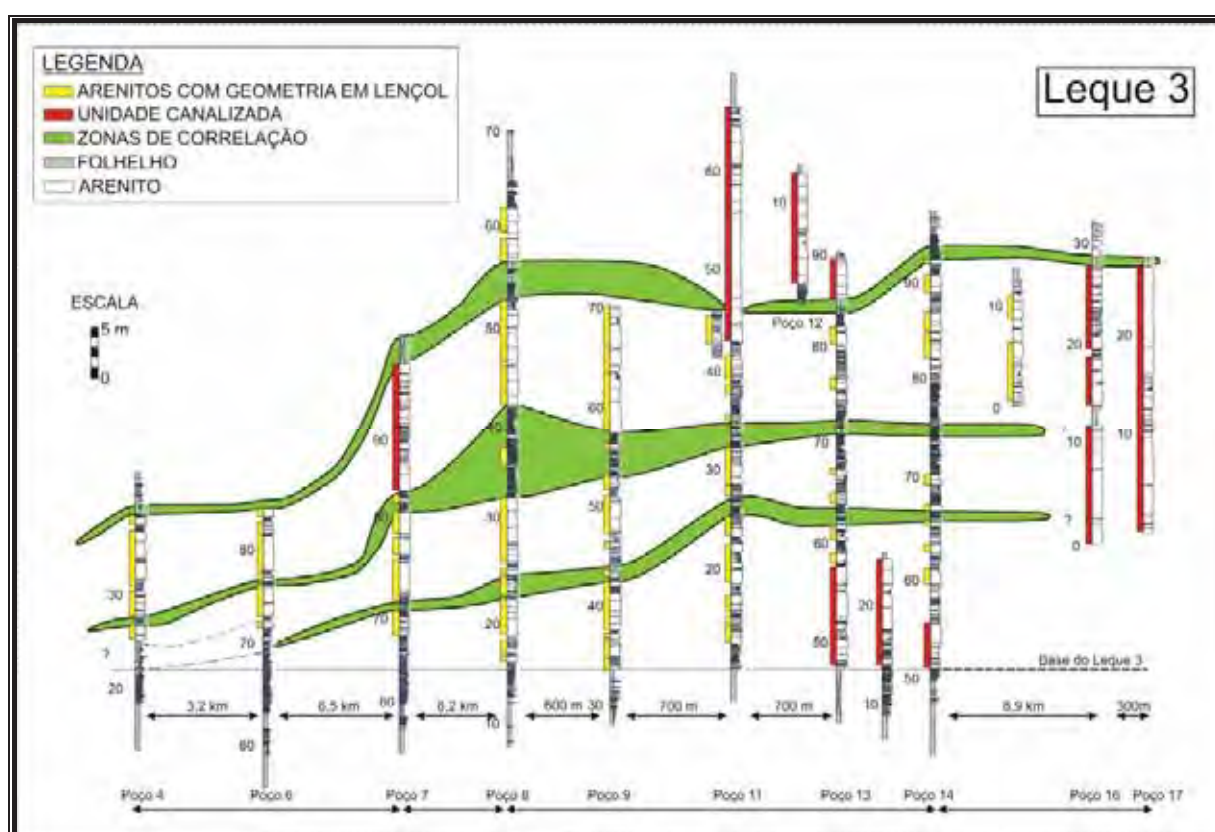


Figura 29: Leque 3, destacando a correlação de seções condensadas (verde), e usando a base do leque como *datum*. Notar geometrias clinoformais das seções condensadas mergulhando para a bacia (norte), e a geometria lobada da unidade arenosa mais inferior (JOHNSON et al., 2001).

Johnson et al. (2001) ilustram esquematicamente na **Figura 30** a evolução da sedimentação turbidítica profunda (Formação Skoorsteenberg) para marinha rasa (formações Kookfountain e Koedoesberg – ver **Figura 24-A**). Nota-se os leques de

assoalho de bacia (1 a 4), leque de talude (5) e sistema alimentador de talude (unidade 6).

Esse modelo de turbidito (de base de talude) alimentado por delta de margem de plataforma se assemelha a alguns sistemas Mesozóicos, como a Formação Itajaí/Membro Ilhabela (Turoniano – Santoniano) da Bacia de Santos (PEREIRA, 1990). O sistema de leque canalizado, na verdade se assemelha ao do Neogeno do grande Cone do Amazonas, quando a melhor opção seria o modelo de supraleque (*suprafan*), ou seja, canal conectado com lobo (NORMARK, 1978).

Todavia, o importante são as analogias desses sistemas turbidíticos Tierberg/Skoorsteenbergh ou Vischknil/Laingsburg com o sistema de água profunda Lontras/Rio Segredo. Enquanto que aqui se tem apenas um ciclo de progradação, na sub-bacia Tanqua são cinco leques arenosos, sendo o leque inferior (1) sobre o folhelho bacial, o que mais se identifica com este caso. No sul africano, a ciclicidade está relacionada ao contexto *foreland* da Bacia Tanqua – Karoo, manifestando uma tectônica ativa com a sedimentação do Grupo Ecça (GRECULA et al., 2003).

