



Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia e Recursos Naturais



Trabalho de Conclusão de Curso
Graduação em Geologia

Ambientes deposicionais e caracterização cerâmica da
Formação Araçatuba (Bacia Bauru) no Vale do Rio Santo
Anastácio, Estado de São Paulo

Daniel Seabra Nogueira Alves Albarelli

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Batezelli

Co-orientador: Geól^o Dr. Marsis Cabral Júnior

Campinas, SP
Dezembro de 2013



Universidade Estadual de Campinas

Instituto de Geociências

Departamento de Geologia e Recursos Naturais



Trabalho de Conclusão de Curso

Graduação em Geologia

Ambientes deposicionais e caracterização cerâmica da
Formação Araçatuba (Bacia Bauru) no Vale do Rio Santo
Anastácio, Estado de São Paulo

Daniel Seabra Nogueira Alves Albarelli

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Batezelli

Co-orientador: Geól^o Dr. Marsis Cabral Júnior

Trabalho de conclusão de curso apresentado no dia 6 de dezembro de 2013 para obtenção do título de bacharel em Geologia pelo Instituto de Geociências, da Universidade Estadual de Campinas.

Examinadores:

Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos

Prof. Dr. Sergio Ricardo Christofolletti

“A vida é uma sucessão de fatos imprevisíveis e de consequências inesperadas”

Vovô Nogueira

AGRADECIMENTOS

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso a toda minha família que desde cedo me incentivou a estudar e construir um futuro com conhecimento, honestidade e seriedade. Tenho eterna gratidão a todos os valores que me ensinaram.

Agradeço em especial a minha namorada Bárbara que esteve comigo ao longo da minha trajetória acadêmica, me apoiando nos estudos e principalmente compreendendo o tempo em que não estive presente, com viagens de campo, intercâmbio, congressos, trabalhos e provas.

Agradeço também ao geólogo Marsis Cabral Júnior pelo aprendizado e parceria ao longo deste ano de estágio no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, e por ter me oferecido a oportunidade de realizar este trabalho com aplicação nas minhas atividades de estágio.

Ao professor Alessandro Batezelli por ter aceitado participar e me orientar neste trabalho, pelas discussões em campo e sugestões ao longo do ano, as quais permitiram o melhor desenvolvimento deste trabalho.

Ao técnico em mineração Carlos Nei Rodrigues de Souza do IPT pelo apoio com a logística nos trabalhos de campo e coleta de amostras.

A tecnóloga Isabel Cristina Carvalho Fiammetti do IPT pela ajuda na confecção dos mapas geológicos.

A minha amiga e geóloga Julia Cristina Galhardo pelas discussões que fizemos acerca deste trabalho, pelo auxílio com o uso do software CorelDraw 5®, e por ter me cedido gentilmente o seu trabalho de conclusão de curso para que tivesse uma referência.

Ao meu amigo e geólogo Rodrigo de Andrade Miotto por também ter me cedido gentilmente seu trabalho de conclusão de curso para me servir de referência.

Aos diversos amigos que fiz ao longo da graduação, pelos muitos momentos de companheirismo, diversão e estudo.

E por fim, ao Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, seus funcionários e professores, por me proporcionarem uma boa infraestrutura, ensino de qualidade e todos os serviços que se fizeram necessários ao longo da graduação.

SUMÁRIO

1 - Introdução	2
2 - Objetivos.....	3
3 - Localização da área e mapa de pontos	4
4 - Materiais e métodos	6
4.1 - Pesquisa bibliográfica	6
4.2 - Trabalho de campo e análise de fácies	7
4.3 - Caracterização cerâmica.....	8
4.3.1 - Ensaio cerâmico.....	9
4.3.2 - Análise química por fluorescência de raio-X.....	10
4.3.3 - Análise mineralógica por difratometria de raios-X.....	11
5 - Revisão Bibliográfica	12
5.1 - Geologia regional.....	12
5.1.1 - Generalidades da Bacia Bauru	12
5.1.2 - Síntese dos conhecimentos sobre a Bacia Bauru no Estado de São Paulo	14
5.1.3 - Litoestratigrafia da Bacia Bauru no estado de São Paulo	16
5.1.4 - Síntese dos conhecimentos sobre a Formação Araçatuba no Estado de São Paulo 18	
5.2 - Argilas como matéria-prima cerâmica	20
5.2.1 - Generalidades	20
5.2.2 - Argilas de queima avermelhada	21
6 - Resultados.....	24
6.1 - Análise de fácies	24
6.1.1 - Coluna estratigráfica 1	24
6.1.2 - Coluna estratigráfica 2	27
6.1.3 - Coluna estratigráfica 3	30
6.1.4 - Coluna estratigráfica 4	33
6.1.5 - Coluna estratigráfica 5	37
6.1.6 - Coluna estratigráfica 6	41
6.2 - Caracterização cerâmica da Formação Araçatuba	44
6.2.1 - Ensaio cerâmico.....	44
6.2.2 - Análise química	46
6.2.3 - Análise mineralógica	46
7 - Discussão.....	51
7.1 - Associação de fácies e ambientes de sedimentação.....	51

7.1.1 - Associação de fácies lacustre.....	51
7.1.2 - Associação de fácies fluvial efêmero.....	53
7.1.3 - Associação de fácies eólica.....	54
7.2 - Sistemas deposicionais.....	55
7.3 - Usos e especificidades como matéria prima para cerâmica vermelha.....	57
8 - Conclusão.....	58
9 - Referências Bibliográficas.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa geológico e de pontos da região de Presidente Prudente (modificado de IPT, 2013a).....	5
Figura 2. Localização da Bacia Bauru, suas unidades sedimentares e da área de estudo (Batezelli, 2003).	13
Figura 3. Litoestratigrafia da Bacia Bauru segundo concepção de Fernandes e Coimbra (2000).....	15
Figura 4. Litoestratigrafia da Bacia Bauru em diferentes áreas segundo concepção de Batezelli (2010). (Soares et al.,1980 apud Batezelli, 2003).	16
Figura 5. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 1. A) Aspecto geral de parte do afloramento e o contato abrupto (seta preta) entre o geossolo e o lamito maciço (Lm). B) Geossolo Santo Anastácio com estruturas pedogenéticas em blocos cúbicos e prismáticos. C) Detalhe do lamito (Lm) da figura A. D) Detalhe do fraturamento em blocos subangulares e tubo de raiz (seta branca) do lamito (Lm) da figura C.	25
Figura 6. Coluna estratigráfica 1 correspondente ao afloramento do ponto 1. O trecho da coluna com X significa ausência de afloramento.	26
Figura 7. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 2. A) Ritmitos com granocrescência ascendente na base do afloramento. B) Detalhe dos ritmitos (Flp e Slo) da figura A. C) Gretas de contração hexagonais do folhelho (Flp). D) Laminação ondulada centimétrica do siltito (Slo). E) Arenito fino (Ao) com intercalações centimétricas de lamito creme. F) Lamito arenoso (Lm), maciço com feições de tubo de raiz ou bioturbação preenchidos com argila.	28
Figura 8. Coluna estratigráfica 2 correspondente ao afloramento do ponto 2.....	29
Figura 9. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 3. A) Aspecto geral do afloramento. B) Laminação cruzada acanalada do arenito (Aeam) e seu contato abrupto (seta preta) com o lamito maciço (Lm). C) Estratificação cruzada acanalada de médio porte do arenito (Aeam). D) Detalhe da estratificação cruzada acanalada da figura anterior.....	31
Figura 10. Coluna estratigráfica 3 correspondente ao afloramento do ponto 3.....	32
Figura 11. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 4. A) Aspecto geral de parte da frente de lavra. B) Detalhe da porção basal da frente de lavra da figura anterior com argilito (Fm), siltito (Slp) e lamito (Lm). C) Conglomerado	

