



NÚMERO: 448/2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PEDRO LIFTER RODRIGUES PRANDI

**ARQUITETURA DEPOSICIONAL DE UM SISTEMA DE LENÇOL DE AREIA
EÓLICA. A BACIA BAURU NA REGIÃO DE MARÍLIA (SP)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências para obtenção do
título de Mestre em Geociências, Área de
Geologia e Recursos Naturais.

ORIENTADOR: PROF. DR. GIORGIO BASILICI

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO E ORIENTADA PELO PROF. DR. GIORGIO BASILICI

Campinas - SP

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
CÁSSIA RAQUEL DA SILVA – CRB8/5752 – BIBLIOTECA “CONRADO PASCHOALE” DO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
UNICAMP

P885a	<p>Prandi, Pedro Lifter Rodrigues, 1985- Arquitetura deposicional de um sistema de lençol de areia eólica. A Bacia Bauru na região de Marília (SP) / Pedro Lifter Rodrigues Prandi— Campinas, SP.: [s.n.], 2012.</p> <p>Orientador: Giorgio Basilici Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.</p> <p>1. Sedimentação eólica. 2. Sedimentos de depósito. 3. Bacias sedimentares. I. Basilici, Giorgio, 1959- II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.</p>
-------	--

Informações para a Biblioteca Digital

Título em inglês: Depositional architecture of na aeolian sand sheet system. The Bauru basin on Marília (SP).

Palavras-chaves em inglês:

Eolian sedimentation

Sediment deposit

Sedimentary basins

Área de concentração: Geologia de Recursos Naturais

Titulação: Mestre em Geociências.

Banca examinadora:

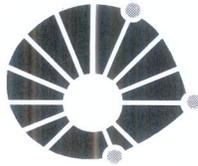
Giorgio Basilici (Presidente)

Alexandre Campana Vidal

André Oliveira Sawakuchi

Data da defesa: 09-03-2012

Programa de Pós-graduação em Geociências



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS NA
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

AUTOR: Pedro Lifter Rodrigues Prandi

“Arquitetura deposicional de um sistema de lençol de areia eólica. A Bacia Bauru na região de Marília (SP)”

ORIENTADOR: Prof. Dr. Giorgio Basilici

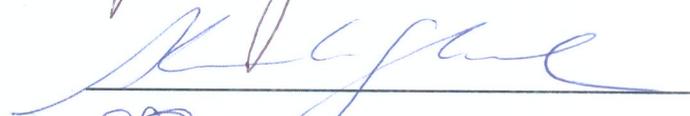
Aprovada em: 09 / 03 / 2012

EXAMINADORES:

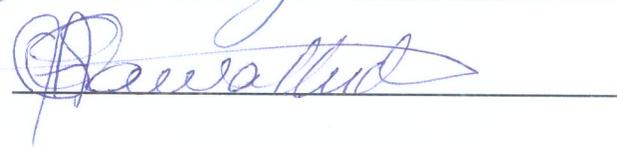
Prof. Dr. Giorgio Basilici

 _____ - Presidente

Prof. Dr. Alexandre Campana Vidal

 _____

Prof. Dr. Andre Oliveira Sawakuchi

 _____

Campinas, 09 de março de 2012.

A minha amada avó Aparecida Rosa Tedeschi Prandi

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Giorgio Basilici, agradeço pela orientação, críticas e sugestões que não só me ajudaram neste trabalho, como também me ensinaram a entender o pensamento científico.

As secretárias Valdirene Pinotti e M^a Gorete S. S. Bernardelli pela disposição em ajudar a qualquer momento diante os problemas que se apresentaram durante todo o trabalho.

Aos meus pais Emílio Carlos Prandi e Marisabel Rodrigues pelo infinito amor e suporte durante todo o trabalho, sem vocês o mesmo nunca poderia ter sido concluído.

As minhas irmãs Larissa Rodrigues Prandi e Melissa Terezinha Rodrigues Prandi por todo companheirismo, amor e paciência.

Ao geógrafo Dr. Patrick Francisco Führ Dal' Bo por sua amizade, respeito e disposição para ajudar na melhoria deste trabalho, sendo peça fundamental para sua conclusão.

Aos geólogos Fábio Simplício, Isabel Cortez C. de Souza, Pedro Henrique Vieira de Luca e Dr. Cleyton de Carvalho Carneiro pela amizade e pela ajuda durante todo o período do mestrado.

Aos professores doutores Alexandre Campana Vidal e Francisco Sérgio Bernardes Ladeira pelas críticas e sugestões que muito me ajudaram.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de estudo (Processo 556847/2010-5).



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Arquitetura deposicional de um sistema de lençol de areia eólica. A Bacia Bauru na região de Marília (SP)

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Pedro Lifter Rodrigues Prandi

O principal objetivo deste trabalho é a caracterização estratigráfica da bacia Bauru nas proximidades do município de Marília (SP) através da análise das diferentes litofácies e superfícies limitantes de diversas escalas. O trabalho inclui também a análise dos paleossolos como elemento arquitetural, e a geofísica de poços que proporcionaram um maior detalhamento nas análises dos dados de superfície e subsuperfície. Os depósitos na área são interpretados como sucessões de lençóis de areia eólica com forte influência de processos pedogenéticos no topo e depósitos subaquosos na base da sequência. Esta influência ocorre devido a variações no clima. A espessura dos depósitos na área é de aproximadamente 260 metros, como pode ser comprovado pelos dados de perfilagem. As litofácies determinadas para este trabalho foram o arenito com laminação plano paralela, arenito com estruturas de fluxo não canalizado e arenito com estruturas de adesão. Para os paleossolos encontrados foram o *Aridisols* e o *Entisols*. Três fases deposicionais são distintas, da base para o topo: 1) A primeira fase deposicional é caracterizada por uma predominância de depósitos eólicos com grande influência do lençol freático aflorante; 2) A segunda fase também predominada por depósitos eólicos, porém mais seca, com pequena influência do lençol e a presença de paleossolos é pequena; 3) A terceira fase, do topo, é caracterizada por uma predominância de processos pedogenéticos ainda de clima árido a semiárido.

Palavras chave - Bacia Bauru, Arquitetura Depositional, Depósitos Eólicos.



UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCE

Depositional architecture of an aeolian sand sheet system. The Bauru basin on Marília (SP)

ABSTRACT

Master degree dissertation

Pedro Lifter Rodrigues Prandi

The main objective of this work is the stratigraphic characterization of Bauru basin in the city of Marília (SP) through the analysis of different lithofacies and bounding surfaces of various scales. This work also include an analysis of paleosols as an architectural element, and the analysis of geophysics wells data that provide a better detailed characterization of the surface and subsurface lithology. The deposit on this area is interpreted as eolian sand sheet deposits with strong influence of pedogenetic processes at the top and subaqueous at the bottom of the sequence. This influence occur due to the climate variations. The thickness of the deposit in this area is approximately 260 meters, as proven by the profiling data. The lithofacies determined for this work are: the sandstone with parallel lamination; sandstone with non-channeled flow structures and sandstone with adhesion structures. The palaeosols found was Aridisols and Entisols type. Three deposition phases can be distinguished, from the base to the top: 1) The first phase of the aeolian deposition process is characterized by a predominance of aeolian deposits with highly influence of water table; 2) The second phase is also of aeolian sedimentation but drier than the lower one, it is not so influenced by the water table and that are few paleosols; 3) Third phase, at the top of the deposit, is characterized by pedogenic processes from arid to semiarid climate.

Keywords – Bauru Basin, Depositional Architecture, Aeolian Deposits.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. AREA DE ESTUDOS	2
3. A BACIA BAURU	3
3.1 GEOLOGIA REGIONAL	3
3.2 GEOLOGIA LOCAL	4
4. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	5
5. MATERIAIS E MÉTODOS	6
5.1 TRABALHOS DE CAMPO	6
5.2 ANÁLISE DA PERFILAGEM DE POÇOS	7
6. RESULTADOS	8
6.1 SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS	8
<u>6.1.1 Seções da Porção Inferior</u>	8
<u>6.1.2 Seções da Porção Média</u>	11
<u>6.1.3 Seções da Porção Superior</u>	14
6.2 LITOFÁCIES E PALEOSSOLOS	19
<u>6.2.1 Arenito com laminações plano paralelas</u>	19
<u>6.2.2 Arenito com estruturas de adesão</u>	22
<u>6.2.3 Arenito com estrutura de fluxos não canalizados</u>	27
<u>6.2.4 Paleossolos</u>	29
6.3 ARQUITETURA DEPOSICIONAL E SUPERFÍCIES LIMITANTES	36
6.4 ESTRATIGRAFIA DA BACIA BAURU NA REGIÃO	40
<u>6.4.1 Critérios de correlação estratigráfica em subsuperfície</u>	43
<u>6.4.2 Estratigrafia de subsuperfície da Bacia Bauru na área de estudo</u>	43
7. CONCLUSÕES	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Bacia Bauru e sua seção estratigráfica (Modificada de Zaher et al., 2006).....	3
Figura 6.1 - Localização dos afloramentos e poços estudados.	8
Figura 6.2 – A) Foto mostra alinhamento de clastos de argila nas laminações; B) Feições de redução (glei).....	9
Figura 6.3 - Legenda é utilizada para todas as seções deste capítulo.....	10
Figura 6.4 – Seção na rodovia SP-421, próximo ao município de Oscar Bressane. Escala: Pincel com 13 cm.	11
Figura 6.5 – Seção próxima ao rio do Peixe mostra uma camada argilosa em meio às laminações plano-paralelas. Escala: Espátula de 12 cm.	12
Figura 6.6 – Seção na rodovia SP-333 sentido Echaporã.	13
Figura 6.7 – Seção no Vale do Ribeiro, Marília-SP. Foto demonstra superfície cimentada. Escala fotos – 10 cm.	15
Figura 6.8 - Seção na rodovia BR-153 sentido Lins, Marília – SP. Escala bastão com 1,20 m.	17
Figura 6.9 – Seção na rodovia SP-333 próxima a cidade de Garça demonstrando uma superfície de calcrete no <i>Aridisol</i>	18
Figura 6.10: Laminações plano-paralelas cortadas por bioturbação. Escala: Pincel de 13 cm.	20
Figura 6.11 – Arenito com laminações cavalgantes transladantes. A) Linha amarela destaca uma superfície erosional separando dois <i>sets</i> de laminações plano paralelas. B) Marcas de bioturbação nas laminações. C) Laminações pretas devido à presença de óxido de ferro.....	21
Figura 6.12 – Sumário das relações entre os fatores deposicionais e as estruturas de adesão (modificado de Kocurek e Fielder, 1982).	24
Figura 6.13 – (A) Estruturas de adesão no afloramento da rodovia SP-421. (B) Verrugas de adesão.	25
Figura 6.14 – Laminações de adesão na base da sucessão sedimentar. Afloramento próximo a Febem de Marília, localizada na SP-333.....	27

Figura 6.15 – A-) Contato das laminações cruzadas por marcas onduladas cavalgantes de corrente com laminações plano-paralelas; B e C –) Laminações cruzadas.....	28
Figura 6.16 – Sobreposição de paleossolos do tipo Aridisolo na Serra da Flor Roxa. Escala: Carro com 1,4 m.....	30
Figura 6.17 – A-) Horizonte cimentado com grande presença de nódulos de carbonato. B-) Bioturbação preenchida por carbonato. Escala: Caneta com 5 cm amostra.....	31
Figura 6.18 – Fantasmas de laminações plano-paralelas, SP-333 sentido Echaporã. Escala: Moeda 1 peso argentino com 3 cm de diâmetro.....	34
Figura 6.19 – Preenchimento das estruturas erosivas. Nódulos de carbonato, areia grossa e intraclastos de argila.....	35
Figura 6.20 – Esquema das superfícies limitantes reconhecidas na área de estudo (ordem das superfícies está de acordo com Basilici e Dal’ Bo, 2010).....	37
Figura 6.21 - Correlação entre perfis das porções inferior, média e superior da sucessão sedimentar estudada.	42
Figura 6.22 – Legenda para a interpretação do perfis geofísicos em anexo.....	47
Figura 6.23 – Correlação entre os poços. Mapa de localização demonstra os limites da cidade de Marília – SP e a localização dos poços. A correlação é feita a partir das diferentes porções com respostas semelhantes.....	49
Figura 7.1 - Esquema da evolução da sucessão sedimentar baseado nas diferentes fases, de base para o topo, com a presença de um lençol freático alto, mais seca e mais úmida.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 - Valores do raio gama para cada tipo de rocha.....	44
Tabela 6.2 - Tempo de trânsito correspondente a cada material.....	45
Tabela 6.3 - Intervalo de cada eletrofácies para os perfis resistividade e raio gama.....	46

1. INTRODUÇÃO

Ambientes deposicionais áridos e semiáridos mostram um conjunto de fácies que denotam uma grande variedade de sistemas, formados por processos eólicos (lençol de areia) e não eólicos (*playa lake*, fluvial). Alguns estudos têm considerado as mudanças climáticas como fatores externos que controlam estes sistemas deposicionais (Kocurek, 1988; Langford e Chan, 1993). Além destes processos, a pedogênese também é um elemento importante que interfere nas feições das rochas nestes ambientes, pois demonstra uma mudança significativa no clima, dependendo do grau de pedogênese.

Em sucessões sedimentares continentais, os paleossolos registram um momento de estase ou decréscimo dos processos deposicionais (Kraus, 1999). Dependendo do tipo de paleossolo e da sua posição na bacia sedimentar, a fase de estase da sedimentação pode se estender por grande parte ou toda a bacia. Neste segundo caso, os paleossolos possuem um grande significado estratigráfico, colocando-se como elementos físicos de correlação e como superfícies que podem delimitar as unidades sedimentares (Retallack, 2001).

Diversas unidades sedimentares depositadas em ambientes eólicos são documentadas por possuírem pacotes separados por extensivas superfícies laterais que representam hiatos nos períodos de sedimentação pelo vento (Kocurek e Havholm, 1994). Estas superfícies, chamadas de super superfícies (Kocurek, 1988) são a chave genética da arquitetura de uma unidade eólica. O número de super superfícies e suas características dentro destes pacotes sedimentares podem sugerir que as super superfícies representam um período de ausência de sedimentação e ou erosão maior do que registrados nos depósitos.

Tendo como embasamento teórico os processos envolvidos na formação de um depósito de lençol de areia eólica a partir da análise de fácies, superfícies limitantes e arquitetura deposicional foram feitos trabalhos de descrição detalhada em campo dos depósitos da Bacia Bauru na região de Marília. Diversas superfícies limitantes de diferentes ordens podem ser observadas na Bacia Bauru, variando de representatividade local até regional.

A proposta de inclusão dos paleossolos que ocorrem em meio aos pacotes sedimentares nas análises é um fator importante, pois estes paleossolos representam mais de 80% da espessura total das formações e raramente são considerados como objeto de estudo em trabalhos de estratigrafia.

O grau de desenvolvimento da pedogênese e, portanto, a intensidade dos processos pedogenéticos, depende também da quantidade do aporte sedimentar; portanto, os paleossolos são importante indício sobre as taxas de sedimentação e a consequente variação do espaço de acomodação de uma bacia sedimentar (Kraus, 1999).

A proposta de uma análise conjunta considerando dados de superfície e subsuperfície permitiu uma melhor caracterização da arquitetura deposicional das formações em estudo, bem como a melhor compreensão de como se organizam os corpos geológicos em sistemas de lençóis de areia eólica. Os dados de subsuperfície permitem também, através de uma interpretação indireta, como os corpos se comportam em grandes escalas, dando assim uma caracterização mais geral da bacia.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se localiza nas proximidades e dentro do município de Marília, no centro leste paulista, Estado de São Paulo. O platô de Marília apresenta, na direção sul, bordos escarpados e intensamente festonados pelos afluentes e sub afluentes do rio do Peixe. Neste platô, de acordo com Queiroz Neto *et. al.* (1978) foram reconhecidos dois níveis de erosão natural. Um mais elevado (entre as cotas 660 e 670 m), representado pelas partes centrais deste platô, e outro que acompanha os desenhos dos festões e está situado em posição inferior (entre as cotas 620 e 640 m). Uma escarpa rochosa, com desníveis de 100 a 150 metros marca a passagem para um terceiro nível de erosão, representado pelos relevos suavemente ondulado, sendo demarcado pelo topo das colinas que ladeiam o Rio do Peixe e seus afluentes (ao redor da cota 500 m). O nível de cotas mais elevadas estão entre 660 e 670 metros.

3. A BACIA BAURU

3.1 GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia Bauru, de idade neocretácea, é uma bacia sedimentar desenvolvida na porção centro-sul da Plataforma sul-americana. A unidade Bauru é alvo de inúmeros estudos de cunho acadêmico e aplicado, devido ao rico conteúdo fóssil, as jazidas de diamante e calcário, e mais recentemente, pela preocupação ambiental com a contaminação do aquífero e pela aceleração constante dos processos erosivos nas rochas dessa unidade. A literatura internacional tem dado notoriedade às formações Adamantina e Marília devido a grande quantidade de fósseis de crocodilianos e de dinossauros encontrados nestas unidades (Carvalho *et al.*, 2004, 2005; Zaher *et al.*, 2006), no entanto poucos trabalhos são dedicados aos seus aspectos sedimentológicos de detalhe (Goldberg e Garcia, 2000; Fernandes e Basilici, 2009; Dal' Bo *et al.*, 2009; Basilici e Dal' Bo, 2010; Dal' Bo *et al.*, 2010).

A bacia engloba a cobertura sedimentar sobreposta aos derrames basálticos neocomianos da Formação Serra Geral, que se formaram durante a separação das placas tectônicas da América do Sul e da África, e tem seu depocentro localizado na região onde a sucessão vulcânica é mais espessa, razão pela qual vem sendo postulada origem por subsidência lito-termal (Riccomini, 1997).

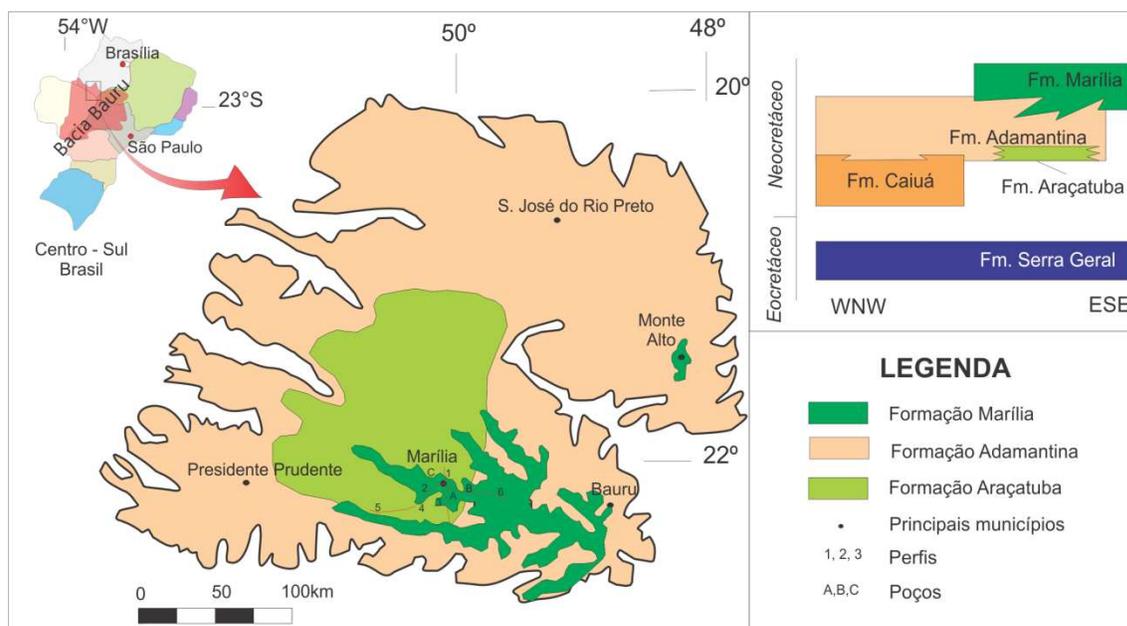


Figura 3.1 - Bacia Bauru e sua seção estratigráfica (Modificada de Zaher *et al.*, 2006).

A sucessão sedimentar da bacia ocorre em uma área de 370.000 km² no centro-sul do Brasil (Figura 3.1), com uma espessura máxima de 320 metros (Riccomini, 1997). Os limites atuais da bacia são essencialmente erosivos e/ou tectônicos, como já demonstrado por Fernandes e Coimbra (1996), Riccomini (1997), e Batezelli (2003); demarcados pela Antéclise de Rondonópolis a noroeste, o Soerguimento do Alto Paranaíba a nordeste, os alinhamentos do rio Mogi Guaçu, São Carlos-Leme e Ibitinga-Botucatu a leste e os alinhamentos do Paranapanema a sul e sudeste. A oeste seu limite é encoberto dada a grande área dominada por depósitos de cobertura sedimentar aluvial de idade quaternária. As rochas são constituídas predominantemente por sedimentos siliciclásticos continentais (Paula e Silva, 2003).

3.2 GEOLOGIA LOCAL

Na área de estudo, região próxima ao município de Marília (Figura 3.1), afloram segundo a ordem estratigráfica as formações Araçatuba, Adamantina e Marília, sendo as duas superiores constituídas predominantemente por arenitos (quartzo-arenitos, sublitoarenitos e litoarenitos) intercalados com lamitos (Fúlfaro e Perinotto, 1996; Fernandes e Coimbra, 2000) e a inferior composta por arenitos muito finos a silte, mal selecionados e com presença de argila. Esta porção inferior é classificada por outros autores como depósitos relacionados com ambientes aquosos de sistemas lacustres efêmeros (Barcelos, 1984; Fúlfaro *et al.*, 1994; Batezelli, 2003; Batezelli *et al.*, 2006).