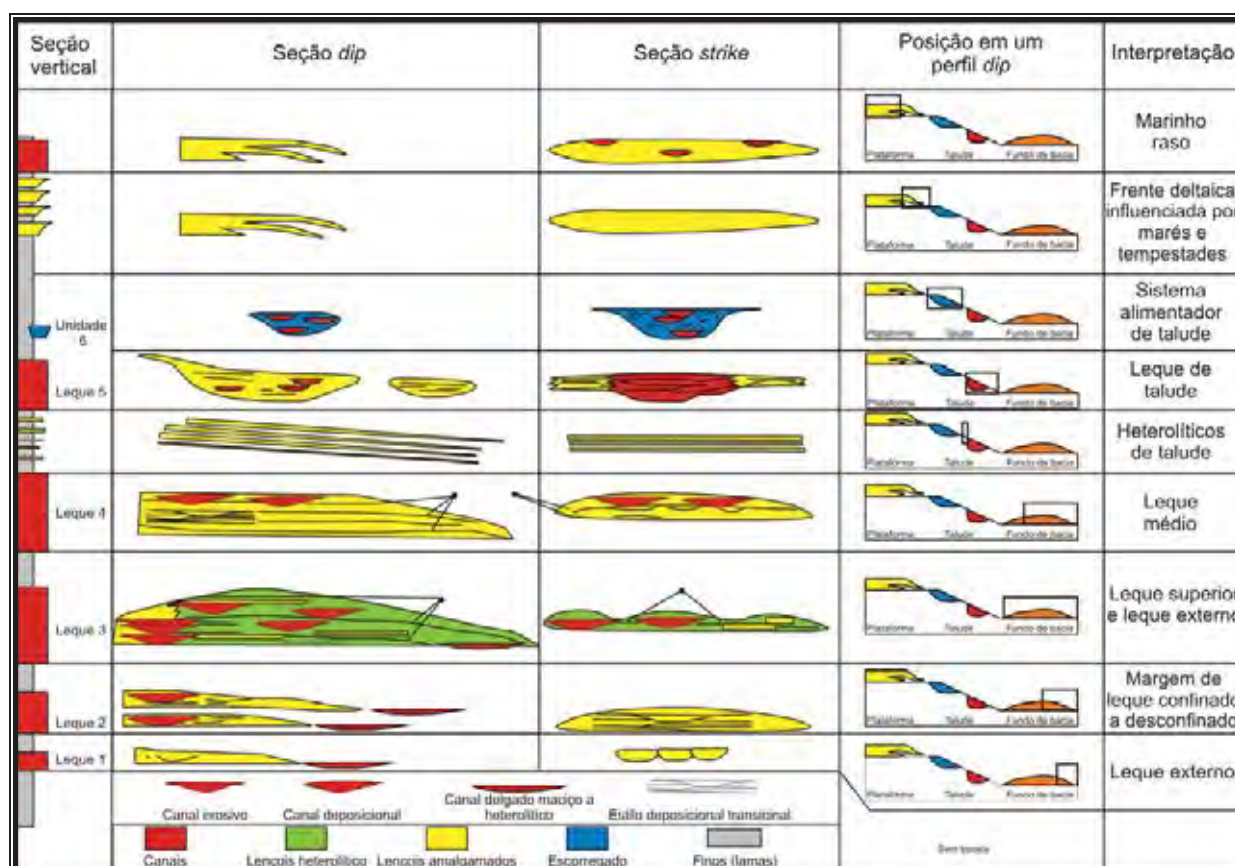


Figura 30: Sumário da estratigrafia dos elementos arquiteturais e geometrias em seções *dip* e *strike*, e das posições estratigráficas dos sistemas de leque, talude e plataforma da Bacia Tanqua-Karoo (JOHNSON et al., 2001).

CAPÍTULO 6

Conclusões

Turbiditos “arenosos” (espessos) e “argilosos” (folhelhos “várnicos” milimétricos) formam um par ou ciclo de fácies arenito + folhelho, tendo o contato brusco entre os dois componentes.

Um ciclo “intermediário” é representado por uma sucessão de turbiditos médios a delgados gradando a folhelho. Um exemplo é o caso do *marker* (sequência II), um conjunto de camadas turbidíticas (*bedsets*) que mostra uma tendência de decrescência ascendente de suas texturas e espessuras.

O folhelho participa como intervalo T_e da sequência Bouma, incluindo o T_{de} , centimétrico ou milimétrico, este último equivalente ao folhelho várnico Lontras. A fácies “folhelho”, cor verde nos perfis desta Dissertação, abriga turbiditos muito delgados (1 a 3 centímetros) e é considerada como sendo outra fácies. Assim, um par turbidítico, arenito de base e folhelho de topo, constitui um ciclo de duas fácies, seja ele espesso ou delgado.

Na seção estratigráfica N-S, nota-se um aumento da razão arenito:folhelho, sendo o perfil Forçação o mais arenoso em relação aos demais. Nele também são detectados vários ciclos de estratocrescência, que corroboram uma interpretação deltaica.

Na margem sul, a sucessão Lontras – Rio Segredo representa uma deposição turbidítica de plataforma segundo dois ciclos arenosos maiores, sendo que no ciclo superior já se tem evidências deltaicas de água rasa.