intraformacional com clastos de argila no arcabouço (Cm). D) Laminação flaser em lamito arenoso (Llf). E) Arenito fino com laminação cruzada acanada na base (Ala). F) Intercalação entre o lamito maciço (Lm) e o arenito fino e bem selecionado (Ala).	35
Figura 12. Coluna estratigráfica 4 correspondente ao afloramento do ponto 4.....	36
Figura 13. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 5. A) Aspecto geral do afloramento do ponto 6. B) Detalhe da figura anterior, mostrando a intercalação do siltito (Slo) e do folhelho (Flp). Notar erosão diferencial nessas duas fácies. C) Arenito com estratificação cruzada acanalada reliquiar (Aeam). D) Aspecto geral do paleossolo sobreposto a fácies Aeam. E) Halo de redução no paleossolo (seta preta). F) Estruturas pedogenéticas em blocos prismáticos do paleossolo.....	39
Figura 14. Coluna estratigráfica 5 correspondente aos afloramentos dos pontos 5 e 6. O trecho da coluna com X significa ausência de afloramento.	40
Figura 15. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 6. A) Aspecto geral do afloramento do ponto 7. B) Lamito creme (Lm) com fraturamento em bloco subangulares e fraturas preenchidas por CaCO ₃ no formato de placas milimétricas. C) Arenito maciço (Am) cimentado por carbonato de cálcio, em contato abrupto com o lamito (Lm). D) Aspecto geral do afloramento do ponto 8. E) Detalhe do lamito maciço entre co-sets de arenito com estratificação cruzada (Aeam).....	42
Figura 16. Coluna estratigráfica 6 correspondente aos afloramentos dos pontos 7 e 8. O trecho da coluna com X significa ausência de afloramento.	43
Figura 17. Fotografia das barras cerâmicas das amostras com as respectivas cores obtidas em cada temperatura de secagem e queima.	45
Figura 18. Difratoograma de raios-X da amostra A-2 fração total (IPT, 2013c).	47
Figura 19. Difratoograma de raios-X da amostra A-5 fração total (IPT, 2013c).	48
Figura 20. Difratoogramas de raios-X da amostra A-2 na fração argila para os tratamentos natural (linha verde), glicolada (linha azul) e aquecida (linha vermelha). Siglas: Es- esmectita, II- illita (IPT, 2013c).	49
Figura 21. Difratoogramas de raios-X da amostra A-5 na fração argila para os tratamentos natural (linha verde), glicolada (linha azul) e aquecida (linha vermelha). Siglas: Es- esmectita, II- illita (IPT, 2013c).	50

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Pontos levantados no trabalho de campo.	6
Quadro 2. Código de fácies utilizado neste trabalho para o Grupo Bauru na região oeste de Presidente Prudente (adaptado de Miall, 1985 e Batezelli, 2003).	8
Quadro 3. Relação das amostras coletadas nos respectivos pontos em campo, suas fácies sedimentares e análises realizadas.	8
Quadro 4. Ensaio laboratoriais realizados para a caracterização cerâmica das amostras escolhidas.	9
Quadro 5. Valores padrões recomendados para cada tipo de produto cerâmico (Santos, 1975).	10
Quadro 6. Classificação das argilas com base em seu uso industrial cerâmico.	21
Quadro 7. Propriedades físicas das amostras, obtidos na secagem à 110 °C e queima à 800, 850, 900 e 950°C. Siglas: Temp – temperatura de queima, AA – absorção de água, PA – porosidade aparente, MEA – massa específica aparente, CLS – contração linear a seco, CLQ – contração linear de queima, CLT – contração linear total, TRF – tensão de ruptura à flexão, PF – perda ao fogo, LP – limite de plasticidade.	44
Quadro 8. Composição química em porcentagem dos óxidos maiores das amostras A-2 e A-5. Siglas: n.d - não detectado, nota 1 - resultados obtidos por absorção atômica (IPT, 2013c).	46
Quadro 9. Composição mineralógica das amostra A-2 e A-5, com a porcentagem aproximada de cada grupo de argilominerais em relação ao total dos argilominerais (IPT, 2013c).	46
Quadro 10. Associações de fácies reconhecidas no Grupo Bauru na região oeste de Presidente Prudente.	51
Quadro 11. Resumo das fácies, descrições e suas interpretações para a associação de fácies lacustre.	52
Quadro 12. Resumo das fácies, descrições e suas interpretações para a associação de fácies fluvial efêmero.	54
Quadro 13. Resumo das fácies, descrições e suas interpretações para a associação de fácies eólica.	55
Quadro 14. Propriedades físicas de massas cerâmicas usa em Itú e Tambaú em diferentes temperaturas de secagem e queima. Siglas: CLS – contração linear a seco, CLQ – contração linear de queima (IPT, 2013b)	57

RESUMO

A Formação Araçatuba é descrita na literatura como uma unidade essencialmente pelítica de ambiente lacustre, pertencente à Bacia Bauru (Cretáceo Superior) no centro-oeste do estado de São Paulo e Triângulo Mineiro (MG). Desde 1970, diversos trabalhos já foram realizados sobre esta formação principalmente nas regiões de vales dos rios Tietê, Aguapeí (ou Feio) e do Peixe (SP) com enfoques estratigráficos e sedimentológicos. A partir de levantamentos prospectivos de argila para cerâmica vermelha no Vale do Rio do Santo Anastácio (SP) realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, foram identificadas unidades pelíticas pertencentes à Formação Araçatuba. Através da confecção de colunas estratigráficas e análise de fácies de suas unidades aflorantes nesta região, foram identificados 3 ambientes deposicionais (lacustre, fluvial efêmero e desértico), cuja sedimentação ocorreu em clima árido e semi-árido. A correlação estratigráfica entre as colunas mostrou que o sistema lacustre recebia esporadicamente sedimentos de rios efêmeros e fluxos de lama em períodos de chuvas torrenciais e colmatação por depósitos eólicos (dunas e ripples) em períodos mais secos. As análises laboratoriais de caracterização cerâmica mostraram resultados satisfatórios para uso das unidades pelíticas como matéria-prima para fabricação de tijolos (furados e de alvenaria) e telhas, com ressalva para possíveis problemas de trincas e fissuras nas etapas de secagem e pós-queima desses produtos.

Palavras-chave: Formação Araçatuba, ambientes deposicionais, cerâmica vermelha.