As formações Adamantina e Marília, na área de estudo, são caracterizadas por arenitos de muito finos a grossos e raros seixos alinhados. Os arenitos são bem selecionados, os clastos são bem arredondados e exibem alta esfericidade; estes são predominantemente constituídos por quartzo e secundariamente por fragmentos líticos (Dal Bó *et al.*, 2009).

A diferenciação entre estas duas unidades superiores é muito difícil em campo (Basilici e Dal Bó, 2010), pois ambas apresentam as mesmas litofácies, elementos arquiteturais e organização sequencial. Segundo os autores, não é necessária a subdivisão desta porção da sucessão sedimentar em duas unidades, porque estas apresentam os mesmos elementos arquiteturais reconhecíveis em superfície: paleossolos, depósitos eólicos e depósitos de canais de rios efêmeros.

Para os estudos desenvolvidos na área a divisão destas formações é outra, onde uma diferença dos processos sedimentares da porção inferior para a superior é bem visível.

4. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

O principal objetivo deste trabalho é a definição da arquitetura deposicional das formações da Bacia Bauru presentes na região de Marília (SP). Como objetivos secundários tiveram-se: identificação, descrição e caracterização das diferentes litofácies; elaboração de modelos deposicionais e de evolução paleopedogenética que poderão ser extrapolados e utilizados em bacias com características tectônosedimentares semelhantes.

A área de afloramento das formações Araçatuba, Adamantina e Marília, na porção centro-leste da Bacia Bauru (na região de Marília, estado de São Paulo) é um ótimo exemplo de um sistema deposicional de lençol de areia eólica (Dal' Bo, 2008; Basilici *et al.*, 2009).

O presente trabalho pretende definir a estratigráfica da Bacia Bauru em sua área de pesquisa, dada à importância destes sedimentos no abastecimento de água da região. A definição cada vez mais completa das características destas rochas permite um melhor aproveitamento de seu potencial aquífero.

Esta pesquisa usa um conjunto de métodos pouco utilizados na análise dessa bacia como, por exemplo, a inclusão dos paleossolos como elemento que compõem a arquitetura deposicional, proporcionando um detalhamento nas análises dos dados de superfície e subsuperfície. A utilização de dados geofísicos complementa os dados obtidos em campo, ajudando o detalhamento na descrição e correlação das seções.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos utilizados contemplaram diversas etapas de trabalho de campo e interpretação de dados de perfilagem.

5.1 TRABALHOS DE CAMPO

Os depósitos foram discriminados por suas características litológicas e estruturas sedimentares presentes, assim como pela geometria dos corpos e relação de contato com outros corpos. A identificação dos paleossolos em campo foi realizada mediante o reconhecimento das seguintes feições diagnósticas: presença e quantidade de bioturbação, estruturas e horizontes de solo, cores, cimentação, superfície inferior (Retallack, 1990).

Depósitos

Esta etapa foi destinada ao reconhecimento dos tipos de rochas, estruturas sedimentares e relações de contato. Tanto na primeira etapa como nas seguintes, os afloramentos foram descritos segundo o método de análise de fácies (Walker, 2006), porém levando em consideração modelos físicos (hidráulicos e reológicos) de sedimentação no lugar da comparação das litofácies. Nesta etapa foram medidas seções mono- e bidimensionais, procurando a caracterização e hierarquização das superfícies limitantes (*bounding surfaces*) (Miall, 1985) que separam as diferentes camadas ou eventos deposicionais em ambientes desérticos (Brookfield, 1977; Talbot, 1985). Também foi aplicada a teoria de Kocurek (1988) de separação das rochas sedimentares eólicas em super superfícies, onde estas demonstram intervalos que indicam uma interrupção no processo deposicional devido, por exemplo, a fatores como mudanças climáticas ou eventos tectônicos.

Paleossolos

A descrição dos perfis de paleossolo é executada de forma concomitante as descrições dos depósitos, na mesma seção estratigráfica. A primeira etapa na descrição dos paleossolos é o reconhecimento dos diferentes tipos de paleossolos (*pedotypes* segundo Retallack, 1994), assim como o estabelecimento das relações existentes entre os tipos de

paleossolos e os depósitos (Retallack, 2001). A descrição morfológica segue em parte os critérios propostos pelo Soil Survey Staff (2003), porém considerando as modificações propostas por Birkeland (1999) e Retallack (2001).

O reconhecimento dos pedotipos é feito segundo a descrição das principais características pedogenéticas em campo: espessura dos horizontes; classe e superfície de transição com horizontes subjacentes; cor; mosqueamento; forma, dimensão e grau de desenvolvimento dos agregados estruturais (peds); presença e tipo de revestimentos; cimentação; forma, diâmetro e percentual de traços de organismos (rizólitos, escavações, crotovinas).

5.2 ANÁLISE DA PERFILAGEM DE POÇOS

O perfil geofísico pode ser definido como a representação gráfica entre a profundidade de um poço e qualquer propriedade petrofísica registrada por equipamentos apropriados. Esses equipamentos usam sensores especiais que se deslocam dentro do poço, puxados por cabos elétricos, e registram continuamente as propriedades físicas do meio, sendo por isso, denominados genericamente no passado de perfis elétricos, independentemente do processo físico de medição utilizado.

Os perfis geofísicos utilizados neste trabalho foram: resistividade normal, e resistividade induzida, raios gama, potencial espontâneo e sônico que registram respectivamente as propriedades elétricas, eletromagnéticas e radioativas das rochas. Os perfis de raio gama diferenciam as rochas com maior e menor quantidade de elementos radioativos, normalmente presentes em minerais argilosos, enquanto que os de resistividade se atem às características de porosidade dos materiais e das substâncias que ocupam estes poros. Esses sinais são trabalhados em conjunto e interpretados com base em informações sobre o tipo de resposta que cada rocha da região possui e de como os corpos estão organizados.

Estes são alguns dos perfis disponíveis atualmente na prospecção de água subterrânea no Estado de São Paulo. Os dados de perfilagem estão inseridos em arquivos de outorgas de poços para captação de água subterrânea, obtidos no Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) de Marília.

O total de poços utilizados foi de 12 poços, porém somente seis deles apresentavam dados com qualidade necessária para o objetivo deste trabalho. Os poços possuem profundidade média de 260 metros, compreendendo todas as formações da Bacia Bauru presente na área. A escolha destes procurou abranger a área total do município, de forma que as correlações dessem resultados relevantes para o âmbito da escala do trabalho e suas localizações tivessem proximidade com os afloramentos estudados, pois devido à falta de testemunhos, a calibração foi feita a partir destes.

Em subsuperfície, a partir dos dados de perfilagem, que consideram a litologia, porosidade e radioatividade dos minerais, foi feito o reconhecimento das principais litofácies definidas em afloramento.

6. RESULTADOS

6.1 SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

Foram levantadas oito seções estratigráficas detalhadas em afloramentos nos locais demonstrados pela Figura 6.1.

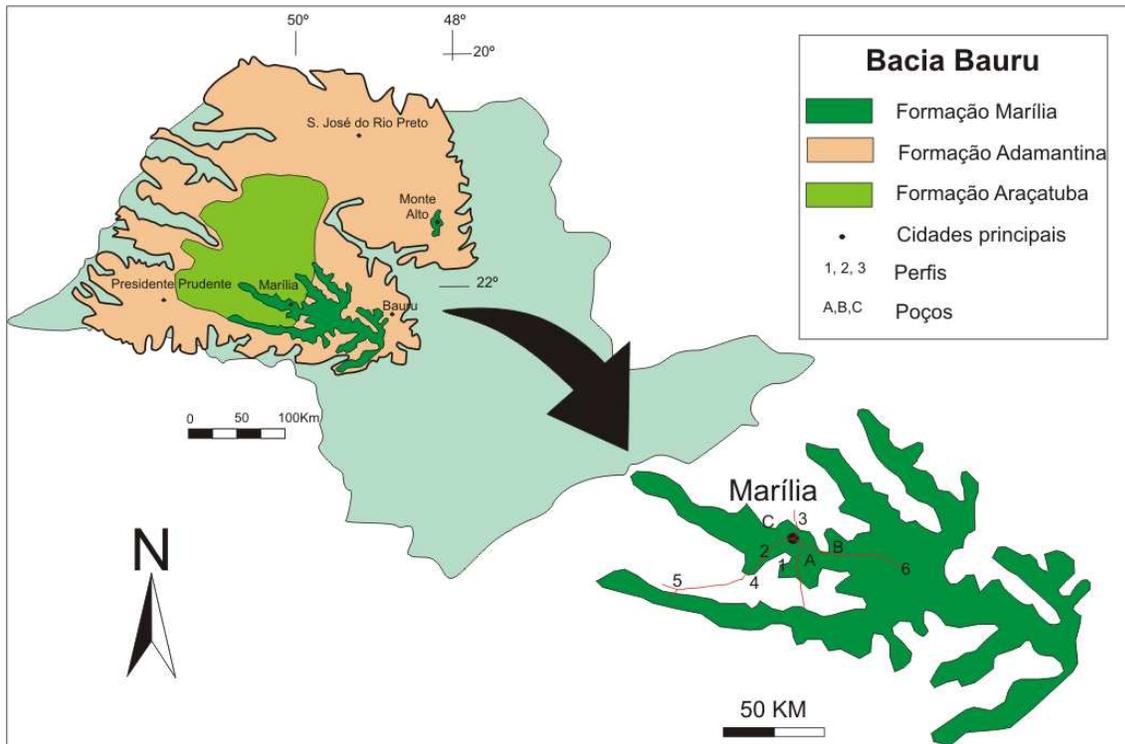


Figura 6.1 - Localização dos afloramentos e poços estudados.

Os afloramentos são em sua maioria cortes em rodovias e estradas vicinais, possuem exposições de média a boa qualidade e possuem uma média 5 a 20 metros de extensão lateral.

Na Figura 6.1 também estão às localizações das seis perfilagens de poços que foram interpretados segundo a calibração feita com os dados de superfície descritos a seguir que estão organizados segundo suas posições estratigráficas.

6.1.1 Seções da Porção Inferior

As seções desta porção se localizam entre as cotas 400 a 450 m.

1- Seção localizada ao lado da FEBEM do município de Marília – coordenadas – 22k 0600221/7533271 – elevação 410 m.

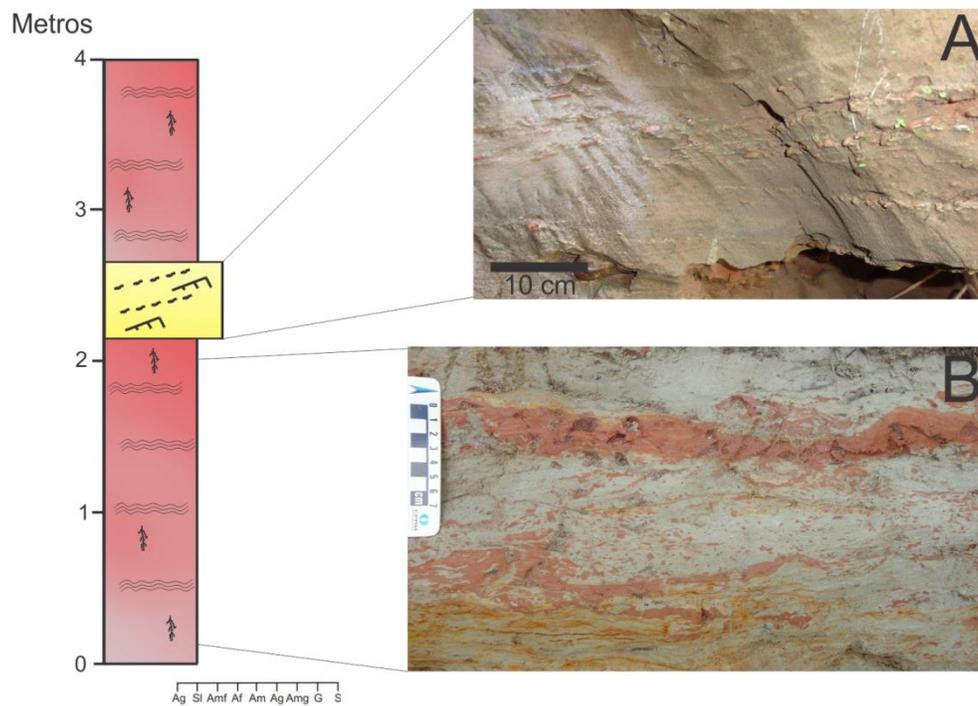


Figura 6.2 – A) Foto mostra alinhamento de clastos de argila nas laminações; B) Laminações deformadas.

LEGENDA			
	Estrutura em blocos		Cimentação
	Intraclastos de Argila		Superfície erodida
	Rizólitos		Cascalhos
	Nódulos carbonáticos		Cerosidade
	Bioturbações preenchidas por calcita		Estruturas de Adesão
	Bioturbações		Ondulação Cavalgante
		Laminações cruzadas por marcas onduladas cavalgantes de corrente	

Figura 6.3 – Legenda é utilizada para todas as seções deste capítulo.

Afloramento com rocha de granulometria silte a areia muito fina, de cor marrom avermelhado a cinza bem característico deste tipo de rocha na área e apresenta laminações finas enrugadas e irregulares. Algumas marcas de raízes aparecem preenchidas pelo mesmo material, porém sempre de cor cinza. Estas marcas deixam um halo de cor cinza no material em volta.

Este depósito é encoberto por uma areia muito fina a areia fina bem selecionada de cor bege e laminações plana paralelas, com intraclastos de argila subarredondados a angulosos de cor vermelha, alinhados segundo algumas destas laminações.

2- Seção situada na SP-421, próximo ao município de Oscar Bressane - coordenadas – 22k 609894/7529408 – elevação 420 m.

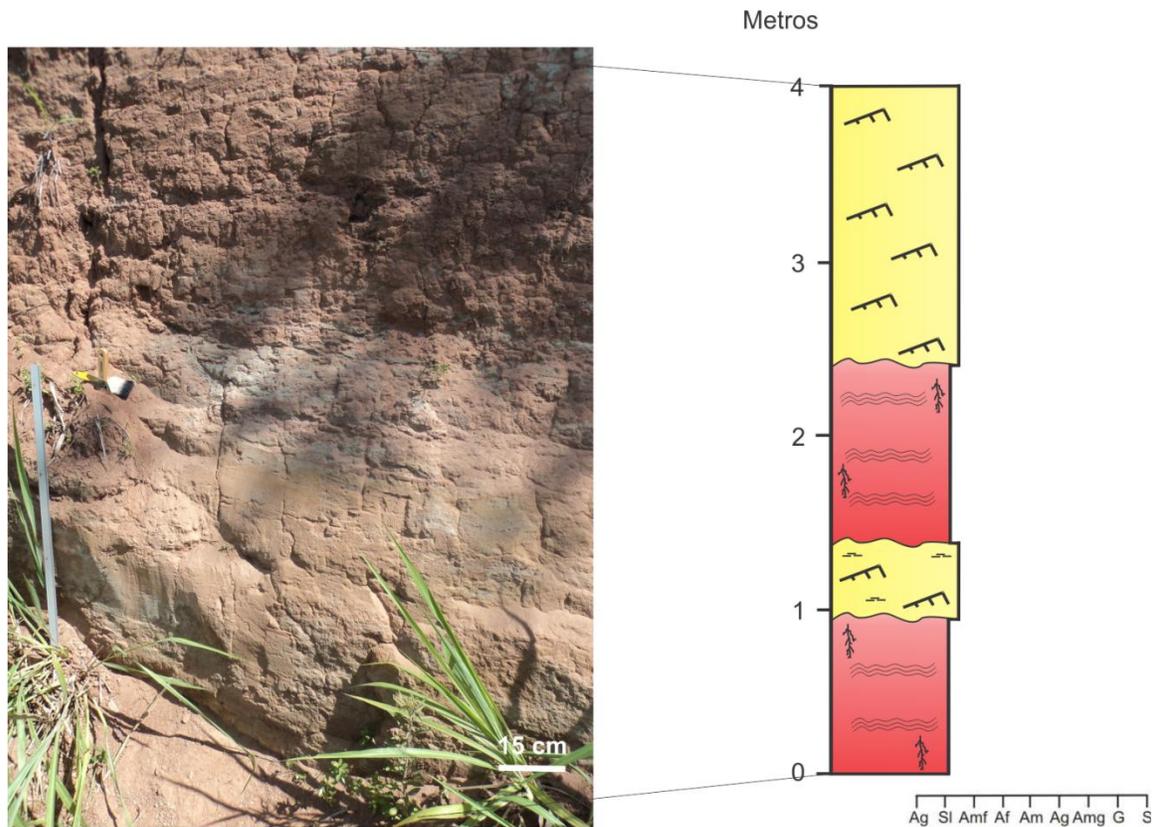


Figura 6.4 – Seção na rodovia SP-421, próximo ao município de Oscar Bressane. Escala: Pincel com 13 cm.

Este afloramento possui rochas com granulometrias que se alternam entre arenito muito fino com laminações plano paralelas e siltito arenoso com laminações enrugadas e irregulares. Estas duas diferentes litofácies são distintas no afloramento por laminações e por uma diferença de coloração, que varia de marrom claro a vermelho. Mesmo estando quilômetros de distância, este afloramento possui feições semelhantes à seção anterior, apresentando as mesmas características descritas.

6.1.2 Seções da Porção Média

As seções desta porção está entre as cotas 450 a 540 m.

3 - Seção localizada ao lado da FEBEM do município de Marília – coordenadas – 22k 0600221/7533271 – elevação 430 m.

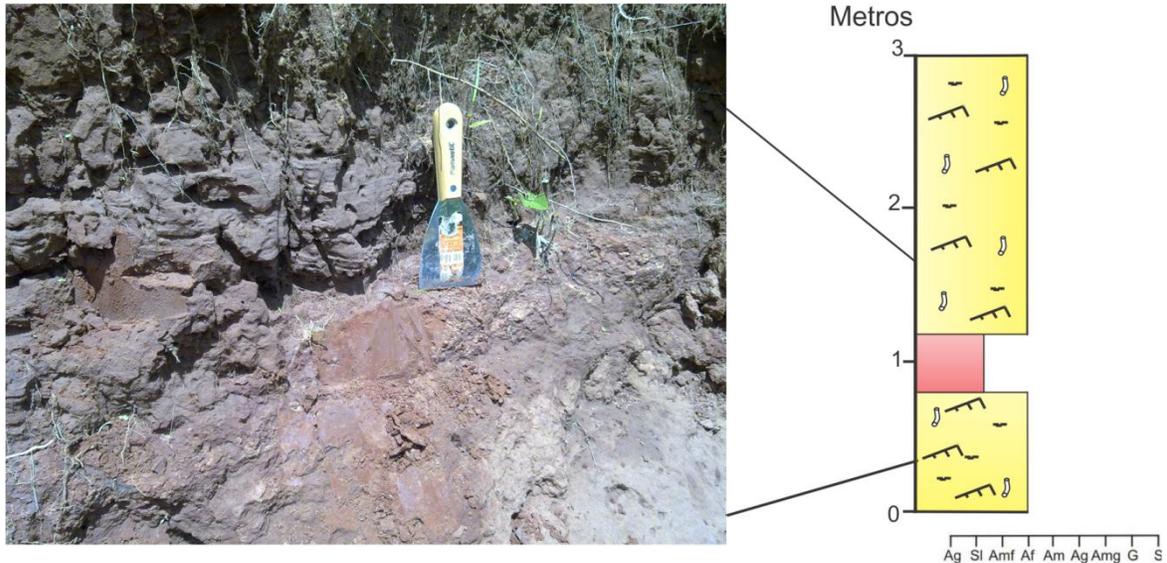


Figura 6.5 – Seção próxima ao rio do Peixe mostra uma camada argilosa em meio às laminações plano-paralelas. Escala: Espátula de 12 cm.

Arenito de granulometria areia muito fina a fina, bem selecionada de cor marrom claro com laminações plano paralelas e marcas onduladas com ângulo de inclinação variando de 7° a 10°. Há presença de bioturbação cilíndrica preenchida pelo mesmo material arenoso da matriz. Alguns intraclastos aparecem dispostos aleatoriamente em todo o perfil.

Um depósito de granulometria de argila a areia muito fina e cor vermelha sobrepõe a sequência do arenito. Este possui aproximadamente 40 cm e é composto em sua maioria por sedimentos finos, com somente algumas lentes de areia fina. Sua extensão lateral é pequena (10 m) e não apresenta nenhuma estrutura sedimentar.

4 - Seção localizada na SP-333, sentido Echaporã - coordenadas – 22k 609450/7530102 – elevação 435m.