Um importante alto de embasamento delimita as “bacias” do norte (rio Hercílio – Presidente Getúlio) e centro catarinense (Rio do Sul – Alfredo Wagner). Esse alto serviu como área fonte local para explicar a proveniência sul do perfil Dona Emma.

A Bacia Tanqua – Karoo, localizada no sul da África, tem uma área de abrangência semelhante (600 quilômetros quadrados) além de turbiditos em lençol que também progradam sobre folhelhos marinhos, os quais são sucedidos por depósitos de talude/prodelta e deltaico. Devido ao contexto mais subsidente de

bacia *foreland*, esses turbiditos apresentam uma espessura bem maior em relação aos turbiditos Rio Segredo, englobando até cinco ciclos progradantes.

A cronoestratigrafia de detalhe, em nível de estrato genético, trouxe resultados surpreendentes; quanto à constituição e arquitetura de turbiditos de plataforma marinha. Recomenda-se este intervalo estratigráfico, no norte de Santa Catarina, para a formação de recursos humanos.

CAPÍTULO 7

Referências Bibliográficas

BEAUBOUF, R. T.; ROSSEN, C.; ZELT, F. B.; SULLIVAN, M. D.; MOHRIG, D. C.; JENNETTE, D. C. 1999. **Deep-water sandstones, Brushy Canyon Formation, west Texas**: Field Guide for AAPG Hedberg Field Research Conference. Tulsa: AAPG, 1999. p. 6.2. (AAPG Continuing Education Course Note Series, 40).

BOUMA, A. H.; WICKENS, H. D. Tanqua Karoo, ancient analog for fine-grained submarine fans. In: ANNUAL RESEARCH CONFERENCE, 15., 1994, Houston, Texas. **Submarine fans and turbidite systems**: sequence stratigraphy, reservoir architecture and production characteristics: Gulf of Mexico and international. Houston, Texas: Gulf Coast Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Foundation, 1994. p. 23-34.

CANUTO, J. R. **Fácies e ambientes de sedimentação da Formação Rio do Sul (Permiano), Bacia do Paraná, na região de Rio do Sul, estado de Santa Catarina**. 1993. 164 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

CASTRO, J. C.; 1980a. **Fácies, ambientes e sequências deposicionais das formações Rio do Sul e Rio Bonito, leste de Santa Catarina**. Ponta Grossa: Petrobras, 1980a. 30 f. + anexos. Relatório Interno CENPES-232.

CASTRO, J. C. **Fácies, ambientes e sequências deposicionais das formações Rio do Sul e Rio Bonito, leste de Santa Catarina**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980b, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: SBG., 1980b. v. 1, p. 283-299.

CASTRO, J. C.; MEDEIROS, R. A. Fácies e modelos de sedimentação das formações Rio do Sul e Rio Bonito, leste de Santa Catarina. Fácies e evolução sedimentar do Grupo Passa Dois na BR-470, SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980c, Balneário Camboriú. **Boletim n. 3**: Roteiro de excursões. Balneário Camboriú : SBG., 1980c. v. 1, p. 69-97.

CASTRO, J. C. **A evolução dos sistemas glacial, marinho e deltaico das formações Rio do Sul e Rio Bonito/Mb. Triunfo (Eopermiano), sudeste da Bacia do Paraná.** 1991. 147 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

CASTRO, J. C. Ciclos ou Sequências no arcabouço cronoestratigráfico da sucessão Itararé (Formação Taciba) - Rio Bonito (Membro Triunfo), Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 2., 1995, Porto Alegre. **Boletim de Resumos Expandidos...** Porto Alegre: UFRGS, 1995. p. 66-70.

CASTRO, M. R. **Fácies e evolução estratigráfica das formações Rio do Sul e Rio Bonito (Membro Triunfo) no vale do Rio Hercílio, SC.** 1998. 113 f. + anexos. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

CHAPIN, M. A.; DAVIES, P.; GIBSON, J. L.; PETTINGILL, H. S. Reservoir architecture of turbidite sheet sandstones in laterally extensive outcrops, Ross Formation, western Ireland. In: ANNUAL RESEARCH CONFERENCE, 15., 1994, Houston, Texas. **Submarine fans and turbidite systems**: sequence stratigraphy, reservoir architecture and production characteristics: Gulf of Mexico and international. Houston, Texas: Gulf Coast Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Foundation, 1994. p. 53-68.

DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., 1970, Brasília. **Anais...** São Paulo: SBG., 1970, v. 1, p. 359-412.

DAEMON, R. Integração dos resultados palinológicos aos de fauna e flora de camadas fossilíferas do neopaleozóico da Bacia do Paraná – implicações estratigráficas e paleogeográficas. **Revista UNIMAR**, Maringá, v. 1, n. 1, p. 25-41, ago. 1974.

FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatórios do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2/4, p. 147-191, abr./dez. 1988.

GONÇALVES, A.; TOMMASI, E. 1974. **Mapeamento faciológico do Grupo Itararé no estado de Santa Catarina**. Ponta Grossa: Petrobras, 1974. 19 p. Relatório Interno DESUL 437.