1 - Introdução

Na história do Planeta Terra, o Cretácio Inferior foi marcado pela separação do supercontinente Gondwana, o que resultou na geração e acumulação de quase 2000 m de lava basáltica (Formação Serra Geral) no centro-sul da Plataforma Sul-Americana (Fernandes et al., 2003). O peso desse pacote de lava gerou uma subsidência relativa na área, permitindo a acumulação e preservação de sedimentos arenosos nessa depressão (Fernandes op cit). Estavam formadas então as condições para o surgimento da Bacia Bauru, uma bacia continental interior de espessura máxima de cerca de 300 m e área de 370.000 km², abrangendo a parte oeste do estado de São Paulo, noroeste do Paraná, leste de Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro e Sul de Goiás (Fernandes & Coimbra, 2000).

O preenchimento desta bacia se deu em dois episódios distintos de sedimentação. Em um primeiro momento, instalaram-se depósitos eólicos em um ambiente desértico de sand sea, originando o Grupo Caiuá (Eocretáceo) (Batezelli, 2010). Após um período sem aporte sedimentar e geração de uma superfície de descontinuidade, um novo episódio de sedimentação originou o Grupo Bauru (Neocretáceo) em ambientes lacustre, fluvial e aluvial, em clima árido e semi-árido (Batezelli, 2010). A unidade de interesse deste trabalho, a Formação Araçatuba, insere-se neste último grupo, com depósitos pelíticos típicos de ambiente lacustre.

Muitos já foram os trabalhos publicados sobre essa formação, desde o seu primeiro reconhecimento como “litofácies Araçatuba” por Suguio et al. (1977 apud Batezelli et al., 2003), sendo posteriormente mapeada em escala 1:50.000 pelo Consórcio Paulipetro. Neste mapeamento, Zaine et al. (1980 apud Batezelli et al., 2003) definiram sua seção de referência no vale do Rio Aguapeí (ou Feio), ao norte da cidade de Rinópolis, descrevendo-a como um siltito argiloso, cinza esverdeado, maciço com níveis arenosos.

À medida que os estudos sobre a Bacia Bauru avançaram, novas proposições de subdivisões litoestratigráficas foram feitas, assim como a extensão em área da Formação Araçatuba. Primeiramente foi reconhecida em afloramentos nos vales dos rios Tietê e Aguapeí (ou Feio) por Suguio et al. (1977 apud Batezelli et al., 2003), Zaine et al. (1980 apud Batezelli et al., 2003), Fernandes (1998) e Fernandes & Coimbra (2000).

Posteriormente foi identificada também em afloramentos no Vale do Rio do Peixe por Batezelli (1998), em superfície próximo as cidades de Presidente Venceslau e Cuiabá Paulista por Batezelli et al.(2003) e em subsuperfície no Vale do Rio do Santo Anastácio por Batezelli (2010).

Durante levantamentos de campo recentes realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT para a prospecção de argila para fins cerâmicos no vale do Rio Santo Anastácio, foram identificadas camadas pelíticas cinza esverdeadas típicas da Formação Araçatuba (IPT, 2013a). Nessa região, esta unidade ainda carece de estudos faciológicos e estratigráficos, além de ensaios cerâmicos para avaliar sua aplicação como matéria-prima para cerâmica vermelha, visto que a região conta com diversos empreendimentos cerâmicos com carência de jazidas de argila nas cidades de Teodoro Sampaio, Panorama e Paulicéia.

Neste contexto, o presente trabalho tem como propósito investigar as características litológicas da Formação Araçatuba em afloramentos no Vale do Rio Santo Anastácio, através da análise de fácies e correlação estratigráfica. Espera-se com isso determinar os seus ambientes deposicionais nesta área e compará-los com os já descritos pela literatura, com o intuito de trazer, se possível, novas contribuições no seu contexto na Bacia Bauru. Através da caracterização cerâmica, espera-se determinar quais os possíveis usos e especificidades das argilas desta unidade como matéria prima para as indústrias cerâmicas da região.

2 - Objetivos

Os objetivos centrais deste trabalho são: (i) determinar os ambientes deposicionais da Formação Araçatuba no Vale do Rio Santo Anastácio e (ii) avaliar o comportamento de suas argilas para uso como matéria prima para cerâmica vermelha. Para cumpri-los, serão realizados objetivos secundários. No primeiro caso, temos como objetivos secundários: (a) análise de fácies dos afloramentos visitados em campo, identificando os processos sedimentares atuantes no sítio deposicional e as relações de contato (b) confecção de colunas estratigráficas para representar as fácies verticalmente, (c) associação de fácies para agrupá-las e determinar os ambientes de sedimentação onde foram depositadas.

Em relação ao uso cerâmico, os objetivos secundários são: (a) determinar as propriedades físicas (como absorção de água, cor de queima, entre outras) do material argiloso, (b) determinar a sua composição química e (c) mineralógica, com o intuito de entender como um todo o seu comportamento cerâmico.

3 - Localização da área e mapa de pontos

A área de estudo encontra-se na porção oeste do Estado de São Paulo, no vale do Rio Santo Anastácio, a oeste do município de Presidente Prudente como pode ser observado no mapa da Figura 1. A Formação Araçatuba foi redefinida no mapa da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM entre as cotas de 360 e 400 metros com base nos levantamentos prospectivos realizados pelo IPT (2013a). Foi realizado um total de 8 pontos em afloramentos em corte de estradas vicinais e asfaltadas, rodovias, ravina em colina e frentes de lavra como resumido no Quadro 1.

Mapa de pontos da Região de Presidente Prudente (SP)