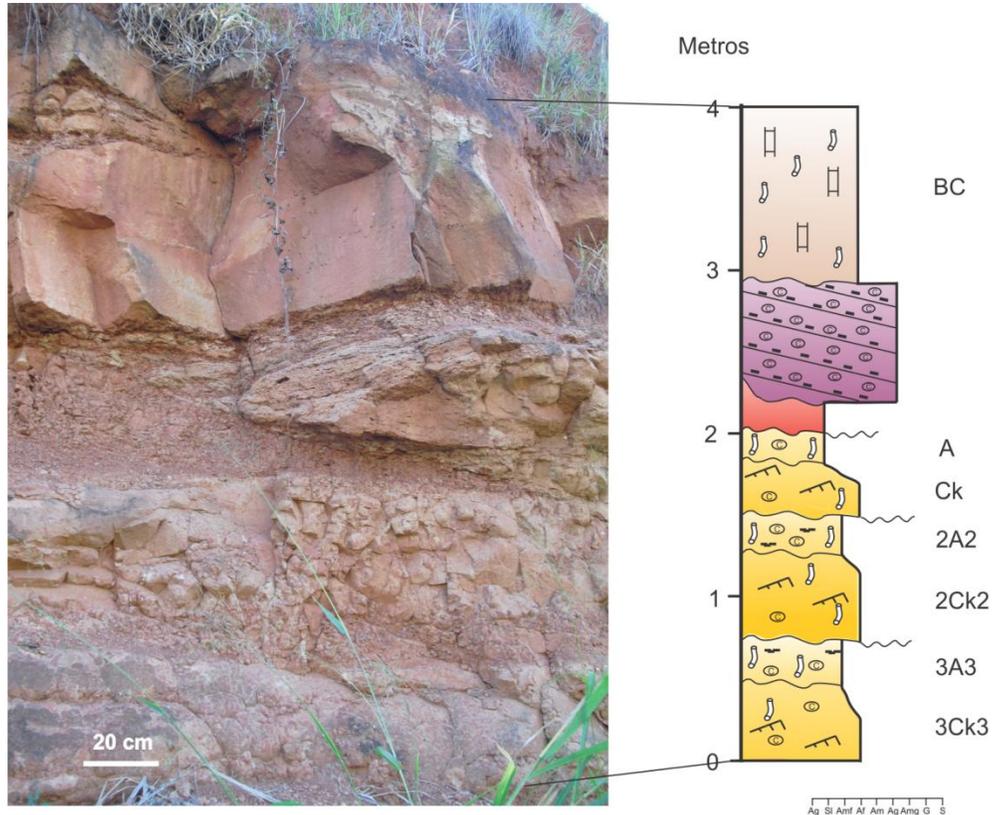


Figura 6.6 – Seção na rodovia SP-333 sentido Echaporã.

A descrição dos paleossolos, diferentemente da descrição clássica dos depósitos, são feitas de cima para baixo, separando e descrevendo individualmente cada horizonte.

BC – 4,00 – 2,90 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno avermelhado (2,5YR5/8), sem estruturas sedimentares, bioturbação preenchida por areia fina.

O intervalo entre 2,00 e 2,90 metros não foi alterado por processos pedogenéticos, conservando assim as feições do depósito. É composto por uma granulometria areia muito grossa a cascalho de cor vermelho escuro com laminações paralelas de baixo ângulo e matriz arenosa pouco cimentada. Seguindo as laminações ocorre uma grande quantidade de clastos de argila (5 a 10 mm) e nódulos de carbonato (5 a 10 mm). A base deste depósito é marcada por uma rocha de granulometria argila a silte, cor vermelho escuro e maciço. A

presença de nódulos de carbonato de 1 a 3 mm é comum. Este depósito apresenta uma pequena extensão lateral de 7 m.

A - 2,00 – 1,80 m – Siltito de granulometria argila a silte cor vermelho (10R5/8). Estrutura granular do solo, sem estrutura sedimentar.

Ck – 1,80 – 1,50 m – Arenito de granulometria areia fina, cor bruno avermelhado (2,5YR/5/8), laminações plano-paralelas horizontais ou de baixo ângulo, pouco visíveis, fantasmas de laminações plano-paralelas, halos globulares de CaCO₃, bioturbação pouco desenvolvida, preenchida por areia fina.

2A2 – 1,50 – 1,30 m – Arenito de granulometria areia muito fina a areia fina, cor vermelho (10R5/8), sem estrutura, película de carbonato em torno dos grãos, cimentado por CaCO₃, clastos de argila, bioturbação preenchida por areia fina, 3 mm de espessura.

2Ck2 – 1,30 – 0,70 m – Arenito de granulometria areia fina, cor bruno avermelhado (2,5YR/5/8), laminações plano-paralelas horizontais ou de baixo ângulo e pouco visíveis, fantasmas de laminações plano-paralelas, halos gleabulares de CaCO₃, bioturbação pouco desenvolvida, preenchida por areia fina.

3A3 – 0,70 – 0,50 m – Arenito de granulometria areia muito fina a areia fina, cor vermelho (10R5/8), sem estrutura, película de carbonato em torno dos grãos, cimentado por CaCO₃, clastos de argila, bioturbação preenchida por areia fina, 3 mm de espessura.

3Ck3 – 0,50 – 0,00 m – Arenito de granulometria areia fina, cor bruno avermelhado (2,5YR/5/8), laminações plano-paralelas horizontais ou de baixo ângulo e pouco visíveis, fantasmas de laminações plano-paralelas, halos gleabulares de CaCO₃, bioturbação pouco desenvolvida, preenchida por areia fina.

6.1.3 Seções da Porção Superior

As Seções desta porção estão localizadas entre as cotas 540 a 660 m.

5- Seção no Vale do Ribeiro, município de Marília – SP - coordenadas – 22k 606338/7538390 – elevação 545 m.

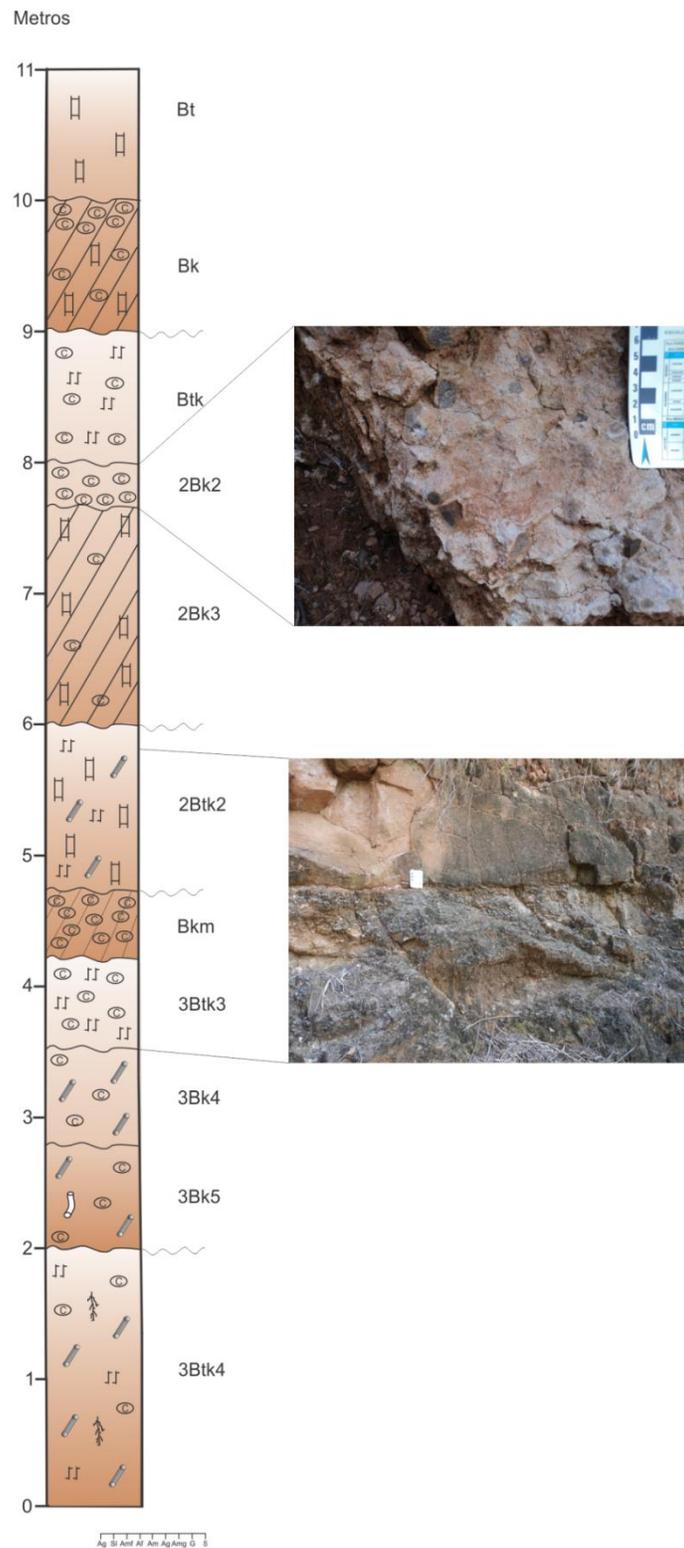


Figura 6.7 – Seção no Vale do Ribeiro, Marília-SP. Foto demonstra superfície cimentada. Escala fotos – 10 cm.

Bt- 11,00 – 10,00 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno claro (7,5YR5/8). Estrutura em bloco. Horizonte muito alterado.

Bk- 10,00 – 9,00 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno claro (7,5YR5/8) e grãos subarredondados, matriz cimentada por carbonato de cálcio, estruturas prismáticas e nódulos de carbonato (2 mm).

Btk- 9,00 – 8,00 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno claro (7,5YR5/8), grãos subarredondados, nódulos de carbonato.

2Bk2- 8,00 – 7,80 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno claro (7,5YR5/8), grãos subarredondados, matriz não cimentada, grande quantidade de nódulos de carbonato.

2Bk3- 7,80 – 6,00 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno claro (7,5YR5/8), grãos subarredondados, e matriz cimentada por carbonato de cálcio, estruturas prismáticas. Nódulos de carbonato estão por todo o horizonte e nos 20 cm no topo estão mais concentrados, marcando um contato discordante como horizonte acima.

2Btk2- 6,00 – 4,80 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno claro (7,5YR5/8), grãos subarredondados, estruturas de solo prismáticas marcantes, bioturbações preenchidas por carbonato, argila entre as estruturas em bloco.

Bkm- 4,80 – 4,20 – Arenito de granulometria areia fina a média, cor marrom claro a branco, grãos subarredondados com grande cimentação por carbonato, muitos nódulos de carbonato de 2 a 3 cm. Marca um contato discordante com a base do horizonte acima.

3Btk3- 4,20 – 3,50 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno avermelhado (10R4/6), grãos subarredondados. Nódulos de carbonato e argila.

3Bk4- 3,50 – 2,90 m – Granulometria fina a média, cor bruno claro (7,5YR5/8), grãos subarredondados, marca de raízes preenchidas por carbonato de cor branca. Nódulos de carbonatos e seixos de quartzo.

3Bk5- 2,90 – 2,00 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno claro (7,5YR5/8), grãos subarredondados, marca de raízes preenchidas por carbonato e por areia fina a média de cor amarelo claro. Nódulos de carbonatos e seixos de quartzo.

3Btk4- 2,00 – 0,00 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno avermelhado (10R4/6), grãos subarredondados, marcas de raízes e bioturbações preenchidas por carbonato, nódulos de carbonato e argila distribuída na matriz, matriz pouco cimentada porém as bioturbações e as marcas de raízes possuem muito carbonato, reagem muito ao HCl.

6- Seção na rodovia BR-153 sentido Lins, Marília – SP - coordenadas – 22k 609894/7552846 – elevação 560 m

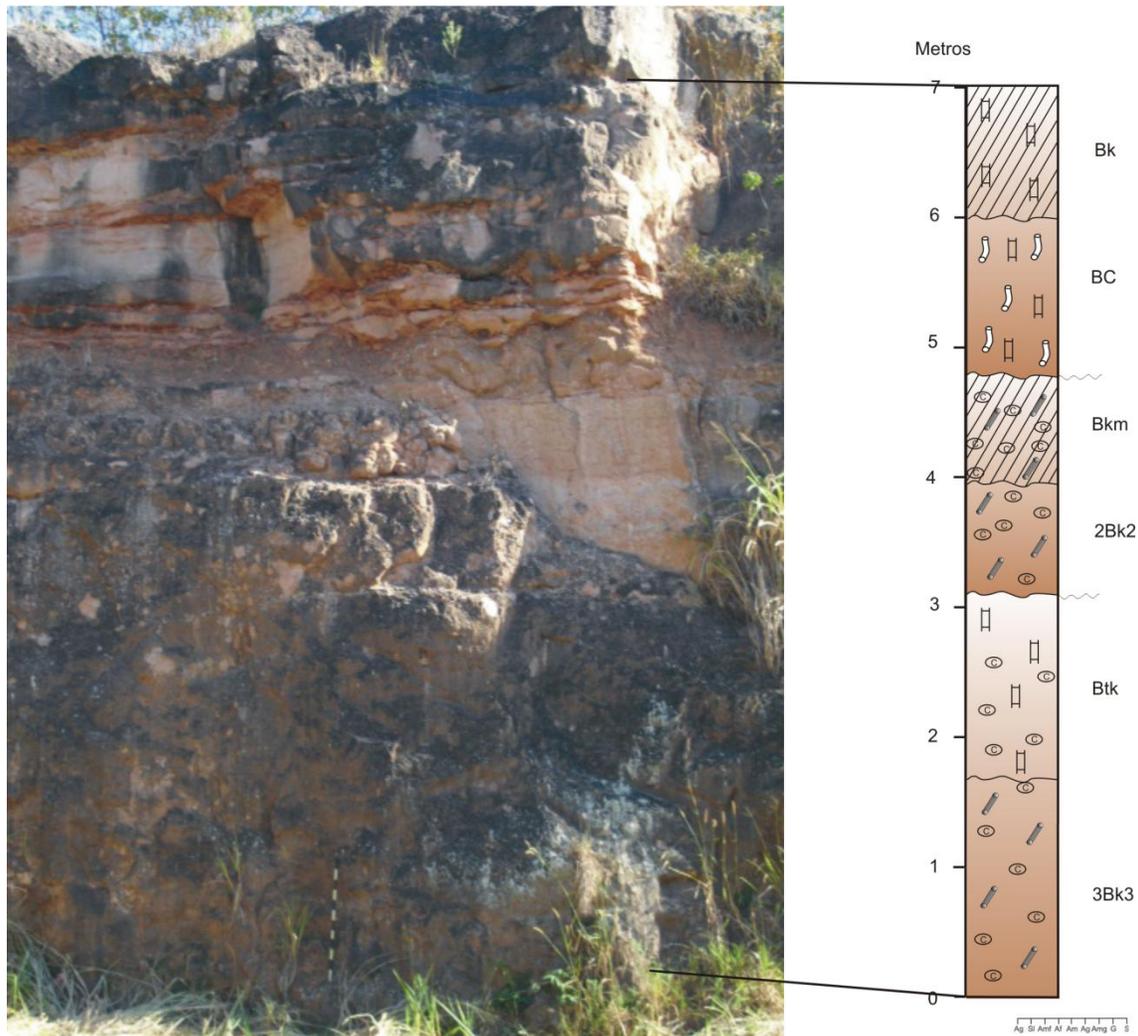


Figura 6.8 - Seção na rodovia BR-153 sentido Lins, Marília – SP. Escala bastão com 1,20 m.

Bk- 7,00 – 6,00 m – Arenito de granulometria areia fina cor bruno claro (7,5YR5/8). Matriz cimentada por carbonato de cálcio, sem estruturas sedimentares. Delimita lateralmente uma superfície erosional.

BC- 6,00 – 4,80 m – Arenito de granulometria areia fina cor bruno claro (7,5YR5/8), sem estruturas (maciço), bioturbação pouco visível preenchidas por areia fina avermelhada, paleossolo pouco desenvolvido.

Bkm- 4,80 – 3,95 m – Arenito de granulometria areia fina cor bruno claro (7,5YR5/8). Matriz cimentada por carbonato, nódulos de carbonato e bioturbação preenchidas com carbonato.

2Bk2- 3,95 – 3,10 m – Arenito de granulometria areia fina cor bruno claro (7,5YR5/8). Matriz com carbonato, nódulos de carbonato e bioturbação preenchidas com carbonato.

Btk- 3,10 – 1,80 m – Arenito de granulometria areia fina cor bruno claro (7,5YR5/8). Matriz com carbonato, nódulos de carbonato (2 a 3 mm) e estruturas em bloco.

3Bk3- 1,80 – 0,00 m – Arenito de granulometria areia fina cor bruno claro (7,5YR5/8). Matriz com carbonato, nódulos de carbonato (2 a 3 mm) e bioturbação (escavação animal) preenchidas por carbonato.

7- Seção na rodovia SP-294, município de Garça - coordenadas – 22k 636813/ 7541184 - elevação 600 m.

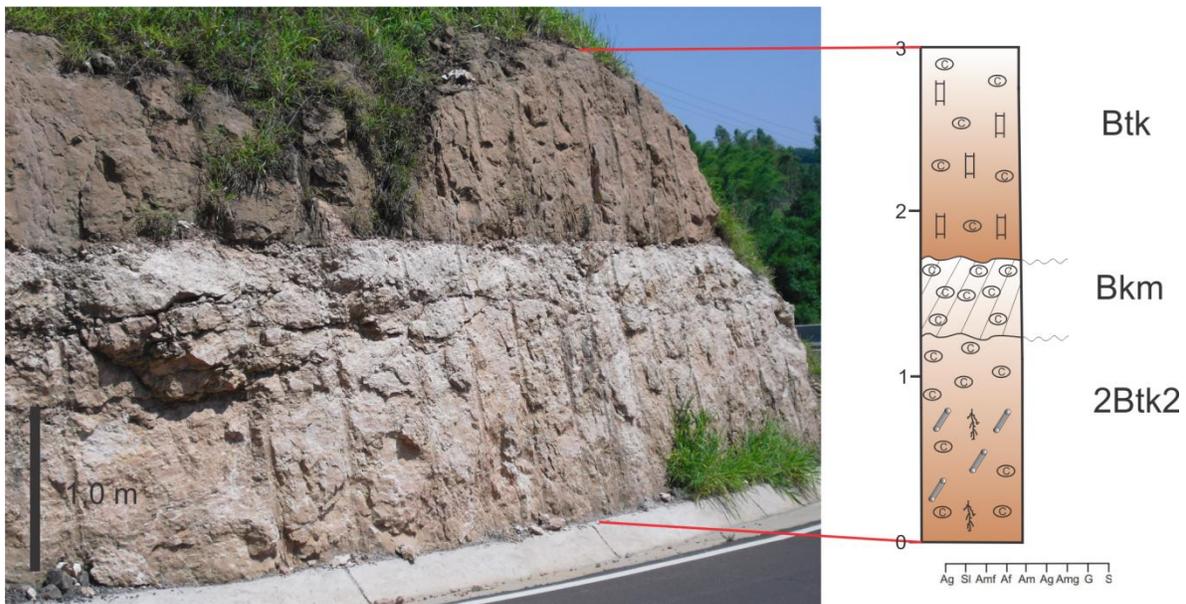


Figura 6.9 – Seção na rodovia SP-333 próxima a cidade de Garça demonstrando uma superfície de calcrete no paleossolo.

Btk- 3,00 – 1,80 m – Arenito de granulometria fina a média, cor bruno claro (7,5YR5/8). Não há cimento carbonático, este ocorre na forma de alguns nódulos dispersos. Estruturas em bloco.

Bkm- 1,80 – 1,40 m – Arenito de granulometria areia fina a média de cor cinza claro (10YR8/1). Horizonte endurecido muito cimentado por carbonato de cálcio e com presença de nódulos.

2Btk2- 1,40 – 0,00 m – Arenito de granulometria areia fina a média, cor bruno avermelhado (10R4/6), nódulos de carbonato, rizólitos e bioturbação preenchidas por carbonato, matriz reage ao HCl.

6.2 LITOFÁCIES E PALEOSSOLOS

A partir dos dados acima descritos foi possível distinguir três tipos de litofácies: arenito com laminação plano paralela, arenito com estruturas de adesão e arenito com estrutura de fluxos não canalizados; e dois tipos de paleossolos: *Aridisols* e *Entisols*, caracterizados a seguir.

6.2.1 Arenito com laminações plano paralelas

Descrição

Esta litofácies é formada por arenitos com laminações plano paralelas horizontais ou de baixo-ângulo (menor que 7°), de granulometria variando entre areia muito fina a média, com grãos predominantemente de quartzo e fragmentos líticos. Os arenitos são bem selecionados e os grãos de quartzo são bem arredondados.

As laminações são identificáveis pela diferença na granulometria: lâminas de 2 mm de areia muito fina intercaladas com lâminas de mesma espessura de areia fina. Tanto as lâminas possuem continuidade lateral limitada, adelgaçando e desaparecendo para as bordas (*pinching out*). É possível observar diferentes superfícies de pequena dimensão separando diferentes *sets* de laminações com ângulos diferentes.

Pequenos clastos intraformacionais (de poucos milímetros a 5 cm de comprimento), de formas angulares a subangulares, constituídos por arenitos lamíticos de cor marrom-avermelhado, podem constituir camadas pouco espessas intercaladas às laminações plano-paralelas.



Figura 6.10: Laminações plano-paralelas cortadas por bioturbação. Escala: Pincel de 13 cm.

As bioturbações estão presentes em pequena quantidade e as mais comuns são tubos cilíndricos verticais com 5-10 mm de diâmetro, preenchidos por areia fina a média (Figura 6.10). A presença de nódulos carbonáticos é escassa e ocorre de forma esparsa por toda litofácies.

O limite inferior desta litofácies é marcado por uma superfície subhorizontal erosiva, em contato com a mesma ou outra litofácies, como a arenito com estruturas de adesão ou a arenito com estrutura de fluxos não canalizados, ou um paleossolo. O limite superior depende do elemento que o sobrepõem, podendo ser difusa com paleossolos ou erosiva se por algum depósito eólico.

Lateralmente pode se intercalar com uma camada lenticular de base côncava preenchida por sedimentos silte argilosos com porções arenosas de cor vermelha e sem estruturas sedimentares (Figura 6.2).