GRECULA, M.; FLINT, S. S.; WICKENS, H. V.; JOHNSON, S. D. Upward-thickening patterns and lateral continuity of Permian sand-rich turbidite channel fills, Laingsburg Karoo, South Africa. **Sedimentology**, Oxford, v. 50, n. 5, p. 831-853, out. 2003.

HODGSON, D. M.; FLINT, S. S.; HODGETTS, D.; DRINKWATER, N. J.; JOHANNESSEN, E. P.; LUTHI, S. M. Stratigraphic evolution of fine-grained submarine fan systems, Tanqua depocenter, Karoo Basin, South Africa. **Journal of Sedimentary Research**, Tulsa, v. 76, n. 1/2, p. 20-40, jan./fev. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Dona Emma**: mapa topográfico: folha SG.22-Z-A-VI-4. Rio de Janeiro, 1980. 1 mapa, color., 59 cm x 75,5 cm. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Represa Alto Rio Preto**: mapa topográfico: folha SG.22-Z-A-VI-2. Rio de Janeiro, 1980. 1 mapa, color., 59 cm x 75,5 cm. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Rio dos Cedros**: mapa topográfico: folha SG.22-Z-B-IV-1. Rio de Janeiro, 1981. 1 mapa, color., 59 cm x 75,5 cm. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Rio do Sul**: mapa topográfico: folha SG.22-Z-C-III-2. Rio de Janeiro, 1980. 1 mapa, color., 59 cm x 75,5 cm. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Rio Itajaí do Norte**: mapa topográfico: folha SG.22-Z-A-VI-1. Rio de Janeiro, 1981. 1 mapa, color., 59 cm x 75,5 cm. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Timbó**: mapa topográfico: folha SG.22-Z-B-IV-3. Rio de Janeiro, 1981. 1 mapa, color., 59 cm x 75,5 cm. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Witmarsum**: mapa topográfico: folha SG.22-Z-A-VI-3. Rio de Janeiro, 1981. 1 mapa, color., 59 cm x 75,5 cm. Escala 1:50.000.

JOHNSON, S. D.; FLINT, S.; HINDS, D.; DE VILLE WICKENS, H. Anatomy, geometry and sequence stratigraphy of basin floor to slope turbidite systems, Tanqua Karoo, South Africa. **Sedimentology**, Oxford, v. 48, n. 5, p. 987-1023, out. 2001.

MACHADO, L. C. R. **Fácies e arcabouço estratigráfico do Grupo Itararé em Alfredo Wagner (SC) - sedimentação periglacial**. 1989. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1989.

MEDEIROS, R. A.; THOMAZ-FILHO, A.; RONCARATI, H. 1970. **Projeto Rio Bonito-fase I**. Ponta Grossa: Petrobras, 1970. 26 p. Relatório Interno DESUL-SERSTRA 402.

MEDEIROS, R. A.; THOMAZ-FILHO, A. Fácies e ambientes deposicionais da Formação Rio Bonito. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27., 1973, Aracajú. **Anais...** Aracajú: SBG., 1973. v. 3, p. 3-12.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHNEIDER, R. L. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 69-82, jan./mar. 1994.

MONTGOMERY, S. L. Permian Bone Spring Formation: sandstone play in the Delaware Basin part I – slope. **AAPG Bulletin**, Tulsa, v. 81, n. 8, p. 1239-1258, ago. 1997.

MORAES, M. A. S.; BLASKOVSKI, P. R.; PARAIZO, P. L. B. Arquitetura de reservatórios de águas profundas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 7-25, nov. 2005 / maio 2006.

MUTTI, E.; RICCI LUCCHI, F. Turbidite facies and facies associations. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 9., 1975, Nice. **Examples of turbidite facies and facies association from selected formations of the northern Apennines, field trip guidebook A-11**. Nice: 1975. p. 21-36.

MUTTI, E.; NORMARK, W. R. **Comparing examples of modern and ancient turbidite systems: problems and concepts**. In: LEGGETT, J.K.; ZUFFA, G.G. (ed.). *Marine Clastic Sedimentology*. London: Graham and Trotman, 1987. p. 1-38.

NORMARK, W. R. Growth pattern of deep-sea fans. **AAPG Bulletin**, Tulsa, v. 54, n. 11, p. 2170-2195, nov. 1970.

NORMARK, W. R. Fan-valleys, channels and depositional lobes on modern submarine fans: characters for the recognition of sandy turbidite environments. **AAPG Bulletin**, Tulsa, v. 62, n. 6, p. 912-931, jun. 1978.

NORMARK, W. R.; PIPER, D. J. W.; HESS, G. R. Distributary channels, sand lobes, and mesotopography of navy submarine fan, California borderland, with applications to ancient submarine fan sediments. **Sedimentology**, Oxford, v. 26, n. 6, p. 749-774, dez. 1979.

PEREIRA, M. J. **Análise estratigráfica e deposicional das formações Itajaí superior e Juréia inferior (mesoturiano/eo-santoniano), Bacia de Santos, Brasil**. 1990. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

SANTOS, E. L.; LOPES, R. C.; ZANINI, L. F. P. **Rio do Sul**: mapa geológico: folha SG.22-Z-C-III. Porto Alegre, 1986. 1 mapa, color., 70 cm x 77 cm. Escala 1:100.000. Mapa pertencente ao Projeto a borda leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica: relatório final. Coordenadores regionais: Antônio Michel Aborrage, Ricardo da Cunha Lopes. DNPM/CPRM. Brasília: 1986.