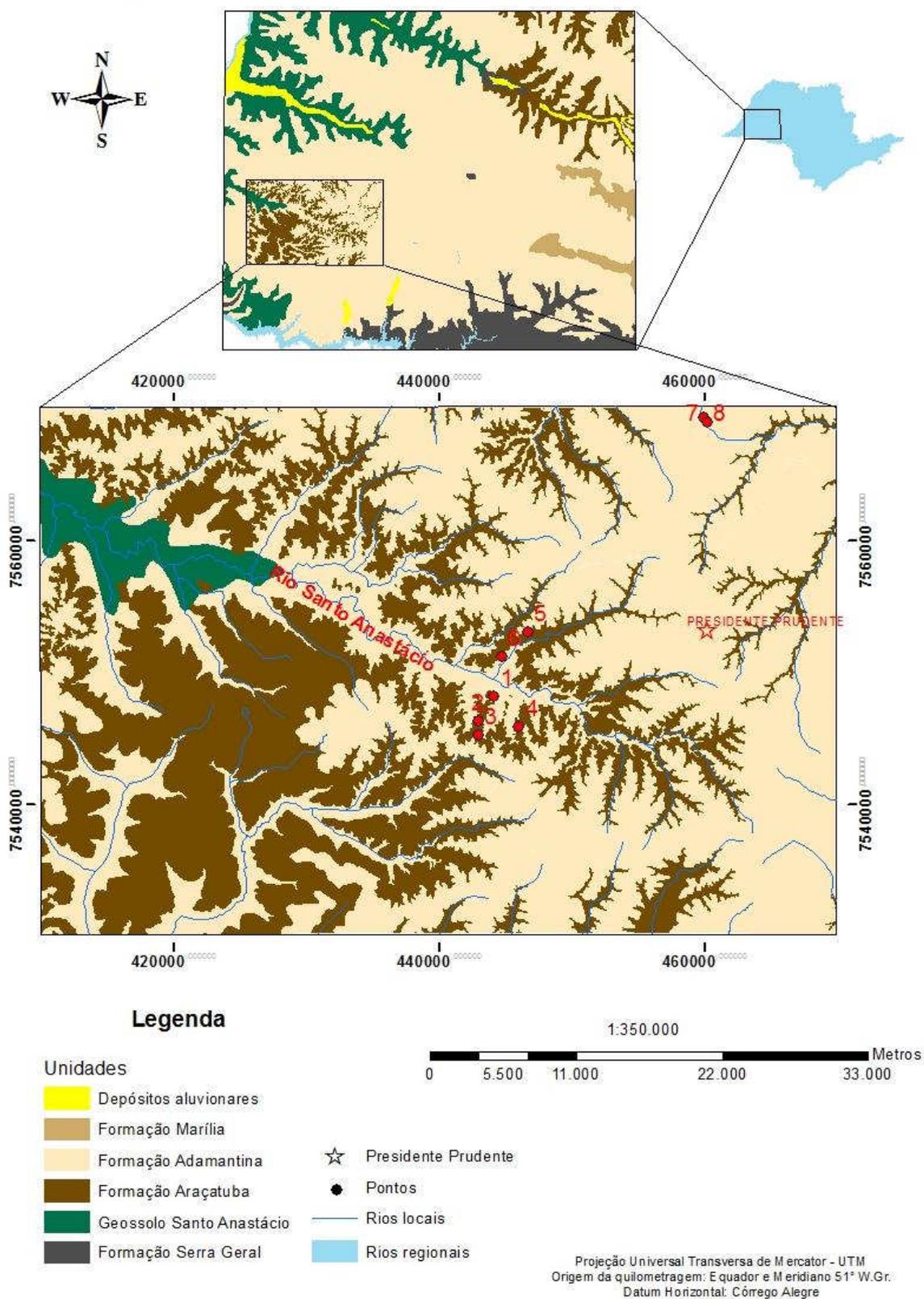


Figura 1. Mapa geológico e de pontos da região de Presidente Prudente (modificado de IPT, 2013a).

Pontos	Localização	Coordenadas UTM	
		X (m E)	Y (m S)
1	Estrada vicinal ligando Álvares Machado – Coronel Goulart, bairro Pindorama	444.150	7.548.150
2	Estrada vicinal ligando Álvares Machado – Coronel Goulart, bairro Catanduva	442.935	7.546.303
3	Frente de lavra de uma mina de argila, bairro Catanduva - localidade de Coronel Goulart	442.965	7.545.254
4	Frente de lavra de uma mina de saibro, bairro Santa Luzia - localidade de Coronel Goulart	446.032	7.545.832
5	Estrada asfaltada que liga Álvares Machado - Coronel Goulart	446.723	7.553.024
6	Ravina em colina, próximo à estrada asfaltada que liga Álvares Machado - Cel. Goulart, bairro Quinta Escola	444.735	7.551.157
7	Rodovia Júlio Budiski ligando Presidente Prudente - Alfredo Marcondes	459.943	7.569.286
8	Rodovia Júlio Budiski ligando Presidente Prudente - Alfredo Marcondes	460.226	7.568.937

Quadro 1. Pontos levantados no trabalho de campo.

4 - Materiais e métodos

4.1 - Pesquisa bibliográfica

Antes do trabalho de campo, foi realizada uma compilação bibliográfica sobre a geologia regional da Bacia Bauru na porção centro-oeste do Estado de São Paulo, com enfoque para a unidade mais importante para este trabalho: a Formação Araçatuba. Também foram pesquisadas informações sobre a aplicação cerâmica de argilas, seus conceitos gerais, usos, especificidades e características principais. Para isso, foram consultados artigos nacionais e internacionais, anais de congressos, teses, dissertações e livros técnicos.

4.2 - Trabalho de campo e análise de fácies

A etapa de trabalho de campo consistiu na descrição de 8 afloramentos em frentes de lavras, cortes de estradas vicinais e asfaltadas, rodovias e uma ravina. Em cada um deles, as descrições consistiram na caracterização dos principais litotipos em termos de granulometria, textura, grau de seleção assim como as estruturas sedimentares presentes. Também foram coletadas amostras para a caracterização cerâmica dos materiais mais pertinentes.

A descrição das características litológicas das rochas foi realizada para que fosse feita a **análise de fácies**. O termo fácies usado ao longo deste trabalho foi empregado em seu caráter descritivo para as feições sedimentares, no sentido de **litofácies** de Miall (1984): “uma unidade de rocha definida com base em suas feições litológicas próprias, incluindo composição, granulometria, características do acamamento e estruturas sedimentares”. A análise de fácies, portanto, é um método que consiste em determinar litofácies com base nos processos geradores de seu evento deposicional, valendo-se para isso de suas feições sedimentares.

Uma vez identificadas, foi realizado a **associação de fácies**, procedimento que permite agrupar litofácies verticalmente em um conjunto para caracterizar o ambiente deposicional onde aqueles processos (eventos) sedimentares atuaram na época da deposição. Para o afloramento de cada ponto visitado em campo, confeccionou-se uma coluna estratigráfica onde foram identificadas as litofácies e realizadas suas associações. Em alguns casos onde houve a proximidade de pontos e/ou sua continuidade estratigráfica, estes foram agrupados para a confecção de uma única coluna estratigráfica. Foi o caso dos pontos 5 e 6, agrupados na coluna 5 e dos pontos 7 e 8, agrupados na coluna 6. Posteriormente, todas as colunas e suas informações foram digitalizadas através do software Coreldraw5[®].

Para representar cada litofácies foi usado um sistema de código adaptado de Miall (1985) e Batezelli (2003), o qual consiste em uma letra maiúscula para indicar a litologia (C = conglomerado, A = arenito, S = siltito, L = lamito, F = folhelhos e argilitos), seguido de letras minúsculas para representar as características sedimentares mais importantes como por exemplo estruturas sedimentares (Quadro 2).

Conjunto de fácies	Fácies	Características
C	Cm	Conglomerado maciço
A	Aea	Arenito com estratificação cruzada acanalada de pequeno (Aeap) e médio porte (Aeam)
	Ala	Arenito com laminação cruzada acanalada
	Ao	Arenito com marcas onduladas
	Ar	Arenito granodecrescente ascendente
	Am	Arenito maciço
S	Slo	Siltito com laminação ondulada
	Slp	Siltito com laminação plano-paralela
L	Llo	Lamito com laminação ondulada
	Llf	Lamito com laminação flaser
	Lm	Lamito maciço
F	Flp	Folhelho com laminação plano-paralela
	Fm	Argilito maciço

Quadro 2. Código de fácies utilizado neste trabalho para o Grupo Bauru na região oeste de Presidente Prudente (adaptado de Miall, 1985 e Batezelli, 2003).

4.3 - Caracterização cerâmica

A caracterização cerâmica das amostras coletadas (Quadro 3) seguiu o procedimento padrão adotado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, no qual são realizadas as análises e ensaios detalhados no Quadro 4. A amostragem realizada em campo teve como prioridade as rochas finas (siltitos, folhelhos e argilitos) que possuíam ampla extensão em área, tornando-se um atrativo como reserva mineral com volume significativo para as indústrias cerâmicas da região.