A resposta desta litofácies nos dados de perfilagem deste trabalho corresponde a valores baixos de resistividade normal e curta, raios gama e o perfil sônico pode apresentar tanto valores altos como baixos.

Interpretação

Esta litofácies foi interpretada como depósito de areia eólica formado em um momento de aporte sedimentar suficiente para se depositar estratos cavalgantes transladantes (Figura 6.11). O padrão bimodal de seleção e o grau de arredondamento dos grãos são muito comuns neste tipo de depósito.

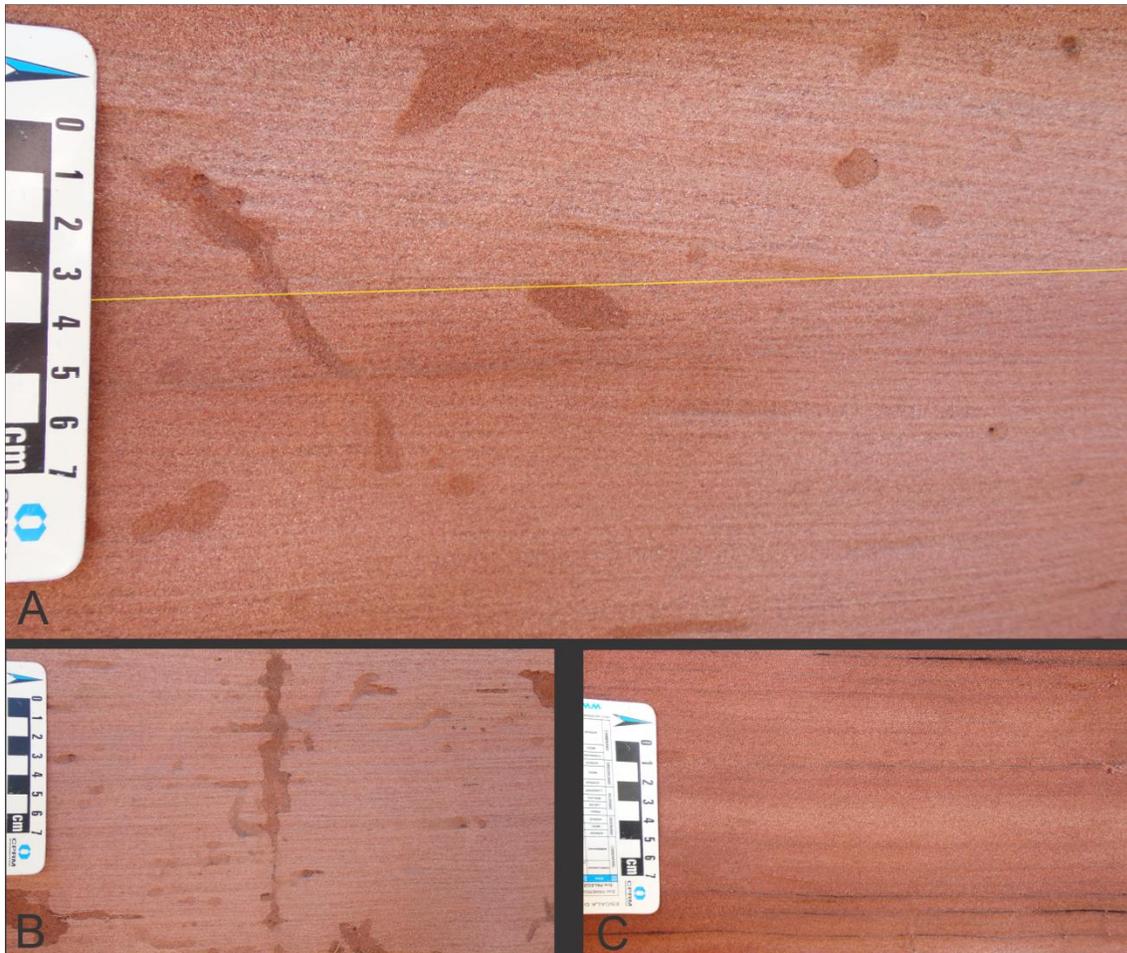


Figura 6.11 – Arenito com laminações cavalgantes transladantes. A) Linha amarela destaca uma superfície erosional separando dois *sets* de laminações plano paralelas. B) Marcas de bioturbação nas laminações. C) Laminações pretas devido à presença de óxido de ferro.

Devido à tendência para concentração de grãos maiores na crista de cada ôndula, o alinhamento de cristas ao longo da pseudo estratificação pode ser marcado por uma granulometria mais grossa, e, às vezes, por gradação inversa (Fryberger e Schenk, 1988).

A contínua migração das cristas das ondulações no sentido das zonas de sombra promove a formação de pequenas lâminas caracterizadas por gradação inversa, na qual laminações cruzadas produzidas por avalanche são dificilmente reconhecíveis devido ao alto grau de seleção das areias (Hunter, 1977; Mountney, 2006). Essas estruturas podem cobrir superfícies de dezenas de metros formando *sets* superpostos de camadas de geometria tabular com laminações plano-paralelas.

Este depósito é cortado por depósitos sedimentares de base côncava, compostos por silte argilosos e porções arenosas de cor vermelha e sem estruturas sedimentares. Estes são interpretados como sendo fluxos aquosos efêmeros em um evento de inundação da planície por enxurradas causadas por eventos tempestivos.

6.2.2 Arenito com estruturas de adesão

Descrição

Arenitos com estruturas de adesão são constituídos por laminações finas e enrugadas com mergulho variável e são abundantes em fácies de lençol de areia (Chakraborty e Chakraborty, 2001). Este arenito forma pacotes de geometria tabular com 0,9 a 2,5 metros de espessura e continuidade lateral de 20 metros. É formado por laminações finas e enrugadas de mergulho variável.

A granulometria varia de silte a areia fina de cor vermelha a cinza com laminações identificáveis pela diferença de granulação entre camadas finas de silte e camadas mais grossas de areia fina. As rugosidades, ou laminações deformadas, também facilitam a visualização das diferentes camadas. Assim como na litofácies arenito com laminações plano paralelas, apresentam pequenos clastos intraformacionais de arenito lamítico, também ocorrendo em meio a camadas intercaladas as laminações.

Bioturbações cilíndricas e marcas de raízes verticais são comuns, preenchidas por arenito bem selecionado.

O limite inferior é marcado por uma superfície erodida subhorizontal, podendo ser outra litofácies, como arenito com laminações plano paralelas, ou um paleossolo. O limite superior depende do elemento que o sobrepõem, podendo ser difusa com paleossolos e

erodida por outra litofácies. Isto ocorre devido ao fato desta litofácies aparecer associada com a litofácies arenito com laminação plano paralela.

As verrugas de adesão são superfícies bem irregulares que ocorrem devido a presença de estruturas arredondadas semelhantes a nódulos. As laminações de adesão ocorrem de forma semelhante às laminações plano paralelas, porém são irregulares e não há uma seleção de grãos tão boa quanto as que aparecem nas plano paralelas.

A resposta dos dados de perfilagem para esta litofácies corresponde a valores baixos de resistividade e muito variante no perfil sônico, característico devido à presença de silte, que também justifica os altos valores de raio gama. Esta litofácies ocorre intercalada com a litofácies arenito com laminação plano-paralela e com a litofácies arenito com estrutura de fluxos não canalizados.

Interpretação

Estruturas de adesão são provocadas pela adesão de grãos de areia em áreas com lençol freático superficial (Kocurek e Fielder, 1982). Esta adesão pode ocorrer de diferentes formas, dependendo do nível saturação em água da superfície, da velocidade e direção do vento e também da micro geomorfologia da superfície, como pode ser observado na Figura 6.12.

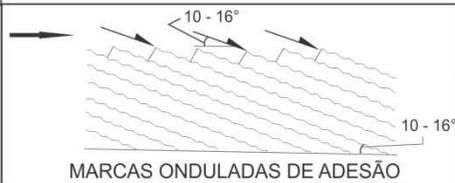
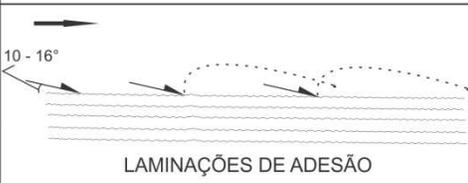
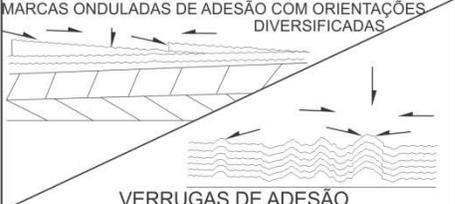
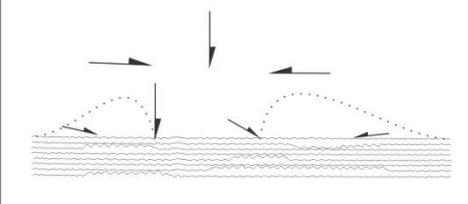
	GRANDE VOLUME DE ÁGUA	PEQUENO VOLUME DE ÁGUA
SUPERFÍCIE PLANA	 MARCAS ONDULADAS DE ADESÃO	 LAMINAÇÕES DE ADESÃO
DEPOSIÇÃO VERTICAL	 LAMINAÇÕES DE ADESÃO	 LAMINAÇÕES DE ADESÃO
MUDANÇA NA DIREÇÃO DO VENTO	 MARCAS ONDULADAS DE ADESÃO COM ORIENTAÇÕES DIVERSIFICADAS  VERRUGAS DE ADESÃO	  VERRUGAS DE ADESÃO
MICROTOPOGRAFIA PRÉ EXISTENTE	 VERRUGAS DE ADESÃO	

Figura 6.12 – Sumário das relações entre os fatores deposicionais e as estruturas de adesão (modificado de Kocurek e Fielder, 1982).

Onde a superfície deposicional é suavemente enrugada e coberta por um filme de água, o estresse do vento produz laminações enrugadas. São acima destas primeiras projeções emergentes de pequenas cristas que o crescimento das marcas onduladas de adesão se inicia (Kocurek e Fielder, 1982). Sua presença nas rochas indica que fontes de areia seca e áreas deposicionais úmidas podem existir simultaneamente. Elas se formam em superfícies com grande quantidade de água e são excelentes para aderir areia.

Existem três tipos de estruturas de adesão: marcas onduladas de adesão, verrugas de adesão e laminações de adesão (Kocurek e Fielder, 1982). Na área foram encontradas somente as duas últimas. Os diferentes tipos de estruturas de adesão são morfologicamente distintos e, mesmo compartilhando os mesmos princípios básicos de origem, cada um reflete uma pequena diferença, de preferência de um sistema deposicional específico.

Verrugas de adesão

A níveis baixos de saturação de água, laminações irregulares de adesão se formam com as mudanças na direção do vento. Acrescimento pode ocorrer apenas com o vento

soprando em uma única direção. Para que um domo se forme, o vento deve essencialmente mudar a direção em períodos de tempo muito curtos.

Kocurek e Fielder (1982) fizeram um experimento onde verrugas de adesão se formavam com uma variação na direção de ventos fortes. Com isto, ocorre à formação de rugosidades na superfície úmida, fazendo com que os grãos de areia se aderem de forma irregular. Outra maneira de ocorrência de verrugas de adesão é através de microtopografia pré-existent na superfície, que podem ser grãos de granulometria maior (clastos de diversas composições), marcas de impacto de gotas de chuva, fragmentos de matéria orgânica, ou até mesmo pela presença de nódulos carbonáticos, que deforma a superfície de acordo com a umidade. Esta possivelmente é a forma mais provável de formação destas estruturas na natureza.

O nódulo ou grão maior pode estar ou não presente. Quando não está, deixa somente a laminação deformada e é substituído pelo material da matriz (Figura 6.13).

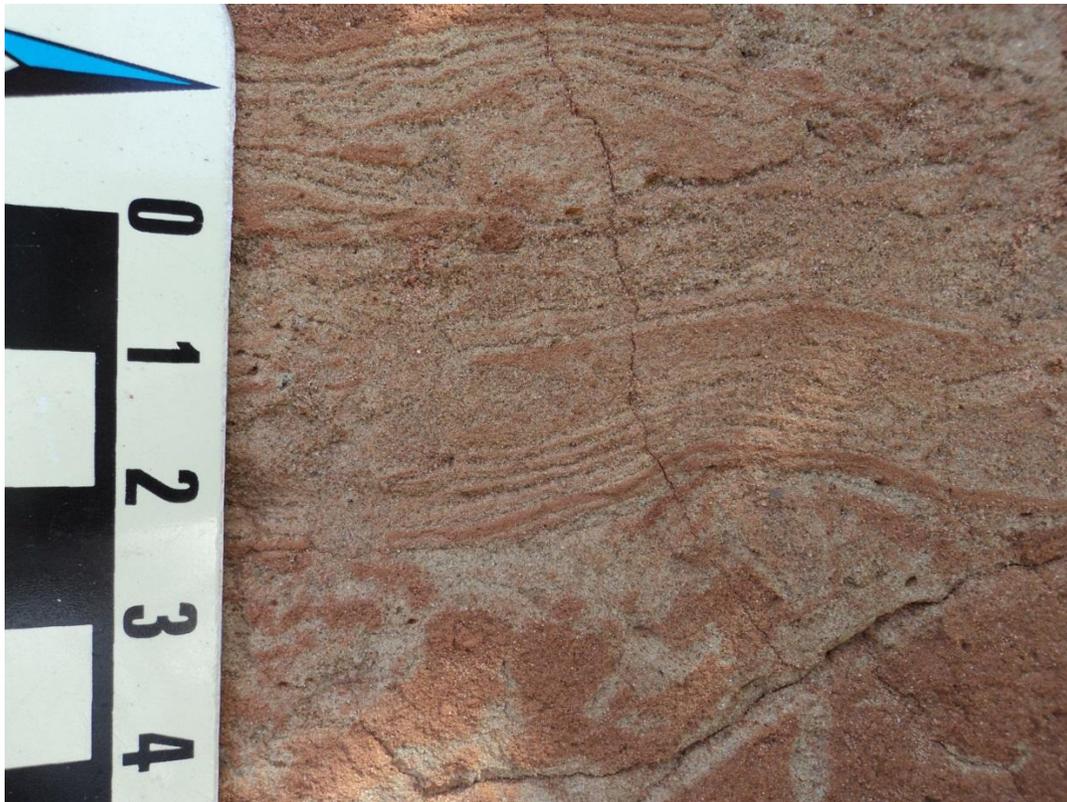


Figura 6.13 – (A) Estruturas de adesão no afloramento da rodovia SP-421. (B) Verrugas de adesão.

Laminações de adesão

A formação de laminações de adesão (Figura 6.14) parece depender do teor de água disponível e do ângulo formado entre a superfície deposicional e da trajetória de impacto do grão. Em áreas deposicionais com quantidade de água abaixo do necessário para se formar marcas onduladas de adesão, laminações de adesão se formam. Estas, portanto, aparentemente podem se formar em uma área muito mais extensa, se comparada com as favoráveis para a formação de marcas onduladas de adesão.

Kocurek e Fielder (1982) descobriram experimentalmente que laminações de adesão também podem se formar a partir da diminuição do ângulo relativo entre a trajetória dos grãos saltitantes e da superfície deposicional, independente da quantidade de água. Tanto inclinando a superfície deposicional em baixos ângulos a favor do vento ou introduzindo grãos em ângulos muito baixos resultaram no ângulos de impacto dos grãos serem essencialmente paralelos a superfície deposicional, e laminações de adesão ocorreram. Este mecanismo, porém, provavelmente é responsável por uma pequena parcela de laminações de adesão na natureza.

Hunter (1980) determinou que laminações de adesão se formam em superfícies onde não há umidade suficiente para a formação de marcas onduladas de adesão. Ele demonstrou que com a diminuição da umidade, marcas onduladas de adesão dão lugar a laminações de adesão, e estas para marcas onduladas eólicas, em superfícies secas. Algo similar é descrito por Kocurek (1981), onde uma sequência de diminuição da umidade nos depósitos de interduna na Ilha Padre, que consistem, da base para o topo, depósitos subaquosos, estruturas de adesão cavalgantes, laminações de adesão e depósitos de areia eólica em superfície seca. Então, na natureza, uma sequência com estruturas de marcas onduladas de adesão sobreposta por laminações, normalmente indicam uma diminuição na umidade para o topo.



Figura 6.14 – Laminações de adesão na base da sucessão sedimentar. Afloramento próximo a Fundação Casa de Marília, localizada na SP-333.

6.2.3 Arenito com estrutura de fluxos não canalizados

Descrição

Esta litofácies é marcada pela presença de laminações cruzadas por marcas onduladas cavalgantes (Figura 6.15A). As lâminas são facilmente visíveis devido à cor preta dos grãos de óxidos de ferro, hematita.

A granulometria é areia muito fina a fina, com grãos predominantemente de quartzo e fragmentos líticos. Os arenitos são bem selecionados e os grãos de quartzo são bem arredondados.

Nesta litofácies, observa-se poucas marcas de bioturbação, de formato cilíndrico, verticais e preenchidas pelo mesmo material arenoso da matriz (Figura 6.15B). Em alguns pontos ocorrem pequenos nódulos de carbonato em meio às laminações cruzadas. Algumas porções apresentam forte cimentação por carbonato de cálcio.

O limite inferior desta litofácies é marcado por uma superfície erodida subhorizontal que separa dois eventos deposicionais diferentes, como no caso da Figura 6.15A onde aparece com o arenito com laminações plano paralelas.

O limite superior depende do elemento que o sobrepõe, sendo uma superfície difusa com paleossolos e erodida quando com outra litofácies.

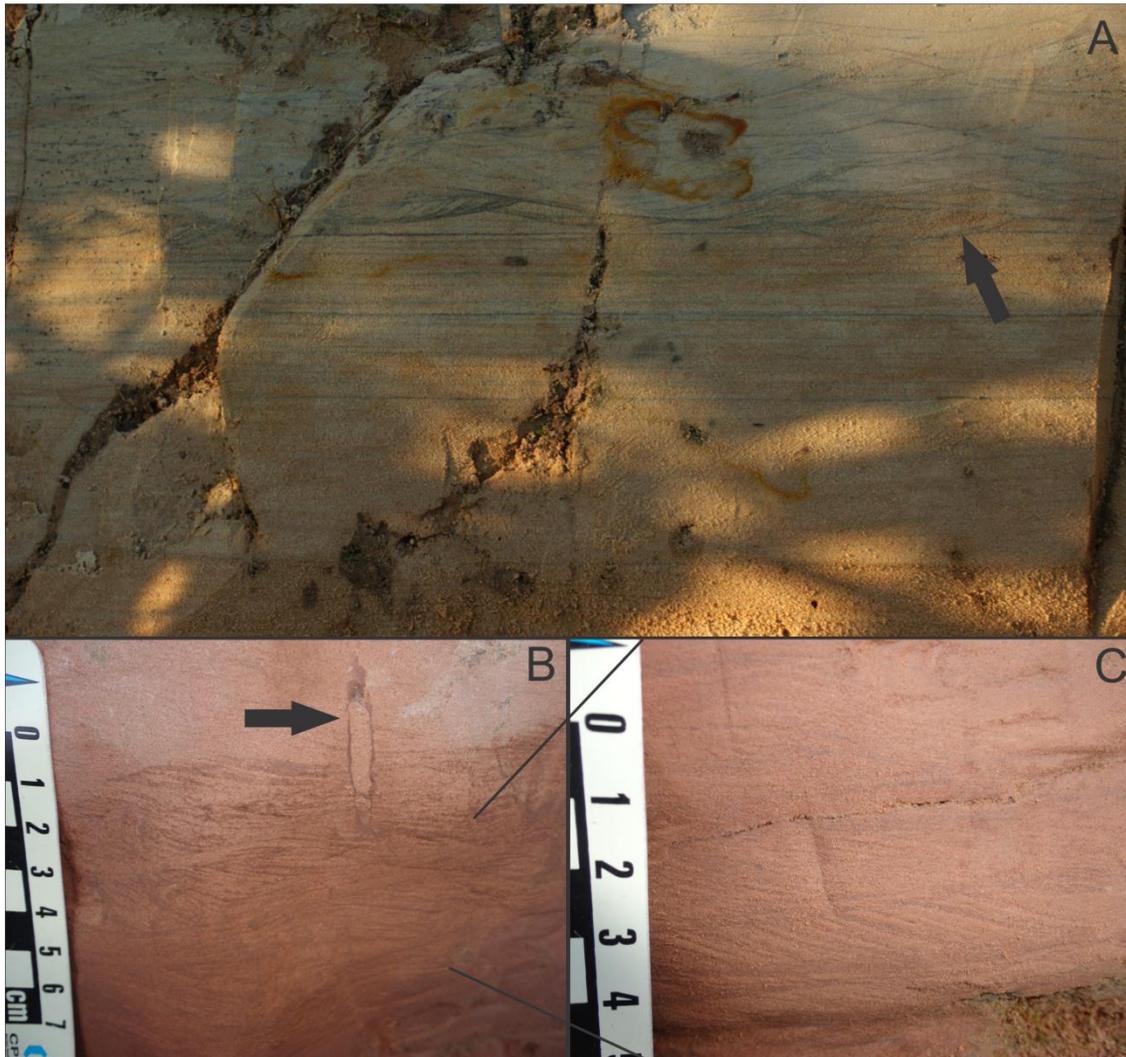


Figura 6.15 – A-) Contato das laminações cruzadas por marcas onduladas cavalgantes de corrente com laminações plano-paralelas; B-) Bioturbação; C-) Laminações cruzadas.