SANTOS, E. L.; LOPES, R. C.; ZANINI, L. F. P. **Witmarsum**: mapa geológico: folha SG.22-Z-A-VI. Porto Alegre, 1986. 1 mapa, color., 70 cm x 77 cm. Escala 1:100.000. Mapa pertencente ao Projeto a borda leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica: relatório final. Coordenadores regionais: Antônio Michel Aborrage, Ricardo da Cunha Lopes. DNPM/CPRM. Brasília: 1986.

SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG., 1974, v. 1, p. 41-65.

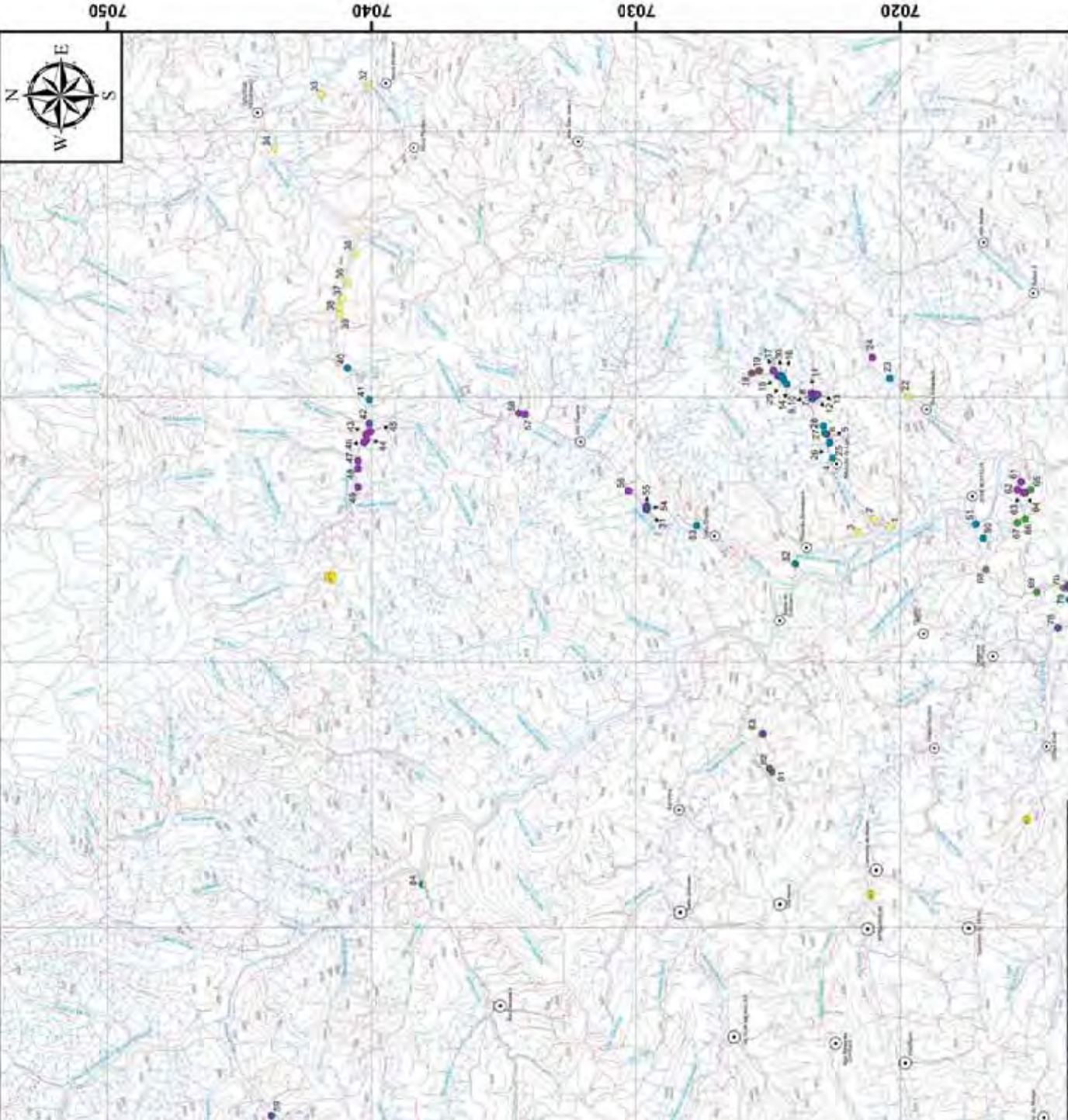
SILVA, M. G. **Determinação de trama deposicional em diamictitos glaciais da Formação Rio do Sul (Bacia do Paraná, SC) por meio do método do tensor de inércia.** 2005. 114 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SOUZA, P. A. Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. **Review of Palaeobotany & Palynology**, Amsterdam, v. 138, n. 1, p. 9-29, set. 2006.

TOMMASI, E.; RONCARATI, H. **Geologia de semi-detálhe do nordeste de Santa Catarina e sudeste do Paraná.** Ponta Grossa, Petrobras, 1970. p. 41. Relatório Interno DESUL 352.