Pontos	Amostras	Fácies	Caracterização
2	A-2	Folhelho com laminação plano-paralela (Flp) e siltito com laminação ondulada (Slo)	Ensaio cerâmico, análise química e mineralógica
5	A-5		

Quadro 3. Relação das amostras coletadas nos respectivos pontos em campo, suas fácies sedimentares e análises realizadas.

Análises/Ensaio	Características determinadas
Ensaio Cerâmico	Propriedades físicas – contração linear, tensão de ruptura à flexão, absorção de água, porosidade aparente, massa específica e perda ao fogo, em amostra seca e queimada em temperaturas entre 800 °C e 950 °C.
Análise Química	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , Na ₂ O, K ₂ O, CaO, MgO, TiO ₂ e PF (perda ao fogo)
Análises Mineralógicas	Avaliação semiquantitativa por difratometria de raios X dos minerais presentes

Quadro 4. Ensaio laboratoriais realizados para a caracterização cerâmica das amostras escolhidas.

4.3.1 - Ensaio cerâmico

O ensaio cerâmico foi realizado pelo Laboratório de Cerâmica da Seção de Recursos Minerais do IPT. Este ensaio foi efetuado em três etapas principais: preparação, conformação e queima das amostras.

Na etapa de preparação, as amostras foram secadas ao ar, à temperatura ambiente, até atingir a umidade adequada para a cominuição em um britador de mandíbulas. Após a britagem, foram moídas em um moinho de disco até que todo o material passasse em peneira de 0,177 mm. Em seguida, as amostras foram submetidas à determinação do limite de plasticidade, conforme ABNT MB-31/69. A partir deste resultado, os materiais moídos foram umedecidos com uma quantidade de água com 2 pontos percentuais acima deste limite. Em seguida, as massas foram misturadas em equipamento tipo galga até que fosse obtida uma homogeneização adequada.

Na etapa seguinte de conformação, as massas foram moldadas por extrusão em maromba a vácuo em corpos-de-prova na forma de barras com dimensões de 75 mm x 20 mm x 10 mm. Seguiu-se com a secagem dessas barras em temperatura ambiente, depois em estufa a 110 °C. Neste estágio foram determinadas as propriedades cerâmicas de contração linear, tensão de ruptura à flexão a seco, limite de plasticidade e cor da barra.

Na etapa de queima, as barras foram submetidas à queima nas temperaturas de 800, 850, 900 e 950 °C, em forno elétrico de resistência Kanthal, em atmosfera oxidante, com velocidade constante de aquecimento. Após o processamento térmico,

foram estabelecidas as propriedades cerâmicas de perda ao fogo, contração linear de queima e total, tensão de ruptura à flexão, absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente e cor da barra.

Os resultados obtidos foram comparados com os valores-limites recomendados pela literatura (Souza Santos, 1975) e adotados como padrões pelo Laboratório de Cerâmica do IPT para avaliar o desempenho cerâmico das amostras (Quadro 5).

Massa Cerâmica (Manual, extrudada ou prensada)	Produtos cerâmicos		
	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados	Telhas
Tensão de ruptura da massa seca a 110 °C (mínima)	15 kgf/cm ²	25 kgf/cm ²	30 kgf/cm ²
Tensão de ruptura da massa após a queima (mínima)	20 kgf/cm ²	55 kgf/cm ²	65 kgf/cm ²
Absorção de água da massa após a queima (máxima)	-	25%	20%
Cor após queima	vermelha	vermelha	vermelha

Quadro 5. Valores padrões recomendados para cada tipo de produto cerâmico (Santos, 1975).

4.3.2 - Análise química por fluorescência de raio-X

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) pertencente ao Centro de Tecnologia de Obras de Infraestrutura (CT-OBRAS) do IPT, de acordo com as diretrizes gerais da ISO/FDIS 29581-2:2009 (E) "Cement – Test Methods – Part 2: Chemical analysis by X-ray fluorescence".

A etapa de preparação das amostras foi a mesma utilizada para o ensaio cerâmico: secagem ao ar livre, britagem e moagem até a passagem do material em peneira de 0,177 mm. A partir do pó obtido pela moagem foram confeccionadas pastilhas fundidas em máquina de fusão marca Claisse modelo M4. Os fundentes utilizados eram à base de mistura de tetraborato de lítio/metaborato de lítio marca MAXXIFLUX (66,67% de $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 32,83% de LiBO_2 e 0,50% de LiBr), com proporção de 0,5 g de amostra para 6,75 g de fundente. Por fim, as pastilhas fundidas foram colocadas no espectrômetro de fluorescência de raio-X da marca Panalytical, modelo Minipal Cement.

Os óxidos de sódio (Na_2O) e potássio (K_2O) foram determinados por absorção atômica segundo as diretrizes da NBR-NM 22/12 "Cimento Portland com adições de materiais pozolânicos - Análise química - Método de arbitragem". (CT-OBRAS-LMCC-Q-PE-053 e CT-OBRAS-LMCC-Q-PE-061).

4.3.3 - Análise mineralógica por difratometria de raios-X

As análises mineralógicas semiquantitativas por difração de raios-X (DRX) foram realizadas no LMCC pertencente ao CT-OBRAS do IPT, de acordo com as diretrizes gerais deste laboratório: procedimento CT-OBRAS-LMCC-P-PE 008 "Análise mineralógica por difratometria de raios-X".

A etapa de preparação das amostras foi, em parte, a mesma utilizada para o ensaio cerâmico e análise química: secagem ao ar livre, britagem e moagem até a passagem do material em peneira de 0,177 mm. O pó resultante foi utilizado como fração total e como fração argila. Esta última foi obtida com a colocação do pó em um recipiente com água para que fosse formado um sistema coloidal (argila + água) e conseqüente decantação das outras frações granulométricas (silte e areia) como corpo de fundo. O material decantado foi cuidadosamente retirado do recipiente e o sistema coloidal foi colocado em ambiente aberto para que a água evaporasse, sobrando apenas a fração argila no recipiente.

O pó da fração argila e da fração total foram colocados separadamente no difratômetro da marca Rigaku, modelo Windmax 2000, operando na radiação $K\alpha$ do cobre com 40kV – 30mA e varredura de $2^\circ/\text{min}$ para a obtenção dos difratogramas de cada amostra.

A identificação dos minerais nos difratogramas foi feita por meio do software Xpert HighScore Plus (versão 3.0) da Panalytical e padrões difratométricos fornecidos pelo ICDD (International Center for Diffraction Data) com atualização até 2003. Para a semiquantificação foram utilizadas as áreas dos picos mais intensos de cada um dos minerais presentes nas amostras.

5 - Revisão Bibliográfica

5.1 - Geologia regional

5.1.1 - Generalidades da Bacia Bauru

A Bacia Bauru é uma bacia continental interior (Cretáceo Superior), com uma sequência sedimentar essencialmente arenosa, de espessura máxima de cerca de 300 m e área de 370.000 km² (Fernandes & Coimbra, 2000). Sua formação ocorreu após a separação do supercontinente Gondwana, no Cretácio Inferior, o que resultou na geração e acumulação de quase 2000 m de lava basáltica (Formação Serra Geral) no centro-sul da Plataforma Sul-Americana. O peso desse pacote de lava gerou uma subsidência relativa na área, abaixando o nível de base e permitindo a acumulação e preservação de sedimentos nessa depressão (Fernandes et al., 2003).