A resposta geofísica desta litofácies depende da cimentação por carbonato. Se presente possui valores altos de resistividade, assim como ocorre com o *Aridisols*, porém com uma resposta baixa para raios gama, devido a ausência de silte ou argila. Se não ocorre

cimentação a resistividade é baixa e a resposta é semelhante a do arenito com laminação plano-paralela.

Interpretação

Esta litofácies ocorre na porção inferior da sucessão estudada. Estas estruturas são formadas em ambientes com presença de água, que inundou periodicamente ou permanentemente durante a deposição dos sedimentos. Outras estruturas, como as de adesão, também foram encontradas nesta mesma porção. Estas também se formam devido à presença de água.

A laminação cruzada cavalgante sugere uma rápida deposição por suspensão durante a formação de marcas onduladas, sem pausa para deposição de argila (Walker, 2006). Em algumas porções pode-se observar a ocorrência de uma granulometria mais fina, provavelmente silte, em contato com estas estruturas, isto pode indicar um período onde houve diminuição da energia e transporte.

São diversos os eventos que podem inundar estas superfícies, incluindo inundações efêmeras rápidas devido a eventos tempestivos dentro da bacia, inundações fluviais além das margens da bacia, localizadas e temporárias elevações do lençol freático associado com eventos tempestivos fora da bacia (Langford e Chan, 1989), variações sazonais regionais no lençol freático, e variações em longo prazo no lençol freático, que alteram o balanço de sedimento proveniente, subsidência, e variação no clima regional (Kocurek e Havholm, 1993).

Em algumas situações inundações podem ocorrer onde a capacidade de infiltração é ultrapassada devido à baixa permeabilidade do horizonte superficial ou abaixo deste, promovendo a geração de um nível d'água elevado.

A bioturbação presente é geralmente de raízes de plantas ou de escavações de animais.

6.2.4 Paleossolos

A identificação dos paleossolos em campo foi realizada mediante o reconhecimento das seguintes feições diagnósticas: bioturbação, estruturas e horizontes de solo, cores,

cimentação, superfície inferior (Retallack, 2001). Foi possível reconhecer de dois tipos de paleossolos: *Entisols*, e *Aridisols*.

O *Entisol* representa uma pequena parcela dos paleossolos encontrados da área, descrito em um dos afloramentos estudados; o *Aridisol* representa a maioria, aparecendo em praticamente todos os afloramentos.

Nos dados dos poços somente é possível reconhecer os *Aridisols*, que possuem altos valores de resistividade, baixos em raio gama e também do sônico. Não há ferramenta para reconhecimento dos *Entisols*, que apresentam respostas geofísicas muito semelhantes a dos depósitos eólicos da área.

Aridisols

Descrição

Este paleossolo representa a maioria dos paleossolos encontrados na região. A espessura dos perfis de *Aridisols* na área varia de 0,9 a até 4 m quando exibem conjuntos complexos de paleossolos poligenéticos superpostos, como pode ser visto no afloramento da Serra da Flor Roxa, nas proximidades de Marília (Figura 6.16). As cores variam desde vermelho a marrom-avermelhado. As estruturas pedogênicas (*peds*) variam de acordo com os horizontes; em geral exibem forte estruturação de solo de tamanhos grandes, podendo atingir mais de 40 cm de diâmetro nos horizontes B.



Figura 6.16 – Sobreposição de paleossolos do tipo *Aridisol* na Serra da Flor Roxa. Escala: Carro com 1,4 m.

Aridisols possuem um horizonte B bem desenvolvido e característico. As características destes horizontes podem ser de carbonato (Bk), argiloso (Bt), ou transicional (Btk), que representam a profundidade que atinge a água durante chuvas ocasionais e podem ser correlacionados com a quantidade de precipitação média anual (Retallack, 1997).

O contínuo crescimento dos nódulos pode levar à formação de horizontes cimentados e endurecidos com nódulos coalescentes apresentando cimentação internodular por calcita espática. Porosidade é praticamente tamponada por carbonatos que passam a ocupar em torno de 20 a 60% da matriz do solo e formam a chamada *K-fabric* de Gile et al. (1965).

A sequência completa de um *Aridisol* da área compreende os horizontes A/Bt/Btk/Bk/C. A presença do horizonte A foi observada somente em um dos perfis estudados, o que é comum, pois este horizonte dificilmente se preserva.

O horizonte Bt é marcado pela maior concentração de argila devido à infiltração mecânica destas que se acumulam nas superfícies dos pedis, preenchem a porosidade e, podem formar pontes de argila entre os grãos de areia.

A principal cimentação se dá por carbonato de cálcio e ocorre com maior frequência no Btk, Ck e como característica marcante nos horizontes Bk e Bkm (Figura 6.17A). Muitas vezes ocorre preenchendo a porosidade de bioturbação dos horizontes (Figura 6.17B).

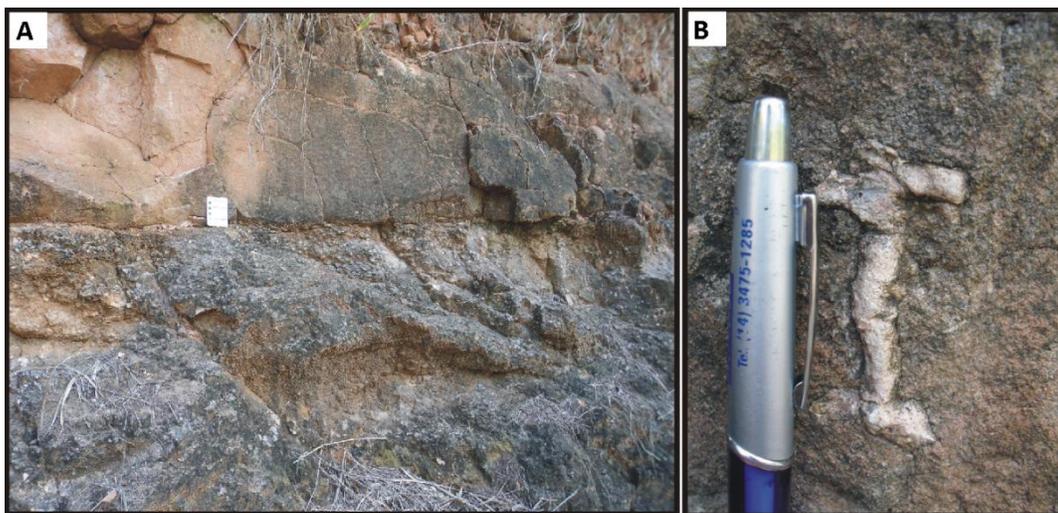


Figura 6.17 – A-) Horizonte cimentado com grande presença de nódulos de carbonato. B-) Bioturbação preenchida por carbonato. Escala: Caneta com 5 cm amostra.

Estruturas de bioturbação como rizólitos, crotovinas, halos de redução e escavações animais são comuns principalmente nos horizontes superiores. Frequentemente, o preenchimento das bioturbações é composto por areia fina ou média e carbonato de cálcio.

A transição entre os horizontes é clara a gradual com superfície de separação ondulada a irregular. Quando abrupta e plana representam transição marcada por intensa concentração de nódulos carbonáticos em um horizonte ou superfícies de erosão planas subhorizontais.

Interpretação

Aridisols são comumente descritos como solos de deserto, são rasos e progressivamente mais espessos conforme aumenta a umidade (Birkeland, 1999). A configuração geomorfológica para *Aridisol* são áreas de baixo declive, sendo que encostas iriam impedir a formação do solo (Retallack, 2001). Muitas vezes pode ocorrer uma sobreposição de perfis de *Aridisols*, alguns autores definem esses perfis como do tipo *compound* (Duchaufour, 1982) ou *multistorey* (Morrison, 1967).

Em solos muito evoluídos, o último estágio de evolução é atingido quando ocorre a formação de um horizonte endurecido com estrutura laminar que impede a passagem de água e raízes. O horizonte laminar pode apresentar estrutura pequena (0,2 cm) a muito grande (> 1,0 cm de espessura) e conteúdo em carbonato de cálcio maior que 60% em volume da matriz do solo. Esse horizonte é denominado de petrocálcico (Km) (Soil Survey Staff, 2003) e também são comumente associados aos horizontes B e C do perfil de solo.

Manzini (1999) identificou os calcretes na região de Marília como paleossolos carbonáticos que ficaram preservados no perfil sedimentar, produto da pedogênese anterior à diagênese. Cita ainda que a gênese desses pavimentos não parece obedecer a nenhum condicionamento topográfico rígido e não está associado a ambientes específicos, sendo o principal agente em sua formação o clima. Manzini encontrou três tipos de calcretes na região de Marília: calcrete lamítico, calcrete conglomerático e calcrete do tipo crosta dura.

O calcrete lamítico, segundo Manzini (1999) é composto por lamitos avermelhados e areia fina com nódulos carbonáticos milimétricos e esparsos. O calcrete conglomerático apresenta grande concentração de nódulos carbonáticos, seixos de quartzito e clastos

argilosos em meio a uma massa arenosa mal selecionada, cimentados por carbonato de cálcio. Os calcretes do tipo crosta dura apresentam nódulos carbonáticos de tamanhos variados e formas irregulares, bem concentrados, com areia mal selecionada com forte cimentação carbonática. Estes níveis ocorrem provavelmente em períodos de aridez muito intensa.

O horizonte Bt denota um período mais úmido e está em uma posição mais superficial. Este horizonte se caracteriza pelo enriquecimento de argila. A gênese deste horizonte está relacionada a períodos de maior precipitação, pois estes lixiviam os carbonatos do perfil e minimizam os efeitos da flocculação que estes causam nas argilas, permitindo a iluviação.

O horizonte Btk é uma situação intermediária comumente interpretada como indicativo de mudanças climáticas com períodos mais úmidos e mais secos, com consequente redução da lixiviação e progressivo aumento da calcificação (Basilici et al, 2009). A presença de carbonatos em solos argilosos é uma situação comum em solos desérticos (Khormali *et al.*, 2003). Em alguns casos os carbonatos podem dominar a matriz do solo, mas ocorrem com maior frequência como nódulos que ocupam parcialmente os locais onde anteriormente havia argila.

A presença de carbonato em horizontes argilosos é interpretado por diversos autores como sendo indicativo de uma significativa mudança climática de condições úmidas para outra mais árida, com a subsequente redução na profundidade da lixiviação (Schaetzl e Anderson, 2005).

Entisols

Descrição

Os *Entisols* ocorrem somente no afloramento da SP-333 próximo a Oscar Bressane, e está associado aos depósitos de arenito com laminações plano-paralelas.

Os perfis de *Entisols* deste afloramento apresentam baixo grau de evolução pedogênica; mantendo as estruturas sedimentares do material de origem pouco alteradas. Exibem sequências de horizontes A/C, marcados pela ausência de horizontes B e estruturas

pedogênicas. O perfil de *Entisol* apresenta espessura de 0,70 a 1,25 m e está associado ao depósito da litofácies Arenito com laminação plano-paralela.

As cores variam de vermelho-claro a bruno-avermelhado. Os perfis não exibem estruturas pedogênicas, denotando baixo grau de evolução. Os horizontes C mostram “fantasmas” de laminações plano-paralelas sempre que desenvolvidos sobre a litofácies arenito com laminação plano-paralela (Figura 6.18).



Figura 6.18 – Fantasmas de laminações plano-paralelas, SP-333 sentido Echaporã. Escala: Moeda 1 peso argentino com 3 cm de diâmetro.

A cimentação por carbonato de cálcio é fraca, somente os nódulos são reativos a HCl 10%.

As estruturas de bioturbação são poucas, de formatos esféricos e cilíndricos, com 1-3 mm de diâmetro, preenchidas por areia fina e cores diferentes da matriz, mais avermelhada.

O perfil de *Entisol* é interrompido lateralmente por superfícies erosivas preenchidas por depósitos eólicos que forma camadas com geometria lenticular de base côncava. Sua espessura nos dois afloramentos onde foi encontrada é de aproximadamente 35 cm e a

continuidade lateral é pequena, não passando de 3 metros. O preenchimento é por depósitos eólicos com granulometria que varia de areia média a grossa e conglomerados arenosos pobremente selecionados. A composição arenosa mostra grande quantidade de clastos, formados por nódulos carbonáticos e intraclastos lamíticos (Figura 6.19).

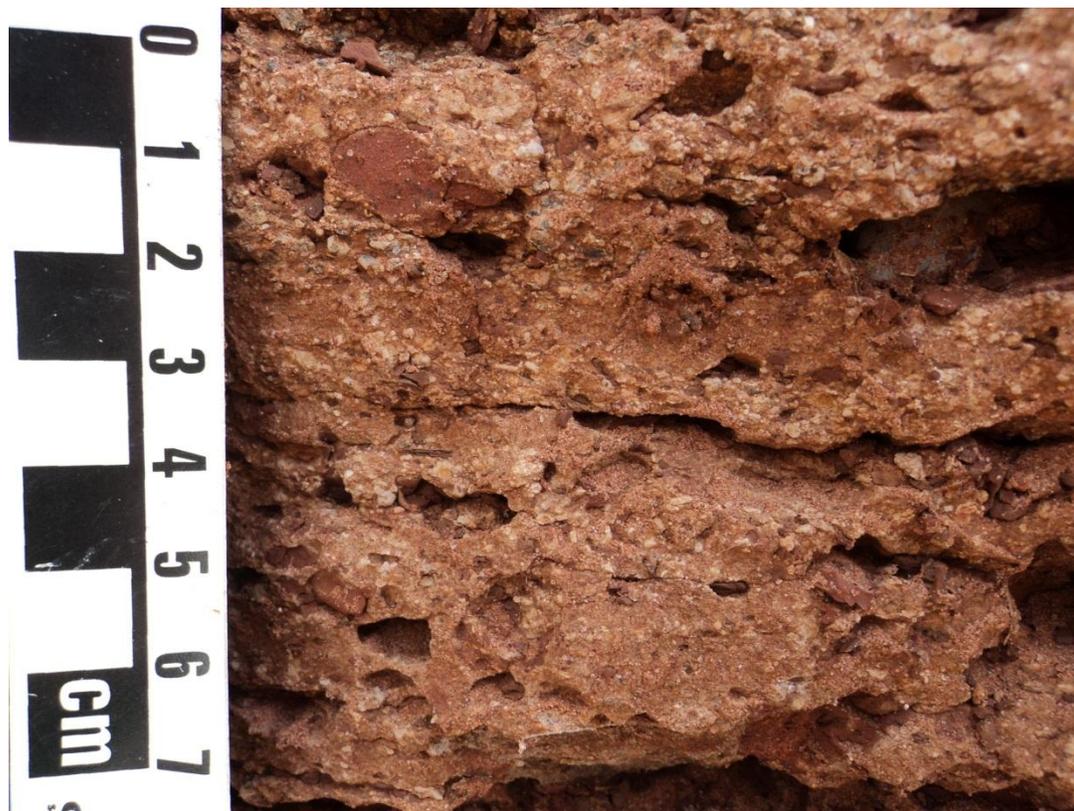


Figura 6.19 – Preenchimento das estruturas erosivas. Nódulos de carbonato, areia grossa e intraclastos de argila.

Interpretação

Os *Entisols* são paleossolos incipientes de baixo grau de evolução, evidenciado pela ausência de horizonte B. Representam o estágio inicial de alteração do material originário em solo, podendo evoluir para quaisquer outras ordens de solo, a depender do tempo, material de origem, posição topográfica e condições climáticas (Schaeztl e Anderson, 2005).

Segundo os estudos desenvolvidos neste trabalho, esta litofácies demonstra características de um ambiente árido a semiárido seco. Na área foi possível observar

afloramentos apresentando laminações plano-paralelas com intraclastos de argila alinhados segundo algumas destas laminações. Os intraclastos podem ter sua origem da deflação eólica de depósitos aquosos efêmeros, como descritos anteriormente.

No horizonte C podem ser observadas muitas características similares ao material de origem como cor, textura e, como no caso do *Entisol* descrito na área, algumas estruturas sedimentares. Na porção maciça é abundante a presença de marcas de raízes e bioturbações cilíndricas verticais de aproximadamente 10 cm classificadas como *Skolithos*.

6.3 ARQUITETURA DEPOSICIONAL E SUPERFÍCIES LIMITANTES

O termo arquitetura deposicional foi criado por Andrew Miall na primeira metade dos anos 80. Consiste em um método de classificação hierárquico das fácies sedimentares, baseado na dimensão e geometria, nas superfícies que dividem os corpos sedimentares e na dedução do tempo de formação.

Dois conceitos são básicos para este método. O conceito de escala hierárquica, onde os depósitos são feitos de elementos que possuem uma ordem hierárquica, por exemplo de marcas onduladas para camadas de um arenito. O outro conceito é de elemento arquitetural, que é uma porção da rocha sedimentar, caracterizada por sua geometria, forma, escala, composição das fácies, representando um particular ou grupo de processos com o mesmo sistema sedimentar.

Miall (1985) pegou estes conceitos e os ordenou de uma forma simples e clara baseado em superfícies limitantes que separam os corpos, e deduzindo indiretamente o seu tempo de formação. A escala e dimensão das superfícies não são fixas, o que torna este método muito bom e passível de ser aplicado para qualquer sistema.

Em todas as seções estratigráficas medidas é possível observar superfícies que separam diferentes corpos litológicos, de diferentes escalas, indo da escala de bacia, com superfícies separando depósitos, até a micro onde estas superfícies delimitam duas laminações diferentes. Diversas superfícies são observadas nos depósitos e também nos paleossolos presentes na área.

Superfícies limitantes erosionais têm sido muito descritas em sistemas deposicionais secos dominados por mar de areia, lençóis de areia eólica, e da interação entre sistemas

fluviais e campo de dunas (Kocurek, 1988. Langford e Chan, 1989; Fryberger, 1993; Kocurek e Havholm, 1993; Lancaster, 1993).

Sete tipos de superfícies são reconhecidas nas rochas do Grupo Bauru na área de estudo, diferenciadas a partir da sua forma e extensão lateral, das características das litofácies que as dividem e de suas interpretações genéticas. Foram estabelecidas cinco ordens, onde a de ordem 1 representa uma maior extensão espacial e exposição superficial e a de ordem 5 representa os menores valores para estes parâmetros (Figura 6.20).

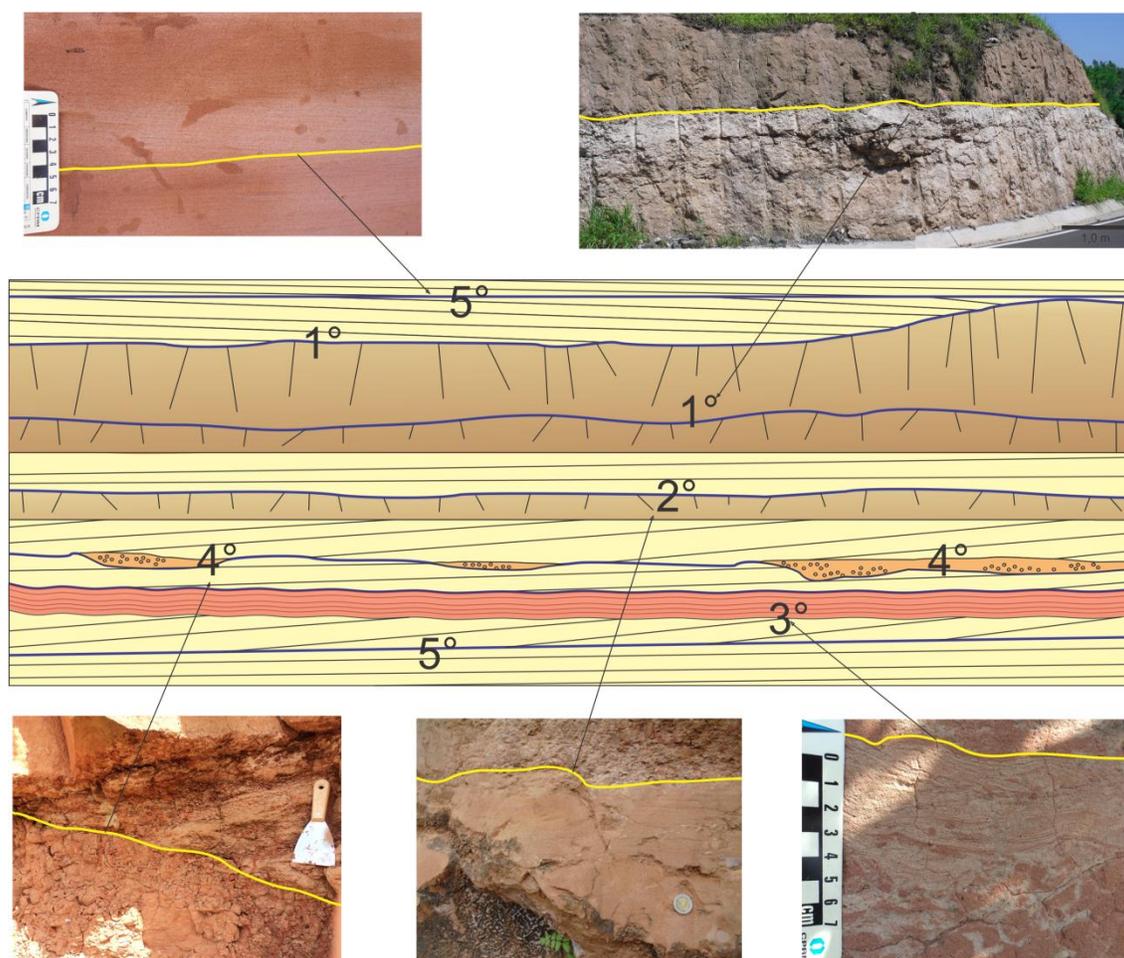


Figura 6.20 – Esquema das superfícies limitantes reconhecidas na área de estudo (ordem das superfícies está de acordo com Basilici e Dal’ Bo, 2010).