VAN WAGONER, J. C.; POSAMENTIER, H. W.; MITCHUM, R. M.; VAIL, P. R.; SARG, J. F.; LOUTIT, T. S.; HARDENBOL, J. **An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions.** In: WILGUS, C. K.; HASTINGS, B. S.; KENDALL, C. G. St. C.; POSAMENTIER, H. W.; ROSS, C. A.; VAN WAGONER, J. C. (ed.). Sea-level changes: An integrated approach. Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 1988. p. 39-46.

WEINSCHÜTZ, L. C.; CASTRO, J. C. A sequência Mafra superior/Rio do Sul inferior (Grupo Itararé, Permocarbonífero) em sondagens testemunhadas da região de Mafra. **Geociências**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 131-141, jul./set. 2005.



LEGENDA

Fm. Campo Mourão \ Mb. Lontras

Mb. Triunfo (Fm. Rio Bonito)

Mb. Rio do Sul (Fm. Taciba)

Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)

Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)

Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)

Mb. Chapéu do Sol (Fm. Taciba)

Fm. Campo Mourão

Curva de Nível (100 em 100m)

Drenagem

Rodovia estadual

Rodovia federal

Estrada indifinida

Localidade

XX

Ponto visitado

0

5



Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Campus de Rio Claro

Dissertação de Mestrado
Processos, fácies e geometria do sistema turbidítico da Formação Taciba/Membro Rio Segredo, faixa aflorante catarinense

Mestranda: Lygia Rodrigues de Moraes de Andrade
Orientador: Prof. Dr. Joel C. de Castro

APÊNDICE A - Mapa de Pontos

FONTE: IBGE. Folhas Dona Ema (1980), Represa Alto Rio Itajaí (1980), Rio dos Cedros (1981), Rio do Sul (1980), Rio Itajaí (1981), Timbó (1981) e Witmarsum (1981), escala 1:50.000. Projeção Universal de Mercator (UTM); meridiano 22° 30' W.

APÊNDICE B – TABELA DE PONTOS

PONTO	COORDENADAS - UTM	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO SINTETIZADA	UNIDADE (FRANÇA; POTTER, 1988)
1	635,1 X 7020,4	Acesso ao ribeirão da Laje	Afloramento de arenito com 8 m de altura	Fm. Campo Mourão
2	635,4 X 7021,0	Paralelo ao ribeirão da Laje	Arenito \ siltito maciço \ siltito	Fm. Campo Mourão
3	634,9 X 7021,6	Afluente do ribeirão da Laje	Paredão arenoso com concreção decimétrica	Fm. Campo Mourão
4	637,6 X 7022,6	Ponte – Paralelo ao ribeirão da Laje	Diamictito \ folhelho (?)	Fm. Campo Mourão
5	638,3 X 7022,7	Paralelo ao ribeirão da Laje	10 m de folhelho várvido	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
6	638,6 X 7022,8	Paralelo ao ribeirão da Laje	Turbidito	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
7	639,92 X 7023,35	Paralelo ao ribeirão da Laje Perfil “Laeisz”	Folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
8	640,144 X 7023,364	Paralelo ao ribeirão da Laje Perfil “Laeisz”	Contato Folhelho (80 m) \ turbidito	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
9	640,03 X 7023,30	Paralelo ao ribeirão da Laje Perfil “Laeisz”	Topo do turbidito (29 m)	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)

PONTO (Cont.)	COORDENADAS - UTM	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO SINTETIZADA	UNIDADE (FRANÇA; POTTER, 1988)
10	640,027 X 7023,298	Paralelo ao ribeirão da Laje Perfil "Laeisz"	9 m de folhelho \ ritmito fino (2 cm o par)	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
11	640,067 X 7023,208	Paralelo ao ribeirão da Laje Perfil "Laeisz"	10 m de arenito fino	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
12	640,083 X 7023,187	Paralelo ao ribeirão da Laje Perfil "Laeisz"	5 m de arenito muito fino/fino	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
13	640,102 X 7023,150	Paralelo ao ribeirão da Laje Perfil "Laeisz"	5 m de folhelho várvido com raras laminações arenosas	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
14	640,5 X 7024,3	Paralelo ao ribeirão da Laje	Base do folhelho várvido sob o arenito (?)	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
15	640,8 X 7024,6	Paralelo ao ribeirão da Laje	Afloramento com 9 m de folhelho várvido \ turbidito	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
16	640,8 X 7024,5	Paralelo ao ribeirão da Laje	Turbidito e diabásio (?)	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
17	641,0 X 7024,8	Paralelo ao ribeirão da Laje	10 m de turbidito	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
18	640,9 X 7025,6	Paralelo ao ribeirão da Laje	Diamictito arenoso; marco acima do 2° delta do Triunfo	Mb. Triunfo (Fm. Rio Bonito)
19	641,0 X 7025,35	Paralelo ao ribeirão da Laje	Arenito	Base do Mb. Triunfo (Fm. Rio Bonito)