O substrato da bacia é constituído pelas rochas basálticas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), das quais é separada por uma discordância definida por uma superfície erosiva continental pós-gondwânica (Fernandes & Coimbra, 1996). Já o seu limite superior também é erosivo, demarcado pela Superfície Sul-Americana (Fernandes & Coimbra, op cit). O preenchimento desta bacia aconteceu primeiro com a sedimentação do Grupo Caiuá (Eocretáceo) em ambiente desértico de sand sea (dunas eólicas de grande e médio porte e lençóis de areia) separado por uma superfície de descontinuidade de um segundo evento de sedimentação que deu origem ao Grupo Bauru (Neocretáceo) em ambiente árido e semi-árido (trato de sistema lacustre-fluvio-aluvial) (Batezelli, 2010).

Sua área de ocorrência no Brasil concentra-se na parte ocidental do estado de São Paulo, noroeste do Paraná, leste de Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro e Sul de Goiás (Batezelli et al, 2003) (Figura 2). Segundo Fernandes & Coimbra (1996) e Riccomini (1997), os limites atuais da Bacia Bauru são predominantemente erosivos e/ou tectônicos, determinados a noroeste pela Antéclise de Rondonópolis (Coimbra, 1991) a nordeste pelo Soerguimento do Alto Paranaíba (Hasui & Haralyi, 1991), a leste pelos alinhamentos do Rio Moji Guaçu (Coimbra et al., 1981), São Carlos-Leme e Ibitinga-Botucatu (Riccomini, 1995) e sul e sudeste pelo rio Paranapanema (Fulfaro, 1974). Seu limite a oeste é difuso devido à extensa área coberta por sedimentos aluvionares cenozoicos (Batezelli et al., 2003).

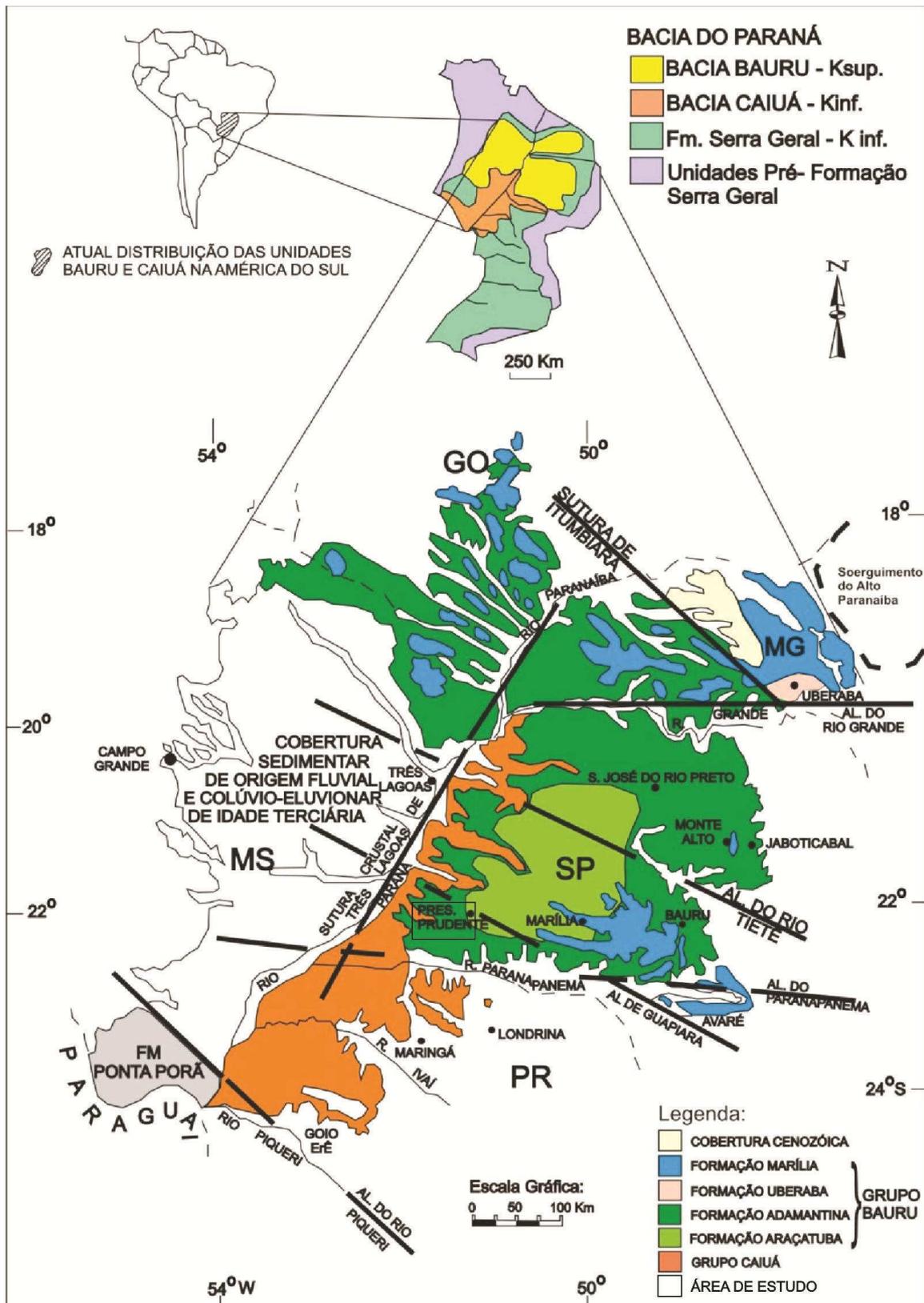


Figura 2. Localização da Bacia Bauru, suas unidades sedimentares e da área de estudo (Batezelli, 2003).

5.1.2 - Síntese dos conhecimentos sobre a Bacia Bauru no Estado de São Paulo

A nomenclatura estratigráfica da Bacia Bauru já passou por diversas modificações, desde o início do seu estudo por Gonzaga de Campos (1905 apud Soares et al., 1980) até o presente. Uma das mais aceitas subdivisões estratigráficas, em função da sua operacionalidade, foi proposta por Soares et al. (1980). Estes autores propuseram que a então Formação Bauru passasse a categoria de Grupo Bauru, sendo constituído pelas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília no Estado de São Paulo.

Na década de 90, com novas pesquisas abrangendo também os estados do Paraná, Minas Gerais e Goiás surgiram novas subdivisões. Fernandes (1992) elevou a Formação Caiuá à categoria de grupo, englobando a Formação Santo Anastácio e duas outras formações, Rio Paraná e Goio Erê. As formações Adamantina e Marília permaneceram no Grupo Bauru. Segundo a concepção de Fernandes (op cit), as fácies sedimentares seriam cronocorrelatas e associadas geneticamente, compondo um trato de sistemas deposicionais.

Fernandes & Coimbra (1996) sugeriram a denominação de Bacia Bauru para a sequência suprabasáltica neocretácea constituída pelos grupos Caiuá e Bauru, os quais se interdigitavam lateralmente.

Fernandes (1998) adotou a proposta de Fernandes & Coimbra (1996) e extinguiu a formação Adamantina, subdividindo o grupo Bauru nas formações Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília e Uberaba.