As mais representativas destas superfícies, as super superfícies, são as que definem hiatos entre diferentes períodos de deposição de mar de areia (Kocurek, 1988). Superfícies limitantes que separam campos de dunas podem ser comparadas a superfícies análogas dentro de lençóis de areia eólica, porque os dois sistemas geralmente se desenvolvem perto

um do outro, e são interdependentes. Sendo que as super superfícies representam uma mudança nos fatores que controlam a acumulação de sedimentos eólicos (Kocurek e Havholm, 1993; Kocurek, 1988), elas podem ser conceitualmente comparadas com as superfícies de primeira ordem estabelecidas para o Grupo Bauru.

Existem dois tipos de superfícies de primeira ordem na área. As superfícies de primeira ordem do tipo 1 são planas a irregulares, e consiste no contato de um paleossolo (*Aridisols*) com depósitos de areia eólica com estratos cavalgantes transladantes. É comum a ausência do horizonte A. Marcada por uma superfície endurecida cimentada por carbonato de cálcio e concentração de cascalhos e nódulos de carbonato. Esta superfície pode se estender por vários quilômetros.

Uma interpretação genética para esta superfície é a transição entre uma condição estável (processos pedogenéticos) para uma condição instável (erosão e deposição), que corresponde a uma mudança no vento e no aporte sedimentar e até uma mudança climática de um paleoambiente semiárido para um árido. Esta superfície provavelmente representa um longo período de ausência de deposição, seguida por processos deposicionais eólicos. O contato com as marcas onduladas eólicas, a geometria da superfície e o acúmulo de clastos são evidências de que se trata de uma superfície erosional.

As superfícies de primeira ordem do tipo 2 ocorrem com maior frequência na área, principalmente na porção superior da bacia. Caracterizadas superfícies planas a levemente onduladas que dividem dois perfis de paleossolos (*Aridisols*). Ocorre como horizontes C ou B de um perfil que se sobrepõem sobre os horizontes A, e com maior frequência sobre os B. Superfícies cimentadas e com grande quantidade de nódulos de carbonato são comuns, estendendo por diversos quilômetros.

Assim como a superfície de primeira ordem do tipo 1, a do tipo 2 também é interpretada como a transição entre uma condição estável (processos pedogenéticos) para uma condição instável (erosão e deposição) correspondente a uma mudança no vento e no aporte sedimentar e até uma mudança climática de um paleoambiente semiárido para um árido. Também representa um longo período de ausência de deposição, porém após a deposição a intensa atividade pedogenética pode obliterar todo o registro sedimentar, restando apenas a superfície de deflação eólica atestando os períodos mais secos. A natureza erosional é reconhecida pela ausência do horizonte A e pela concentração de cascalhos.

Superfícies de segunda ordem são planas a pouco onduladas com contato entre paleossolos pouco desenvolvidos (*Entisols*) sobrepostos por depósitos de areia eólica com estratos cavalgantes transladantes. Estas superfícies provavelmente não possuem grandes extensões. A transição é de uma condição topográfica superficial relativamente estável (pedogênica) para uma instável (erosional e deposicional). Esta superfície sugere áreas restritas temporariamente isoladas de processos deposicionais ou erosionais, portanto um curto período de estabilidade topográfica.

Superfícies de terceira ordem possuem características planas a pouco onduladas que corresponde ao contato entre depósitos de areia eólica com estratos cavalgantes transladantes sobrepostos por depósitos de areia eólica com estruturas de adesão. Esta superfície provavelmente representa extensões superficiais de dimensões médias a grandes. Uma interpretação genética para esta superfície é que esta não representa uma transição climática ou características ligadas à estabilidade da topografia superficial e sim a uma mudança na disponibilidade de água na superfície, causada pelo soerguimento do nível do lençol freático.

As superfícies de quarta ordem também se dividem em dois tipos. A do tipo 1 são irregulares a onduladas do contato com depósitos de areia eólica com estratos cavalgantes transladantes sobrepostos a depósitos subaquosos de fluxos não canalizados gerados por inundações. Estas superfícies provavelmente não possuem grandes extensões. A transição é somente diferenciada pela forma de deposição dos grãos, onde o transporte a partir da área fonte é eólico, porém os grãos são depositados em regime subaquático. Não há mudanças climáticas no paleoambiente, ou seja, estas superfícies se formam durante um período de deposição eólica, não marca uma pausa na deposição.

As superfícies de quarta ordem do tipo 2 possui as mesmas características das do tipo 1, correspondendo também a depósitos de inundação sobre depósitos eólicos, porém são depósitos argilosos e de menor expressão vertical, sendo mais delgados. Sendo assim, também não indicam mudanças climáticas no paleoambiente.

As superfícies de quinta ordem possuem características planares a pouco inclinadas que divide diferentes sets de laminações de marcas onduladas eólicas transladantes. Suas extensões não ultrapassam 10 metros. A ocorrência destas superfícies pode ser explicada devido à mudança no sentido do vento, causando uma mudança abrupta na migração das

marcas onduladas, ou então também ocorre devido à alternância de fases de deposição e de erosão.

6.4 ESTRATIGRAFIA DA BACIA BAURU NA REGIÃO

É possível observar uma clara diferença entre os depósitos encontrados na porção inferior (cota 400 a 450 m) dos encontrados na porção média (450 a 540 m) e na porção superior (cota 540 a 660 m) da sucessão estratigráfica estudada.

Estruturas de adesão foram observadas na porção inferior da sucessão sedimentar. Estas normalmente se formam quando há presença de água próxima e/ou aflorando na superfície. Este nível alto do lençol freático ocorre devido à geomorfologia do paleoambiente, que era plana e rebaixada, evidenciada pelos depósitos de *playa lake* encontrados na área. Somente após uma camada de pelo menos alguns milímetros de areia seca é que as estruturas de adesão deixam de se formar e voltam a as marcas onduladas eólicas. Estes depósitos também possuem uma porcentagem de argila e silte, que se aderem à superfície.

Na parte média da porção inferior o clima seco, a disponibilidade intermediária de sedimentos para deposição, influência do lençol freático, depósitos de inundação, vegetação, horizontes cimentados e alguns horizontes de paleossolos favoreceram a formação de um lençol de areia eólico, marcado por marcas onduladas de baixo ângulo.

Na porção superior da bacia os processos pedogenéticos ocorreram com maior intensidade. Durante as atividades de campo na área foi possível verificar que a porção superior é diferenciada da porção média devido à maior presença de cimentação carbonática em paleossolos. Os paleossolos e os depósitos eólicos juntos representam 90% da espessura total das formações em estudo nos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás (Basilici e Dal Bó, 2010). No caso da região de Marília (SP), chegam a 95%.

Como descrito por Dal Bó (2008), há intercalações conglomeráticas, raras no interior da bacia, são constituídas por intraclastos carbonáticos remobilizados, sendo pouco frequentes os silicosos. A posição e forma destas intercalações conglomeráticas, em geral associadas a horizontes de calcretes, indicam tratarem-se de depósitos em pavimentos de deflação eólica e remobilização por enxurradas e fluxos em lençol, recorrentes. A preponderância de intraclastos carbonáticos decorre do fato de que derivam, sobretudo, de

retrabalhamento de solos mais antigos associados à calcretes, em eventos de transporte vigorosos e pouco duradouros.

No entanto, estes fatores sobre as características de cada fase deposicional não significam necessariamente uma mudança de ambiente, mas variações de diferentes fatores que atuam em um mesmo ambiente. É importante ressaltar que unidades de depósitos eólicos lateralmente extensos (centenas de quilômetros ou mais) não necessariamente significam que toda a região é coberta simultaneamente pelos mesmos tipos de depósitos.

Controles climáticos englobam uma grande quantidade de fatores que diretamente ou indiretamente afetam o sistema. O clima afeta diretamente o sistema eólico, de forma que a deflação, o transporte, e a acumulação de areia não são aleatórios e sim reflete o padrão de fluxo de areia sobre as áreas (Wilson, 1973; Fryberger *et al.*, 1979).

Mudanças climáticas podem ser resultado de tendências climáticas globais, ou mudanças em zonas climáticas induzidas por movimento ou intensidade de células de alta pressão que aumentam a troca de ventos. Uma mudança para um clima mais úmido pode rapidamente resultar em um aparecimento de vegetação que protege a superfície de processos deflacionários. Quando a superfície se estabiliza é possível à formação de paleossolos.

A diferença entre as três porções e a representatividade lateral de cada uma pode ser observada na Figura 6.21, onde os perfis de cada porção são comparados, demonstrando que mesmo a grandes distâncias (25 km) as características litológicas são semelhantes

A Figura 6.21 também apresenta uma comparação entre os perfis estratigráficos tipos de cada porção. É possível observar que os perfis estão distantes 15 km (para a porção inferior) até 25 km (para a porção superior). Para a porção média, somente um perfil representativo e completo foi descrito, porém no topo dos perfis da porção inferior foi possível observar a transição para depósitos sedimentados em condições diferentes das observadas até então.

Quando a comparação é feita em relação a diferentes cotas, é possível ver uma diferença nos resultados dos processos geológicos, onde na porção superior é predominante composta por paleossolos e na média e inferior por depósitos sedimentares.

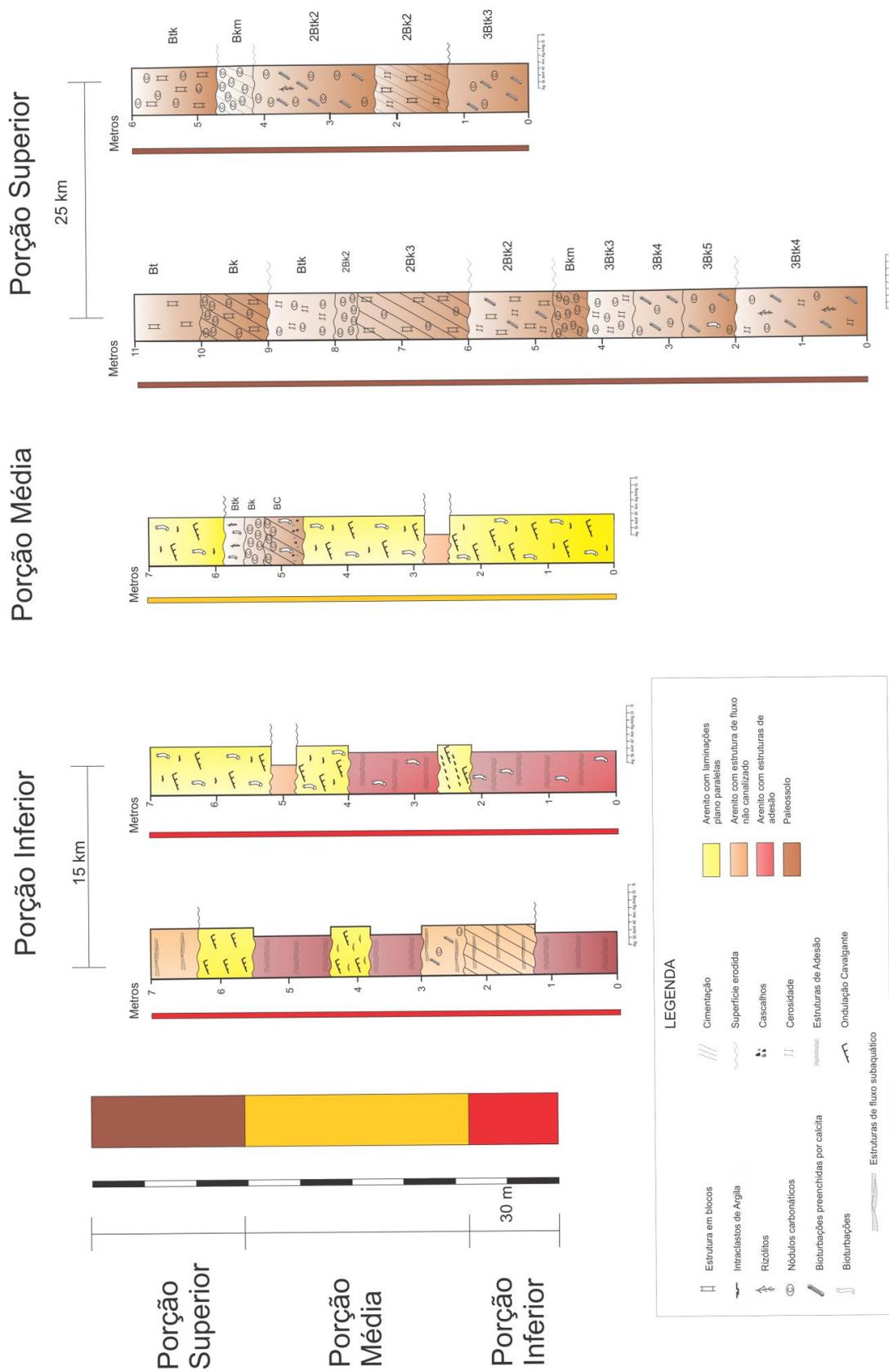


Figura 6.21 - Correlação entre perfis das porções inferior, média e superior da sucessão sedimentar estudada.

6.4.1 Critérios de correlação estratigráfica em subsuperfície

Os processos predominantemente eólicos e pedológicos, atuantes em bacias exclusivamente continentais, conduzem a uma ampla variedade de depósitos sedimentares que ocorrem tanto no espaço quanto no tempo. Os depósitos eólicos são fortemente cíclicos cujos efeitos de sobreposição podem produzir complexas sucessões verticais. Além disso, essas bacias são controladas por níveis de base locais e desenvolvem sedimentação em ambientes subaéreos ou em alguns casos por águas rasas, onde as chances de preservação dos depósitos são muito pequenas, ou seja, os eventos erosivos se sobrepõem aos eventos de acomodação e preservação (Reading 1986).

Já os processos pedológicos são períodos mais úmidos caracterizados por estabilidade geomórfica e ausência de sedimentação eólica. Esses períodos, com milhares de anos de duração, representam pausas nos processos de sedimentação e erosão, formando superfícies estratigráficas de caráter regional. Kraus e Bown (1986) definiram esses períodos de estase, marcados pela ausência de deposição e erosão, com predominância da pedogênese.

Cada um destes processos constrói feições características que podem ser facilmente diferenciadas em afloramento através da observação direta. Em subsuperfície, a diferenciação das litofácies através dos perfis geofísicos são mais difíceis de serem observadas, principalmente devido à falta de testemunhos de rocha nos poços.

Assim a separação de diferentes porções com respostas dos dados elétricos semelhantes, alinhadas com os parâmetros encontrados nos afloramentos servem somente de suporte e confirmação do que foi interpretado.

O que pôde ser feito para valorizar os dados foi considerar que alguns destes padrões são exclusivos de determinadas litofácies para a área. Assim foi possível diferenciar três porções.

6.4.2 Estratigrafia de subsuperfície da Bacia Bauru na área de estudo

Segundo as descrições e interpretações das litofácies encontradas na área, foi possível calibrar as respostas geofísicas obtidas nas perfilagens e assim ampliar as interpretações para os dados de subsuperfície, para uma escala de bacia. As atribuições

dadas para cada resposta elétrica foram feitas segundo a presença ou ausência de argilo minerais, conforme a porosidade da rocha e seu respectivo preenchimento.

As respostas para raios gama são condicionadas segundo a presença de isótopos radioativos presentes em cada rocha, representados principalmente pelo Urânio, Tório e Potássio. Destes o Potássio é o mais abundante e é encontrado nos feldspatos potássicos, biotita e vários argilo minerais. Nesta sucessão os materiais responsáveis pela resposta do raio gama são os argilo-minerais.

Na tabela 6.1 estão alguns valores de raio gama para diferentes rochas. Pode-se notar que os folhelhos são a litologia que mais concentra minerais radioativos, e ao contrario, os arenitos limpos e calcários possuem baixa radioatividade. Já os arenitos argilosos e siltitos possuem radioatividades intermediárias.

Tabela 6.1: Valores do raio gama para cada tipo de rocha (Paula e Silva, 2003).

Rocha	RG API
Carvão	0
Halita	0
Gipsita	0
Anidrita	0
Calcário	5 - 10
Dolomito	10 - 20
Arenito limpo	10 - 30
Arenito argiloso	30 - 45
Folhelho	40 - 140
Silvita	~500

Outro padrão analisado foi o de resistividade da rocha, que consiste em medir a resistência à passagem da corrente elétrica através de um pacote de rocha. Este perfil possui um sistema de arranjo de eletrodos que mede a resistividade aparente, chamada de Normal. Se a distância dos eletrodos for de 16 polegadas, é dito Normal Curto, e se for 64 polegadas, é dito Normal Longo. Este arranjo é muito influenciado pela lama de perfuração.

Para isso foi introduzido o perfil resistividade induzida visando acabar com os efeitos lama-poço. Estas duas curvas, assim como em outros trabalhos, foi feita em uma operação simultânea. A resistividade normal investiga em menor profundidade e a induzida em maior profundidade, em relação a parede do poço.

O perfil resistividade indica assim os valores de porosidade e permeabilidade, quanto menor for a porosidade, ou seja, neste caso quanto mais cimentada estiver a rocha, maior será a resistividade.

Em rochas porosas é possível determinar qual o seu preenchimento a partir do perfil sônico. Este perfil consiste no registro do tempo em que uma onda sonora demora em atravessar um intervalo de rocha. Este tempo de trânsito guarda uma estreita correlação com a porosidade total da rocha, quanto menor o tempo de trânsito, menor será a porosidade da rocha. A tabela 6.2 mostra o tempo de trânsito e velocidades sônicas de algumas rochas e fluidos.

Tabela 6.2: Tempo de trânsito correspondente a cada material (Paula e Silva, 2003).

Material	δt	Velocidade (pés/s)	Material	δt	Velocidade (pés/s)
Dolomita	43,5	22.998	Basalto	57,5	17.391
Diabásio	44,6	22.435	Folhelho	60 a 170	16.666 – 5.882
Calcário	47,6	21.008	Halita	66,7	15.000
Anidrita	50,0	20.000	Água salgada	192,3	5.200
Granito	50,8	19.685	Água doce	200	5.000
Gipsita	53,0	19.047	Petróleo	238	4.200
Arenito	55,5	18.018	Metano	626	1.600
Aço	57,1	17.500	Ar	919	1.088

Este perfil foi utilizado de forma secundária para diferenciar algumas rochas com características semelhantes e também por não estar presente em todos os poços utilizados neste trabalho. Foi possível reconhecer em algumas porções que a porosidade estava preenchida por água, e em outras quando a cimentação era por carbonato.

O potencial espontâneo também foi utilizado de forma secundária para determinação das diferentes permeabilidades das camadas. O perfil de potencial espontâneo registra a diferença de potencial elétrico natural entre um eletrodo móvel ao longo do poço e um eletrodo de potencial fixo, posicionado na superfície do terreno. As deflexões na curva do SP são originadas, principalmente, pela diferença de salinidade entre a lama de perfuração e os fluidos da formação pela presença de folhelhos que atuam como membranas catiônicas seletivas (potencial eletroquímico). Diante das camadas argilosas e siltosas impermeáveis não ocorrem deflexões.

Eletrofácies

Determinado isto foi possível determinar as eletrofácies segundo as respostas de cada rocha. As eletrofácies aqui distintas foram: Depósitos Eólicos, Depósitos Subaquosos, Depósitos *Playa-lake* e *Aridisols*.

Para a definição destas eletrofácies foram atribuídos limites de respostas para os perfis resistividade e raio gama. O intervalo de cada eletrofácies é representado na tabela 6.3.

Tabela 6.3: Intervalo de cada eletrofácies para os perfis resistividade e raio gama.

	Resistividade ($\Omega.m$)	Raio Gama (API)
Depósitos Eólicos	< 50	< 40
Depósitos Subaquosos	< 50 e > 50	< 40
Depósitos <i>Playa-lake</i>	< 50	> 60
<i>Aridisols</i>	> 50	entre 40 e 60

Os Depósitos Eólicos correspondem a valores baixos de resistividade e raio gama devido à baixa cimentação por carbonato de cálcio e a porcentagem de argilaominerais também ser baixa. Nesta eletrofácies estão contidas as litofácies arenito com laminação plano-paralela. Esta litofácies ocorre em todas as porções da seção estudada na área.

Os Depósitos Subaquosos possuem tanto valores altos, como também valores baixos para resistividade, isto porque alguns intervalos ocorrem muito cimentados por carbonato de cálcio. Os valores de raio gama são baixos, devido à baixa quantidade de argilominerais. Nesta eletrofácies está contida a litofácies arenito com estrutura de fluxos não canalizados. Uma particularidade desta litofácies é que somente foi encontrada na porção inferior da sucessão sedimentar descrita.

A eletrofácies Depósitos *Playa-lake* é representante dos depósitos da base da sucessão sedimentar, e correspondem aos arenitos com estruturas de adesão. Serão classificados como *playa-lake* porque apesar de serem influenciados por água, não formam uma lâmina de água sobre a superfície, somente uma umidade entre os grãos, por capilaridade.

Apresenta respostas baixas para resistividade e altas para raio gama. Isto ocorre devido à composição desta fácies. Para isto, somente depósitos aqui interpretados como arenitos com estruturas de adesão entram nesta eletrofácies, correspondendo ao tipo de rocha que contém um arenito fino siltoso acastanhado a cinza esverdeado, um pouco diferente do que é interpretado por Paula e Silva *et al.* (2005), onde estes autores classificam esta porção basal como um silte arenoso acastanhado a cinza esverdeado. Como a litofácies arenito com estrutura de fluxos não canalizados, está também se limita à porção inferior da sucessão estudada.