PONTO (Cont.)	COORDENADAS - UTM	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO SINTETIZADA	UNIDADE (FRANÇA; POTTER, 1988)
20	612,056 X 7051,639	Paralelo ao rio Taiózinho Perfil "Taiózinho"	Folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
21	611,85 X 7051,0	Paralelo ao rio Taiózinho Perfil "Taiózinho"	28 m de diamictito sobreposto aos turbiditos	Mb. Chapéu do Sol (Fm. Taciba)
22	640 X 7019,7	Ponte sobre o rio Scarlach	Diamictito arenoso	Fm. Campo Mourão
23	640,7 X 7020,4	Paralelo ao rio Scharlach	Pedreira de folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
24	641,5 X 7021,05	Paralelo ao rio Scharlach	Turbidito com estratos de média espessura	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
25	637,703 X 7022,560	Paralelo ao ribeirão da Laje	Folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
26	638,256 X 7022,705	Bifurcação – Paralelo ao rio da Laje	4 m de folhelho várvido	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
27	638,63 X 7022,869	Próximo à cachoeira – Paralelo ao rio da Laje	Soleira de diabásio com 20 m de espessura	Mb. Lontras Fm. Campo Mourão)
28	638,908 X 7022,933	Paralelo ao rio da Laje	Folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
29	640,696 X 7024,442	Paralelo ao rio da Laje	15 m de folhelho várvido (2 cm o par) com turbiditos	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)

PONTO (Cont.)	COORDENADAS - UTM	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO SINTETIZADA	UNIDADE (FRANÇA; POTTER, 1988)
30	640,797 X 7024,521	Paralelo ao rio da Laje	Folhelho passando para turbiditos. Lateralmente tem uma soleira de diabásio	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
31	635,75 X 7029,6	Paralelo ao rio Vigante	Afloramento de folhelho com 15 m de altura	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
32	651,8 X 7040,1	Estrada Nova Rodeio II – Dr. Pedrinho	Pedreira com 4 m de folhelho sobreposto por e 15 m de diamictito	Fm. Campo Mourão
33	651,4 X 7041,9	Estrada Nova Rodeio II – Dr. Pedrinho	Pedreira ativa com 40 m de diamictito	Fm. Campo Mourão
34	649,4 X 7043,7	Paralelo ao rio Forcação	Pedreira com 7 m de diamictito	Fm. Campo Mourão
35	645,4 X 7040,6	8 km de Dr. Pedrinho – Paralelo ao rio Forcação	Pedreira com 20 m de diamictito	Fm. Campo Mourão
36	644,3 X 7040,9	9 km de Dr. Pedrinho – Paralelo ao rio Forcação	Pedreira com 25 m. Diamictito \ arenito?	Fm. Campo Mourão
37	643,7 X 7041,1	10 km de Dr. Pedrinho – Paralelo ao rio Forcação	Pedreira com 23 m sendo 20 m de diamictito, 1 m de folhelho e 2 m de arenito	Fm. Campo Mourão
38	643,4 X 7041,2	10,5 km de Dr. Pedrinho – Paralelo ao rio Forcação	2 m de arenito em meio ao diamictito	Fm. Campo Mourão
39	643,1 X 7041,2	11 km de Dr. Pedrinho – Paralelo ao rio Forcação	2 m de arenito em meio ao diamictito	Fm. Campo Mourão

PONTO (Cont.)	COORDENADAS - UTM	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO SINTETIZADA	UNIDADE (FRANÇA; POTTER, 1988)
40	641,1 X 7040,9	13 km de Dr. Pedrinho – Paralelo ao rio Forcação	3 m de ritmito (2 – 4 mm o par) com pingados	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
41	639,9 X 7040,1	15 km de Dr. Pedrinho – Paralelo ao rio Forcação	5 m de ritmito fino	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
42	639 X 7040,1	16 km de Dr. Pedrinho – Paralelo ao rio Forcação Perfil “Forcação”	Contato do folhelho várvido com os turbiditos	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
43	638,6 X 7040,2	Paralelo ao rio Forcação Perfil “Forcação”	Topo dos arenitos (2ºturbidito). Calculou-se 31 m de turbiditos	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
44	638,4 X 7040,2	Paralelo ao rio Forcação Perfil “Forcação”	Contato (?) entre turbiditos finos e espessos	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
45	638,7 X 7040,05	Paralelo ao rio Forcação Perfil “Forcação”	Base do ritmito superior	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
46	638,3 X 7040,3	Paralelo ao rio Forcação Perfil “Forcação”	Fim dos turbiditos espessos (?)	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
47	637,6 X 7040,5	Paralelo ao rio Forcação Perfil “Forcação”	4 m de turbiditos finos	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
48	637,3 X 7040,5	Paralelo ao rio Forcação Perfil “Forcação”	Turbiditos finos	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)