Fulfaro et al. (1999) interpretaram os arenitos maciços da Formação Santo Anastácio como resultado da ação pedogenética dos depósitos superiores do Grupo Caiuá, sugerindo o termo Geossolo Santo Anastácio ao invés de formação. Com base nessa interpretação, os autores propuseram que este geossolo representaria uma discordância temporal entre os depósitos do grupo Bauru e Caiuá. A sequência suprabasáltica teria, portanto se depositado em duas bacias distintas: Caiuá e Bauru

Fernandes & Coimbra (2000) adotaram em partes a concepção de Fernandes & Coimbra (1996) dos grupos Caiuá e Bauru como cronocorrelatos, propondo a seguinte revisão litoestratigrafia no estado de São Paulo: Grupo Caiuá (formações Goio Erê, Rio

Paraná e Santo Anastácio) e Grupo Bauru (Formação Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília) (Figura 3).

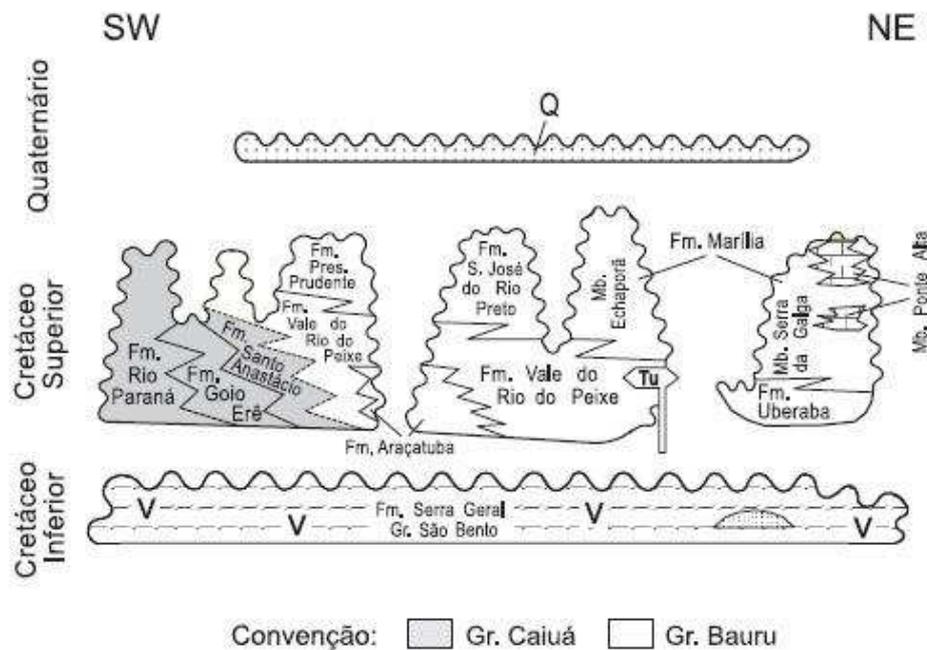


Figura 3. Litoestratigrafia da Bacia Bauru segundo concepção de Fernandes e Coimbra (2000).

Batezelli et al. (2003) e Batezelli (2003; 2010) constataram a persistência em área da discordância temporal representada pelo Geossolo Santo Anastácio, corroborando em parte com Fulfaro et.al.(1999). Essa discordância temporal se faz presente como uma superfície discordante que trunca de forma abrupta os depósitos eólicos do paleodeserto Caiuá. As características observadas por estes autores na Formação Santo Anastácio, no seu limite com o Grupo Bauru, mostraram que essas superfícies foram expostas a processos pedogenéticos, capazes de preservá-las na forma de paleossolos antes do recebimento de um novo ciclo de sedimentação que originou os depósitos do Grupo Bauru. Dessa forma, estes autores interpretam a deposição dos sedimentos da Bacia Bauru como posterior a sedimentação que deu origem a Bacia Caiuá.

5.1.3 - Litoestratigrafia da Bacia Bauru no estado de São Paulo

A Bacia Bauru no estado de São Paulo é composta pelo Grupo Caiuá (Eocretáceo, 133 – 120 Ma), subdividido nas Formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio, e pelo Grupo Bauru (Neocretáceo, 80 – 60 Ma), subdividido nas formações Araçatuba, Adamantina e Marília (Batezelli, 2010) (Figura 4). Devido a sua maior importância para este trabalho, a Formação Araçatuba será detalhada no subcapítulo seguinte (5.1.4).



Figura 4. Litoestratigrafia da Bacia Bauru em diferentes áreas segundo concepção de Batezelli (2010). (Soares et al., 1980 apud Batezelli, 2003).

Segundo Fernandes & Coimbra (2000), a Formação Rio Paraná está sobreposta à Formação Serra Geral, da qual é separada por não conformidade, sendo seu contato lateral gradual com a Formação Goio Erê. É constituída por arenitos finos a muito finos, arredondados, com boa maturidade textural e mineralógica, estratificações cruzadas de médio a grande porte e por vezes com estratos submétricos de lamitos arenosos maciços. Compreende depósitos de dunas eólicas de cristas sinuosas de grande porte

(draas) e interdunas, sendo o seu ambiente deposicional a região central de um deserto de sand sea.

Fernandes & Coimbra (op cit) descrevem a Formação Goio Erê apresentando interdigitação lateral com as formações Rio Paraná e Santo Anastácio e contatos erosivos com a Formação Serra Geral. É composta por arenitos quartzosos, finos a muito finos, maduros mineralogicamente e submaturados texturalmente, com estratificações cruzadas, laminação plano-paralela e climbing ripples eólicos. Compreende depósitos de dunas eólicas (porte moderado) com cristas sinuosas e interdunas, em um ambiente deposicional de periferia de sand sea.

A Formação Santo Anastácio, como é formalmente conhecida, é descrita por Fernandes & Coimbra (op cit) como tendo contato gradual com as formações Rio Paraná e Vale do Rio do Peixe, e sobreposta a Formação Serra Geral. É constituída por arenitos quartzosos subarcoseanos, maciços, finos a muito finos, pouco selecionados, em estratos tabulares com raras intercalações lamíticas. Ainda segundo estes autores, compreendem depósitos de lençóis de areia e de enxurradas de chuvas torrências esporádicas (wadis) em planícies periféricas aos grandes complexos de dunas do sand sea. Para todas as formações que compõe o Grupo Caiuá, os grãos de quartzo tem superfície fosca, encoberta por uma película de óxido de ferro.

De acordo com Batezelli (2010), a Formação Adamantina (ou Vale do Rio do Peixe segundo Fernandes & Coimbra, 2000) encontra-se sobreposta de forma gradacional sobre a Formação Araçatuba e abrupta sob a Formação Serra Geral. É composta por arenitos avermelhados e lamíticos, com seleção moderada e grãos arredondados a sub-arredondados de quartzo e hematita. Subordinadamente ocorrem conglomerados e intercalações lamíticas. Como estruturas principais pode-se citar a presença de estratificações cruzadas acanaladas nos depósitos arenosos, os quais tem formas lenticulares e tabulares. É comum também o aspecto maçico, cimentação por carbonato de cálcio e bioturbações.