A última eletrofácies, *Aridisols*, corresponde a respostas altas para o perfil resistividade e médias para raio gama. Isto porque apresentam porções muito cimentadas e com presença de argila. Esta eletrofácies corresponde ao paleossolo *Aridisol* e está presente na porção média e superior da seção.

A alta porcentagem de cimento nesta litofácies pode ser comprovada também a partir de dados hidrogeológicos, como observado por Prandi (2010), onde a Formação Marília, formação superior na Bacia, funciona como um aquífugo, ou seja, não permite a infiltração da água superficial.

Cada eletrofácies foi diferenciada por uma cor, como pode ser visto na legenda da Figura 6.22. Esta servirá para os perfis demonstrados nos anexos 1 a 6. O intervalo “Calibração” demonstra um período no começo de alguns poços onde a ferramenta ainda não estava registrando os dados das rochas.



Figura 6.22 – Legenda para a interpretação dos perfis geofísicos em anexo.

A Figura 6.23 demonstra uma correlação estratigráfica, com base nas descrições de afloramentos na região de Marília, correlacionadas às informações dos perfis geofísicos. Nesta figura pode se observar linhas de correlação traçadas a partir dos diferentes grupos de rochas perceptíveis nos perfis. Estes dados foram calibrados através dos perfis estratigráficos feitos em campo e também descrição de calha de alguns poços.

Duas linhas separam as três porções delimitadas também nos afloramentos, comprovando que há também uma diferença no padrão de respostas geofísicas para cada porção.

A inferior pode ser bem delimitada por ser composta por sedimentos mais finos (areia fina e silte) que respondem com altos valores no perfil raio gama (RG) devido a maior presença de argilo minerais, e resistividade (ILD) variando conforme porosidade.

A porção média é caracterizada em sua maioria por um arenito fino bem selecionado que responde com valores baixos de RG e ILD. Alguns perfis de paleossolos podem ser encontrados, porém em menor quantidade.

Na porção superior a situação é contrária a da média, onde a maioria é composta por paleossolos e o arenito fino perfaz uma pequena quantidade dos registros. A resposta geofísica é baixa para RG e alta para ILD.

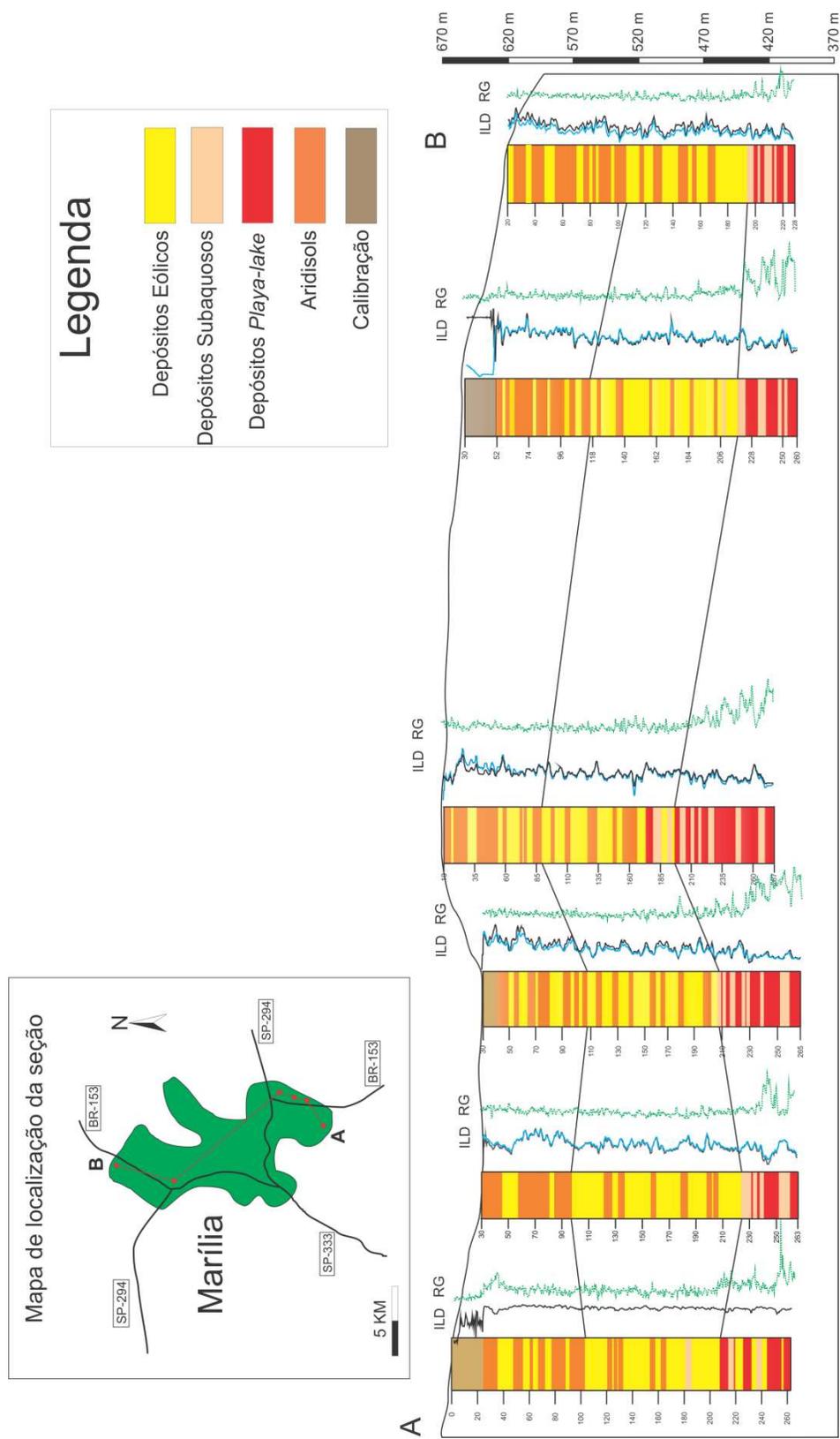


Figura 6.23 – Correlação entre os poços. Mapa de localização demonstra os limites da cidade de Marília – SP e a localização dos poços. A correlação é feita a partir das diferentes porções com respostas semelhantes.

7. CONCLUSÕES

A partir das características faciológicas, sedimentares e estratigráficas de superfície e subsuperfície observadas pode-se concluir que as rochas na área de trabalho foram formadas em um paleoambiente de lençol de areia eólica de clima árido a semiárido, com variações temporais na disponibilidade de água na superfície, variações climáticas e outros fatores que favoreceram os processos deposicionais eólicos ou a pedogênese.

Tais afirmações são confirmadas a partir da análise dos dados de campo e de perfilagem dos poços, que apresentam uma ciclicidade entre depósitos eólicos e paleossolos na parte superior, uma maior homogeneidade nos depósitos eólicos da porção média e depósitos eólicos com alta influência de água na parte inferior sucessão sedimentar.

Esta configuração pode ser vista na Figura 7.1, onde as os esquemas 1,2 e 3 demonstram as situações que predominaram durante a deposição destas porções. Isto não significa que toda a área estudada estava sob o mesmo processo deposicional ou pedogênese, podendo haver correlação entre eles, como visto na Figura 6.23.

Os dados de perfilagem mostram padrões de respostas características para cada porção, correspondendo corretamente com os dados de afloramento e de calha que serviram de calibração para os perfis.

A porção inferior é predominantemente composta por depósitos finos com respostas altas para raio gama, características comuns para depósitos com alto teor de argilominerais e depósitos finos. São depositados predominantemente sobre influência de um lençol freático aflorante. Apresentam uma distribuição restrita a 30 a 50 metros de espessura na base da sequência estudada.

A porção média apresenta um material mais homogêneo de arenito fino bem selecionado com alguns corpos de paleossolos. A resposta no perfil geofísico é similarmente homogêneo, não apresentando valores muito altos.

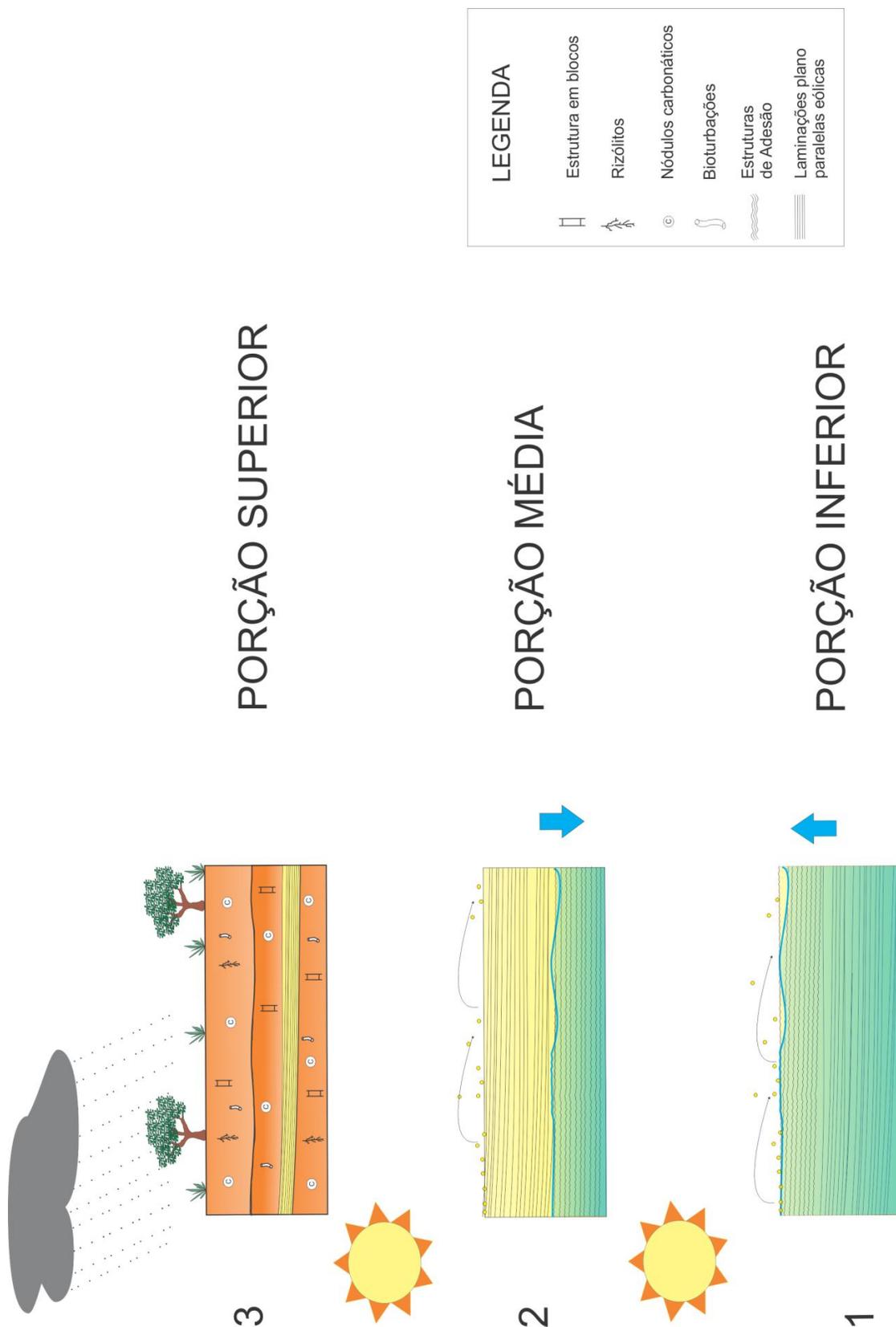


Figura 7.1 – Esquema dos principais processos atuantes em cada porção. Em 1 e 2 as setas azuis demonstram uma maior ou menor influência do lençol. Em 3 é demonstrado um período mais úmido, devido a maior presença de paleossolos bem desenvolvidos.

A porção superior é composta quase que totalmente por paleossolos com horizontes carbonáticos, com respostas altas para os perfis de resistividade. O perfil sônico foi utilizado neste caso para diferenciar a presença ou não de poros preenchidos por água.

Não se sabe com certeza a proveniência dos sedimentos que se depositaram na região. Sabe-se que a Bacia Bauru apresenta depósitos fluviais de canais efêmeros (Basilici e Dal Bó, 2010) que apesar de não terem sido encontrados na área de estudo deste trabalho, são elementos comuns neste tipo de ambiente deposicional. Os sedimentos depositados por estes canais em um período mais úmido serviram de aporte para os depósitos eólicos, que são ativos em um período posterior mais árido, onde a ação do vento transporta e deposita este material.

A frequência dos eventos de deposição eólica pode estar diretamente associada aos depósitos de canais efêmeros e depósitos de inundação. Corpos de *playa* também atuaram como níveis de base locais ou regionais, permitindo a acumulação e armazenamento de sedimentos, para a deflação e deposição eólica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basilici, G., Dal' Bo, P.F.F., Ladeira, F.S.B., 2009. *Climate-induced sediment-palaeosol cycles in a Late Cretaceous dry aeolian sand sheet: Marília Formation (North-West Bauru Basin, Brazil)*. *Sedimentology* 56, 1876–1904.

Basilici, G., Dal' Bo, P.F.F., 2010. *Anatomy and controlling factors of a Late Cretaceous aeolian sand sheet: the Marília and the Adamantina formations, NW Bauru Basin, Brazil*. *Sedimentary Geology* 226, 71-93.

Barcelos, J.H. 1984. *Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do estado de São Paulo*. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 190 p.

Batezelli, A. 2003. *Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 183 p.

Batezelli, A., Saad, A.R., Perinotto, J.A.J., Fúlfaro, V.J. 2006. *Análise estratigráfica aplicada à porção norte e nordeste da Bacia Bauru (Cretáceo Superior)*. *Revista Brasileira de Geociências*, 36: 253-268.

Birkeland, P.W., 1999. *Soils and geomorphology*, 3ª ed. Oxford University Press, New York. 448 p.

Brookfield M.E., 1977. *The origin of bounding surfaces in ancient aeolian sandstones*. *Sedimentology* 24, 303-332.

Carvalho, I.S., Campos, A.C.A., Nobre, P.H., 2005. *Baurusuchus salgadoensis*, a new Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Cretaceous), Brazil. *Gondwana Research* 8, 11-30.

Carvalho, I.S., Ribeiro, L.C.B., Avilla, L.S., 2004. *Uberabasuchus terrificus* sp. nov., a new Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Upper Cretaceous), Brazil. *Gondwana Research* 7, 975-1002.

Chakraborty, T e Chakraborty, C, 2001. *Eolian-Aqueous interactions in the development of a Proterozoic sand sheet: Shikaoda Formation, Hosangabad, India*. *Journal of Sedimentary Research*, V. 71, N°1, p. 107-117.

Dal' Bo, P.F.F., 2008. *Inter-relação paleossolos e sedimentos em lençóis de areia eólica da Formação Marília (Noroeste da Bacia Bauru)*. Tese de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 99 p.

Dal' Bo, P.F.F., Basilici, G., Angélica, R.S., Ladeira, F.S.B., 2009. *Paleoclimatic interpretation from pedogenetic calcretes in a Maastrichtian semi-arid eolian sand-sheet palaeoenvironment: Marília Formation (Bauru Basin, southeastern Brazil)*. *Cretaceous Research* 30, 659-675.

Dal' Bo, P.F.F. e Basilici, G., 2010. Estimativas de paleoprecipitação e gênese de feições cálcicas e argílicas em paleossolos da Formação Marília (Neocretáceo da Bacia Bauru). *Geociências* 29(1): 33-47.

Duchaufour, P., 1982. *Pedology: pedogenesis and classification*. George Allen & Unwin, London, 187 pp.

Fernandes, L.A. e Basilici, G., 2009. *Transition of ephemeral palustrine to aeolian deposits in a continental arid - semi-arid environment (Upper Cretaceous Bauru Basin, Brazil)*. *Cretaceous Research* 30, 605-614.

Fernandes, L.A. e Coimbra, A.M., 1996. Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 68(2): 195-205.

Fernandes, L.A. e Coimbra, A.M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências* 30(4): 717-728.

Fryberger, S.G., Ahlbrandt, T.S., Andrews, S., 1979. *Origin, sedimentary features, and significance of low-angle eolian "sand sheet" deposits, great sand dunes national monument and vicinity, Colorado*. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 49, No. 3, 733-746.

Fryberger, S.G. e Schenk, C.J. 1988. *Pinstripe lamination: a distinctive feature of modern and ancient eolian sediments*. *Sedimentary Geology*, 55: 1-15.

Fúlfaro, V.J., Perinotto, J.A.J., Barcelos, J.H. 1994. A margem goiana do Grupo Bauru: implicações na litoestratigrafia e paleogeografia. In: *Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 3, Rio Claro, Boletim, p. 81-84.

Fúlfaro, V.J. e Perinotto, J.A.J., 1996. A Bacia Bauru: estado da arte. In: *Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 4, Águas de São Pedro, Boletim, 297-303.

García-Hidalgo, J.F., Temiño, J., Segura, M., 2002. *Holocene eolian sediments on the southern border of the Duero Basin (Spain): origin and development of an eolian system in a temperate zone*. *Journal of Sedimentary Research* 72(1): 30-39.

Gile, L.H., Peterson, F.F., Grossman, R.B. 1965. *The K horizon: a master soil horizon of carbonate accumulation*. *Soil Science*, 99: 74-82.

Goldberg, K. e Garcia, A.J.V. 2000. *Palaeobiogeography of the Bauru Group, a dinosaur-bearing Cretaceous unit, northeastern Paraná Basin, Brazil*. *Cretaceous Research* 21, 241-254.

- Gustavson, T.C. e Holliday, V.T., 1999. *Eolian sedimentation and soil development on a semiarid to subhumid grassland, Tertiary Ogallala and Quaternary Blackwater draw formations, Texas and New Mexico High Plains*. Journal of Sedimentary Research 69, 622-634.
- Gustavson, T.C. e Wrinkler, D.A., 1988. *Depositional facies of Miocene-Pliocene Ogallala Formation, northwest Texas and eastern New Mexico*. Geology 16, 203-206.
- Hunter, R. E., 1973. *Pseudo-crosslamination formed by climbing adhesion ripples*. Jour. Sed. Petrology, v. 43, p. 1125-1127.
- Hunter, R.E., 1977. *Basic types of stratification in small eolian dunes*. Sedimentology, 24: 361- 387.
- Hunter, R.E., 1980. *Quasi-planar adhesion stratification — an eolian structure formed in wet sand*. Jour. Sed. Petrology, v. 50, p. 263-266.
- Khormali, F., Abtahi, A., Mahmoodi, S., Stoops, G., 2003. *Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran*. Catena, v. 53, p. 273-301.
- Kocurek, G., 1981. *Significance of interdune deposits and bounding surfaces in eolian dune sands*. Sedimentology, v. 28, p. 753-780.
- Kocurek, G. e Fielder G., 1982. *Adhesion structures*. Journal of sedimentary petrology, 52, n° 4, p. 1229-1241.
- Kocurek, G. e Nielson, J., 1986. *Conditions favourable to the formation of warm-climate aeolian sand sheets*. Sedimentology 33, 795-816.
- Kocurek, G., 1988. *First-order and super bounding surfaces in eolian sequences — bounding surfaces revisited*. Sedimentary Geology 56, 193–206.
- Kocurek, G., e Havholm, K.G., 1993. *Eolian sequence stratigraphy - a conceptual framework*. in Weimer, P., and Posamentier, H.W., eds., Siciliclastic Sequence Stratigraphy: American Association of Petroleum Geologists, Memoir 58, p. 393–409.
- Kraus, M.J., 1999. *Paleosols in clastic sedimentary rocks: their geologic applications*. Earth- Science Reviews 47, 41-70.
- Kraus, M.J. e Bown, T.M., 1986. *Paleosols and time resolution in alluvial stratigraphy*. In: V.P. Wright (Ed.). Paleosols: their recognition and interpretation. Blackwell, Oxford. p. 180-207.
- Lancaster, N., 1998. *Arid geomorphology*. Progress in Physical Geography 22(4): 551-557.
- Langford, R.P. e Chan, M.A., 1989. *Fluvial–aeolian interactions: part 2, ancient systems*. Sedimentology, v. 36, p. 1037–1051.

Langford, R.P. e Chan, M.A., 1993. *Downward changes within an ancient dune sea, Permian Cedar Mesa Sandstone, southeast Utah*. In: Pye, K., Lancaster, N. (Eds.), *Aeolian Sediments: Ancient and Modern*, 16. IAS Special Publication, pp. 109–126.

Manzini, F.F., 1999. Redefinição da Formação Marília em seu local tipo: estratigrafia, ambiente de sedimentação e paleogeografia. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 119 p.

Miall, A., 1985. *Architectural elements and bounding surfaces: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits*. *Earth-Science Reviews* 22, 261-308.

Morrison, R.B., 1967. *Principles of Quaternary soil stratigraphy*. *Proceedings of the 7th Congress of the International Union for Quaternary Research*, 9: 1-69.

Mountney, N.P. 2006. *Aeolian facies model*. In: H.W. Posamentier & R.G. Walker (Eds.). *Facies models revisited*. Society for Sedimentary Geology, Special Publication, 84: 19-83.

Paula e Silva, F., 2003. Geologia de Subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. UNESP. Rio Claro – SP. 201 p.

Prandi, E. C., 2010. Gestão integrada das águas do Sistema Aquífero Bauru nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe / SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 145 p.