PONTO (Cont.)	COORDENADAS - UTM	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO SINTETIZADA	UNIDADE (FRANÇA; POTTER, 1988)
49	636,6 X 7040,5	19 km de Dr. Pedrinho - Paralelo ao rio Forcação Perfil "Forcação"	Pedreira com 12 m de altura. Folhelho turbidítico na base passando para turbidito espesso.	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
50	634,674 X 7016,865	José Boiteux – Paralelo ao rio Itajaí do Norte/Hercílio	Topo da seção com 140 m de folhelho. Sobreposto tem turbiditos (difícil acesso)	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
51	635,21 X 7017,142	José Boiteux – Afluente do rio Itajaí do Norte/Hercílio	Folhelho	Base do Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
52	633,7 X 7024,0	Afluente do rio Itajaí do Norte/Hercílio	Base (?) do folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
53	635,152 X 7027,713	Paralelo ao rio Vigante	10 m de folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
54	635,8 X 7029,6	Paralelo ao rio Vigante Perfil "Wiegand"	Pedreira com 25 m de folhelho com turbiditos no topo. Foram levantados 100 m de folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
55	635,9 X 7029,6	Paralelo ao rio Vigante Perfil "Wiegand"	Folhelho (10,5 m) \ turbidito	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
56	636,46 X 7030,29	Paralelo ao rio Vigante Perfil "Wiegand"	21 m de turbidito medido	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)

PONTO (Cont.)	COORDENADAS - UTM	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO SINTETIZADA	UNIDADE (FRANÇA; POTTER, 1988)
57	639,35 X 7034,20	Paralelo ao rio Vigante – Ida para a reserva Indígena	3 m de varvito (?)	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
58	639,38 X 7034,45	Paralelo ao rio Vigante – Ida para a reserva Indígena	22 m de arenito	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
59	612,9 X 7043,8	Paralelo ao rio da Prata	Pedreira com ritmito \ turbidito	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
60	611,2 X 7052,7	Paralelo ao rio Itajaí do Norte/Hercílio	Folhelho/turbidito com 10 m de altura. Tem uma soleira de diabásio na base.	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
61	636,8 X 7015,45	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da subida)	5 m de arenito	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
62	636,5 X 7015,6	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da subida)	7m de ritmito (1 – 2 cm o par)	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
63	636,4 X 7015,35	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da subida)	Ritmito (6 m) \ turbidito (5 m)	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
64	636,4 X 7015,3	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da subida)	Turbidito com estratificação convoluta e marca de afundamento	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
65	636,50 X 7015,1	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da subida)	Diamictito	Mb. Chapéu do Sol (Fm. Taciba)
66	635,4 X 7015,3	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da subida)	Varvito	Mb. Chapéu do Sol (Fm. Taciba)

PONTO (Cont.)	COORDENADAS - UTM	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO SINTETIZADA	UNIDADE (FRANÇA; POTTER, 1988)
67	635,25 X 7015,6	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da subida)	Varvito	Mb. Chapéu do Sol (Fm. Taciba)
68	633,5 X 7016,75	José Boiteux – Boa Vista	Pedreira com 8 m de ritmito (pares milimétricos)	Mb. Rio do Sul (Fm. Taciba)
69	632,65 X 7014,85	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da descida)	Diamictito arenoso associado com arenito	Mb. Chapéu do Sol (Fm. Taciba)
70	632,8 X 7013,8	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da descida)	Diamictito	Mb. Chapéu do Sol (Fm. Taciba)
71	632,8 X 7013,6	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da descida)	Folhelho com laminais sílticas	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
72	632,9 X 7013,6	José Boiteux – Boa Vista (Perfil da descida)	Contato folhelho \ turbidito	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
73	632,5 X 7004,8	Ribeirão do Ferro	Pedreira com 12 m de folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
74	633,15 X 7005,7	Margem esquerda do rio dos Índios Perfil “Mirador”	Turbidito	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
75	631,9 X 7006,95	Margem esquerda do rio dos Índios Perfil “Mirador”	Turbidito	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
76	633,1 X 7006,66	Margem direita do rio dos Índios Perfil “Mirador”	Foram medidos 70 m de folhelho	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)

PONTO (Cont.)	COORDENADAS - UTM	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO SINTETIZADA	UNIDADE (FRANÇA; POTTER, 1988)
77	633,25 X 7006,3	Margem direita do rio dos Índios Perfil “Mirador”	Pedreira mostrando o contato folhelho \ turbidito com soleira de diabásio	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
78	631,3 X 7014,0	Perfil “Dona Emma” – ciclo I	Turbidito (6 m) sobre o folhelho/ritmito	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
79	632,35 X 7013,55	Perfil “Dona Emma – ciclo I”	Folhelho com lentes carbonáticas (estrutura <i>cone-in-cone</i>)	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão)
80	631,45 X 7013,1	Perfil “Dona Emma – ciclo II”	Pedreira de folhelho \ turbidito	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
81	625,85 X 7024,85	Witmarsum / barragem Dollmann Afluente do ribeirão Dollmann	Ritmito deformado	Mb. Chapéu do Sol (Fm. Taciba)
82	626,0 X 7024,95	Witmarsum / barragem Dollmann Afluente do ribeirão Dollmann	Ritmito sem deformação (~ turbiditos finos)	Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
83	627,3 X 7025,2	Witmarsum / barragem Dollmann Afluente do ribeirão Dollmann	Folhelho \ turbidito	Mb. Lontras (Fm. Campo Mourão) \ Mb. Rio Segredo (Fm. Taciba)
84	621,623 X 7038,077	Paralelo ao rio Deneke	Diamictito estratificado \ 3 m de folhelho esverdeado \ 60 cm de siltito claro \ 6m de folhelho várvico	Passagem da Fm. Campo Mourão para o Mb. Lontras (base)