Queiróz Neto, J.P. e Christofolletti, A. 1968. Ação do escoamento superficial das águas pluviais na Serra de Santana - SP. *Bol. Paleol. de Geogr.*, v.6, n. 45, p. 59-71.

Reading, H.G., 1986. *Sedimentary environments and facies*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, second edition.

Retallack, G.J., 1994. *The environmental factor approach to the interpretation of paleosols*. In: R. Amundson, J. Harden, M. Singer (Eds.). *Factors of soil formation: a fiftieth anniversary retrospective*. Soil Science Society of America, Special Publication 33: 31-64.

Retallack, G.J. 1997. *A colour guide to paleosols*. John Wiley & Sons, Chichester, 175 pp.

Retallack, G.J., 2001. *Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology*. Blackwell, Oxford, 444 p.

Riccomini, C., 1997. Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no estado de São Paulo. *Revista Brasileira Geociências* 27(2): 153-162.

Schaetzl, R.J. e Anderson, S.N. 2005. *Soils: genesis and geomorphology*. University Press, Cambridge, 832 pp.

Soil Survey Staff, 2003. *Keys to soil taxonomy*. 9ª ed. US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington, DC. 332 p.

Talbot, M.R. 1985. *Major bounding surfaces in aeolian sandstones – a climatic model*. *Sedimentology* 32, 257-265.

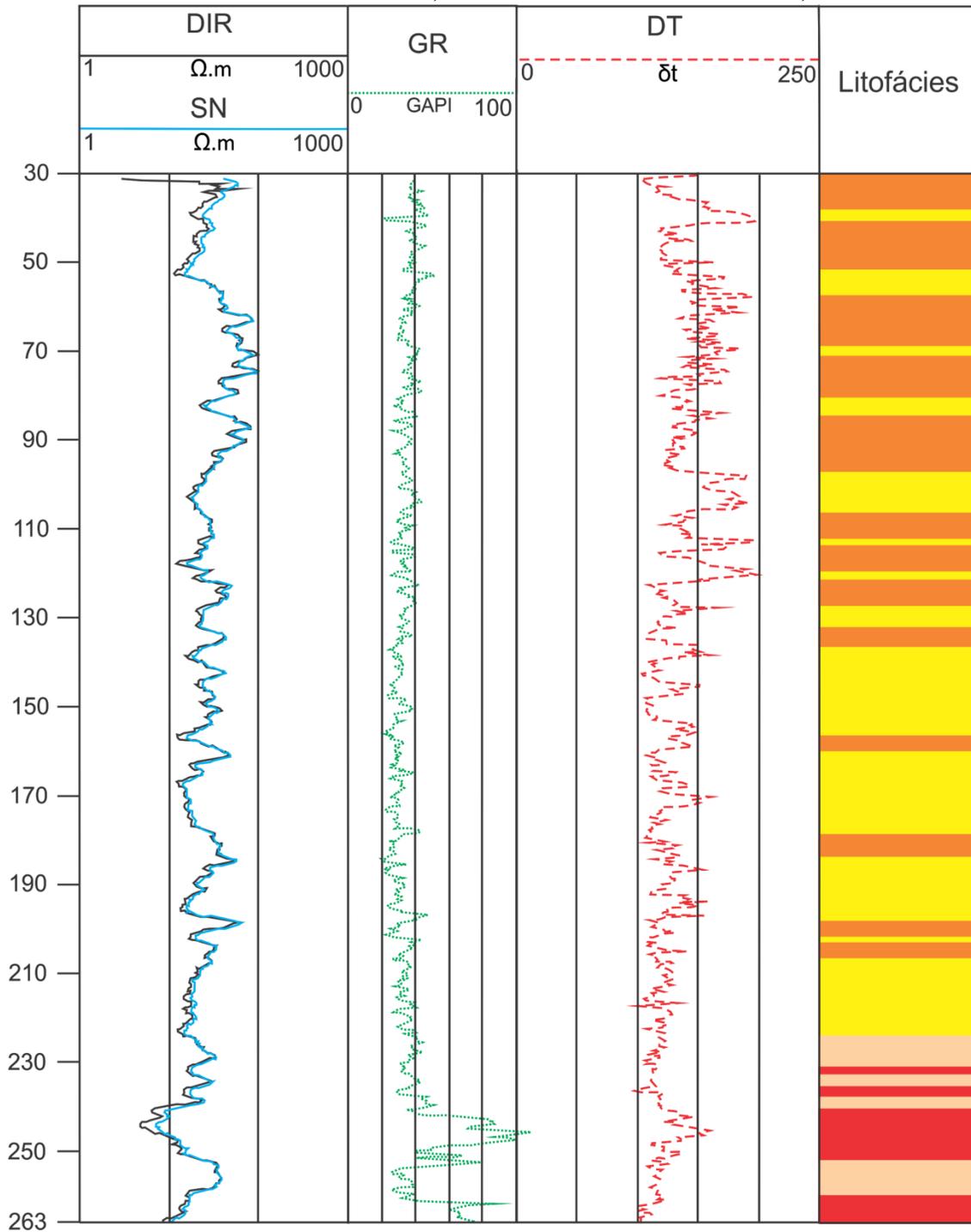
Tooth, S. 2008. *Arid geomorphology: recent progress from an Earth System Science perspective*. *Progress in Physical Geography* 32(1), 81-101.

Walker, R.G. 2006. *Facies models revisited: introduction*. In: H.W. Posamentier & R.G. Walker (Eds.). *Facies models revisited*. Society for Sedimentary Geology, Special Publication 84: 1-19.

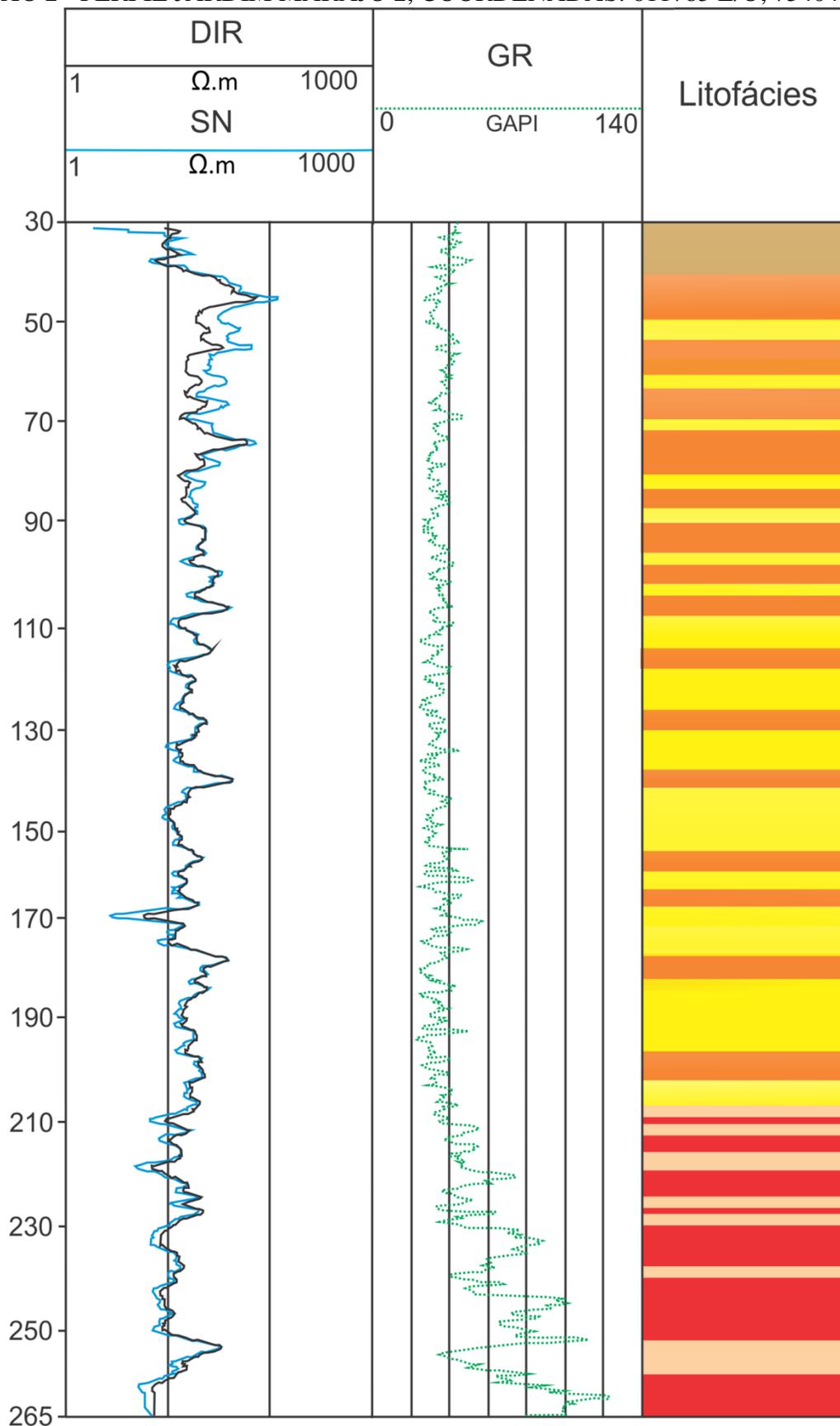
Wilson, I.G., 1973. *Ergs*. *Sedimentary Geology*, 10: 77-106.

Zaher, H., Pol, D., Carvalho, A.B., Riccomini, C., Campos, D., Navas, W., 2006. *Redescription of the cranial morphology of Mariliasuchus amarali, and its phylogenetic affinities (Crocodyliformes, Notosuchia)*. *American Museum Novitates* 3512, 1-40.

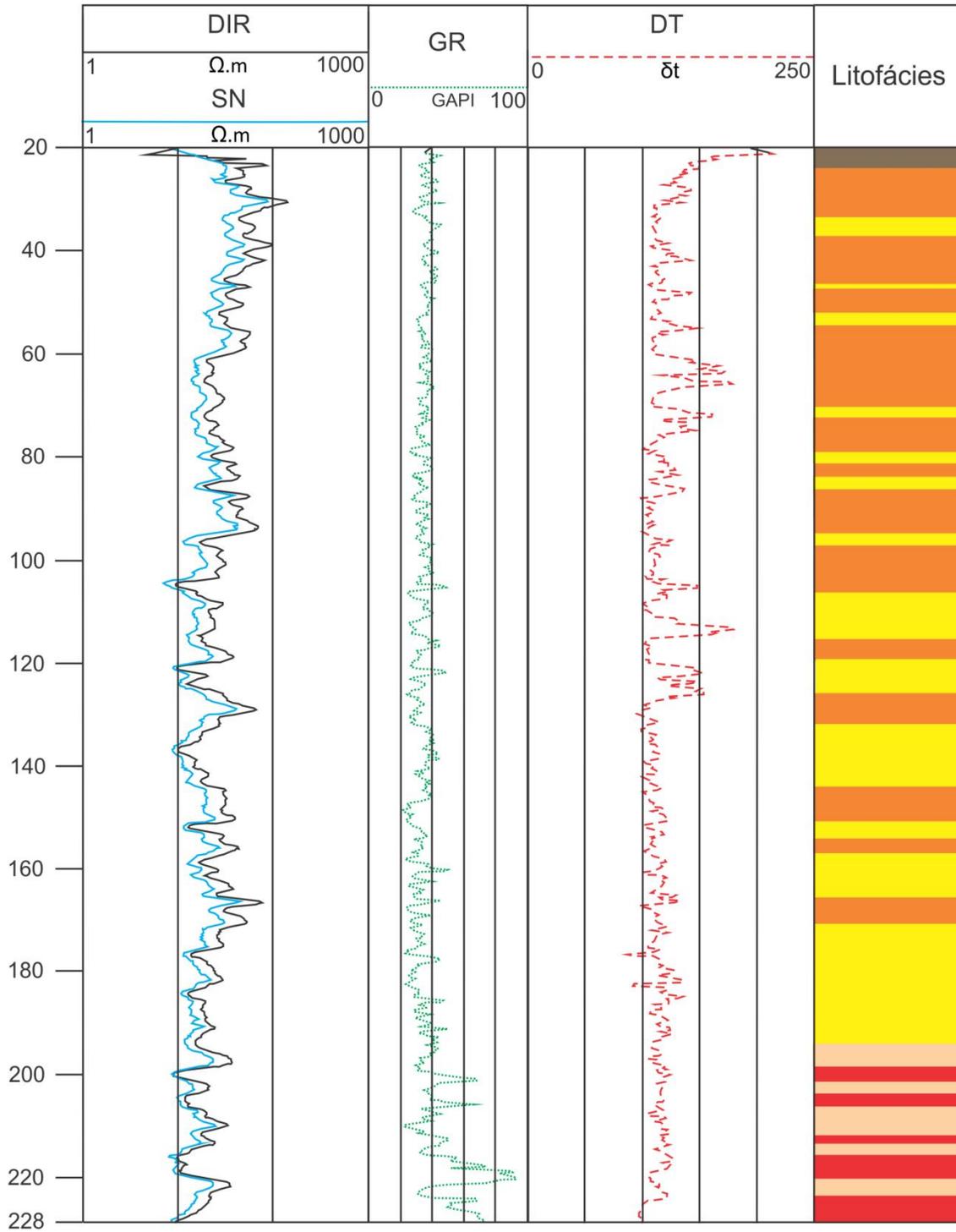
ANEXO 1 - PERFIL JD. ESPLANADA, COORDENADAS: 612103 E/O, 7541104 N/S



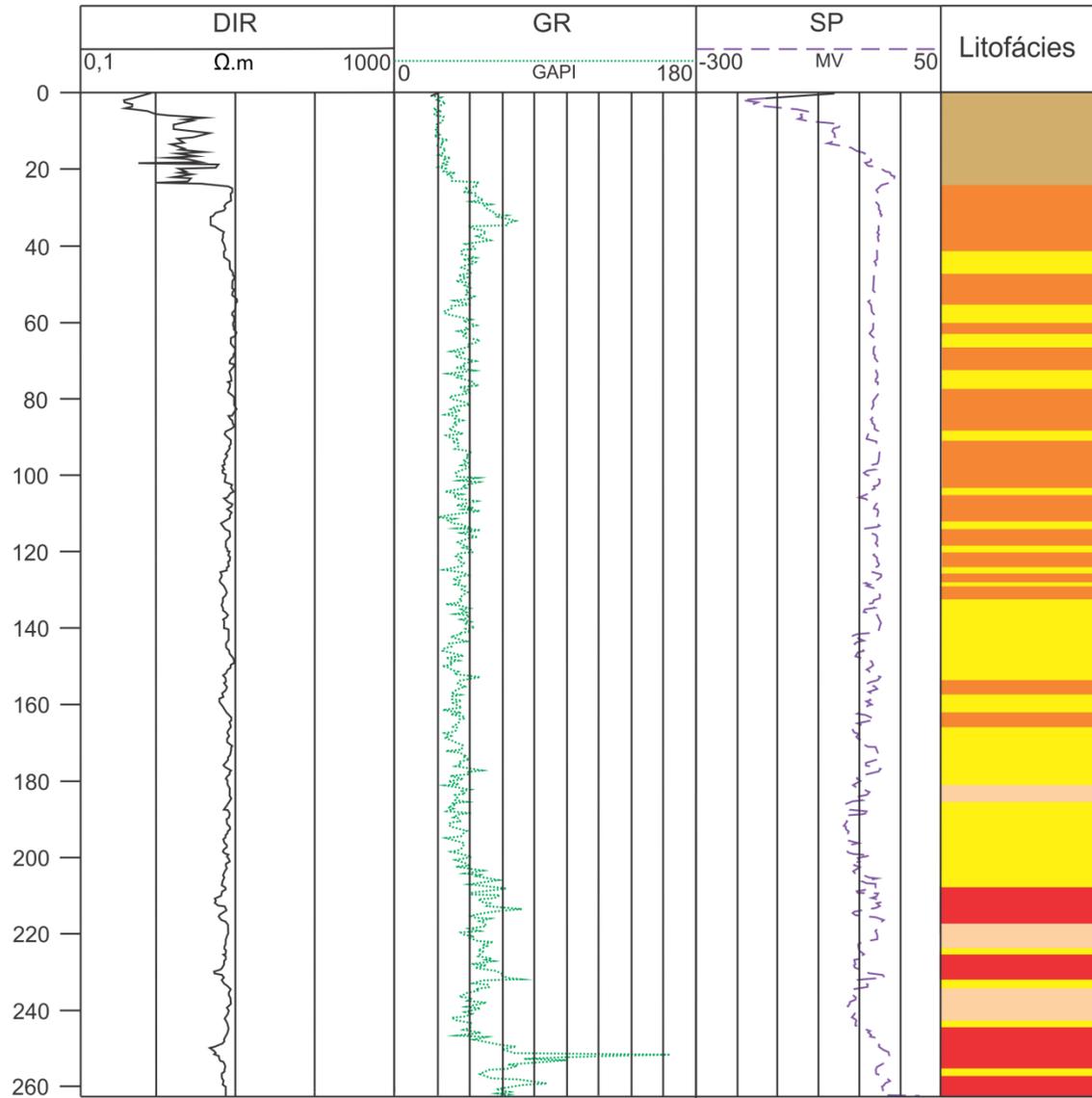
ANEXO 2 - PERFIL JARDIM MARAJÓ 2, COORDENADAS: 611783 E/O, 7540445 N/S



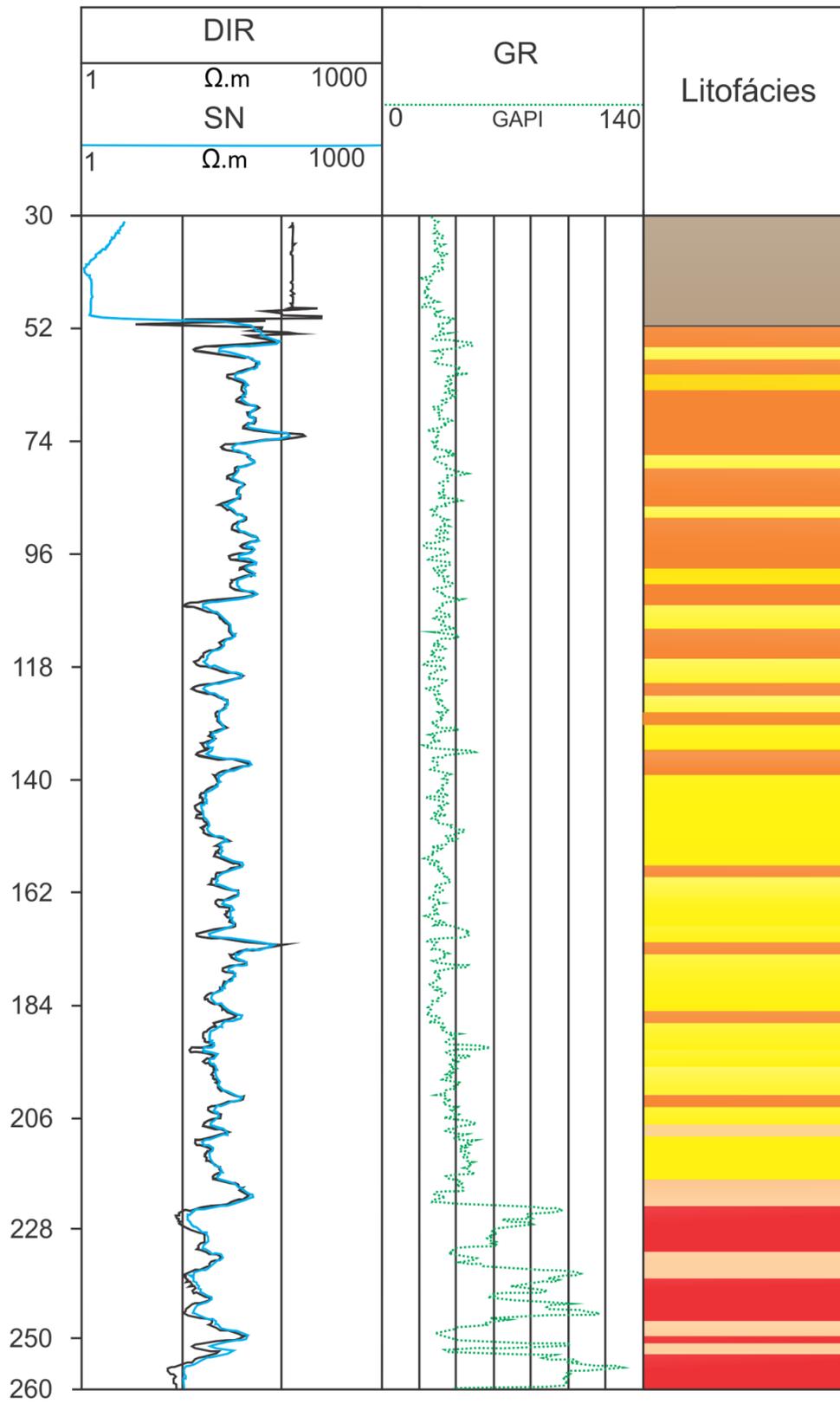
ANEXO 3 - PERFIL CASA ALTA, COORDENADAS: 606214 E/O, 754239 N/S



ANEXO 4 - PERFIL CDHU, COORDENADAS: 610618 E/O, 7537532 N/S.



ANEXO 5 - PERFIL HOMERO ZANINOTO, COORDENADAS: 611333 E/O, 7539329 N/S.



ANEXO 6 – PERFIL SPAIPA, COORDENADAS: 612533 E/O, 7541147 N/S.