A Formação Marília é a unidade do topo do Grupo Bauru, sobreposta em contato abrupto ora sobre os basaltos da Formação Serra Geral ora sobre a Formação Adamantina (Batezelli, 2010). Embora seja subdividida em 3 membros (Ponte Alta, Serra da Galga e Echaporã), é constituída basicamente por arenitos maciços e conglomerados subordinados, ambos cimentados por carbonato de cálcio. Segundo

Batezelli (op cit), as formações Adamantina e Marília representam um sistema flúvio/aluvial provenientes de norte/nordeste que colmata os depósitos da Formação Araçatuba.

5.1.4 - Síntese dos conhecimentos sobre a Formação Araçatuba no Estado de São Paulo

Os primeiros trabalhos sobre a Formação Araçatuba datam da década de 70, quando Suguio et al.(1977 apud Batezelli et al.,2003) reconheceu esta unidade sedimentar como “litofácies Araçatuba”. Foi a partir do mapeamento de Zaine et al. (1980 apud Batezelli et al.,2003) no oeste de São Paulo, com o Consórcio Paulipetro, que essa unidade foi elevada a categoria “Formação Araçatuba”. Segundo estes autores, a seção de referência usada para a descrição dessa unidade situa-se ao norte da cidade de Rinópolis, no vale do Rio Aguapeí (ou Feio), sendo descrita como um siltito argiloso, cinza esverdeado, maciço com níveis arenosos.

Batezelli (1998) utilizou a análise estratigráfica regional de seções colunares em superfície e subsuperfície no vale do Rio do Peixe para detalhar a base da Formação Adamantina, onde se encontra os depósitos da Formação Araçatuba. De acordo com suas características litológicas, espessura e continuidade lateral, este autor propôs ser um lago o ambiente deposicional dessa formação, constituída por duas fácies: silto arenosa e arenosa. A fácies silto arenosa é composta por siltitos argilosos cinza esverdeados, maciços e arenitos muito finos, com geometria tabular representando depósitos por decantação no interior do lago. A fácies arenosa é composta por lentes arenosas sigmoidais, com estratificações cruzadas e marcas onduladas, representando depósitos de lobos deltaicos provenientes de norte/nordeste que adentravam na borda desse paleolago, colmatando-o.

Fernandes & Coimbra (2000) definiram a área de ocorrência desta unidade apenas nos vales dos rios Tietê e Aguapeí (ou Feio), admitindo como sua seção-tipo a mesma de Fernandes (1998), localizada no corte da rodovia SP 300, km 548,5, próximo à cidade de Araçatuba. Descreveram a unidade como constituída por estratos tabulares de siltitos cor cinza-esverdeado e arenitos muito finos, com cimentação carbonática e cristais salinos, representando depósitos de ambiente paludal (semelhante ao atual Pantanal Matogrossense) com águas salinas rasas, pouco agitadas, com períodos de exposição. Os depósitos arenosos identificados em suas bordas seriam de lobos

deltaicos ou de dunas eólicas, sugerindo a colmatção do pântano por depósitos eólicos da Formação Vale do Rio do Peixe (Adamantina).

De acordo com Batezelli et al.(2003), esta unidade foi depositada em um ambiente lacustre que serviu como nível de base nos estágios iniciais do desenvolvimento do Grupo Bauru. Os depósitos mais grosseiros (Associação Arenosa) concentram-se mais ao norte da área estudada (José Bonifácio, Vicentópolis, Araçatuba, Valparaíso) enquanto os mais finos (Associação Silto Arenosa), na porção central (Rinópolis, Marília, Adamantina e Presidente Prudente). Segundo os autores, os depósitos mais grosseiros representam lobos deltaicos provenientes de norte/nordeste da Formação Adamantina/Marília que progressivamente colmataram os depósitos mais finos (deposição por decantação) do paleolago Araçatuba, corroborando com Batezelli (1998).

Fernandes et al. (2003) também identificaram associação de fácies finas (Siltstone tabular beds – FM) e associação de fácies arenosa (Sandy sigmoidal lenses – SL), representando respectivamente depósitos de interior de pântano na porção central desta unidade e depósitos de lobos deltaicos e dunas eólicas, em sua periferia , corroborando com Fernandes & Coimbra (2000)

São características marcantes a cimentação carbonática, os moldes pseudomórficos de cristais salinos, gretas de contração e marcas de raízes (Etchebehere et al., 1991, Fernandes, 1998; Batezelli, 1998; Fernandes & Coimbra, 2000; Fernandes et al., 2003; Batezelli et al., 2003; Batezelli, 2010).

Esta unidade encontra-se sobreposta às formações Serra Geral (Grupo São Bento) e Santo Anastácio (Grupo Caiuá), em contato abrupto (Batezelli, 2010). Lateralmente, encontra-se interdigitada com os arenitos da Formação Adamantina (ou Vale do Rio do Peixe) (Fernandes & Coimbra, 2000; Fernandes et al., 2003; Batezelli, 2010), sendo o seu contato superior gradacional também com esta formação (Batezelli, 2010). Ainda segundo este autor, a área total de abrangência do paleolago Araçatuba é de pelo menos 70.000 km², delimitada a sul pelas cidades de Cuiabá Paulista e Garça e a norte pelas cidades de Vitória Brasil e São José do Rio Preto.

5.2 - Argilas como matéria-prima cerâmica

5.2.1 - Generalidades

As argilas, em conjunto com o caulim, fazem parte das matérias-primas plásticas para a indústria cerâmica. Além destes, há também as matérias-primas não-plásticas como talco, filito e feldspatos que não serão abordados neste trabalho. Todos estes materiais enquadram-se na classe dos recursos minerais não metálicos ou também chamados de minerais industriais.

O termo argila *lato sensu* é empregado para um material inorgânico natural, de granulometria fina (partículas de poucos micrômetros), com comportamento plástico quando a ele é acrescentado água em determinada quantidade. Para a sedimentologia, a fração argila é usada para classificar em termos granulométricos, um material sedimentar com partículas inferiores a 2 μm ou 4 μm , segundo as escalas de Attemberg e Wentworth, respectivamente (Motta et al., 2004; Cabral et al., 2008)

As argilas são formadas principalmente por argilominerais (filossilicatos), sendo seus tipos mais comuns constituídos de folhas tetraédricas de silício (T) e octaédricas de alumínio (O), nas seguintes proporções: unidades 2:1 (TOT), como as illitas e esmectitas, e 1:1 (TO), como a caulinita (Motta et al., 2004 ; Cabral et al., 2008). Esses argilominerais podem ser formados como resultado da hidrólise parcial (um processo intempérico) dos aluminossilicatos de rochas aflorantes. Sob as condições superficiais de temperatura e precipitação, esses minerais tornam-se instáveis e tem parte de seus elementos, como os álcalis e a sílica, dissolvidos e lixiviados pela água. As esmectitas e illitas são os primeiros argilominerais formados (fenômeno de bissialitização). Sob condições mais elevadas de temperatura e precipitação, a sílica continua sendo lixiviada, restando uma folha tetraédrica de silício para cada folha octaédrica de alumínio (fenômeno de monossialitização).

Juntamente com os argilominerais, é comum também ocorrer outros minerais nas frações silte ($0,002 \text{ mm} < \Phi < 0,062 \text{ mm}$) e areia ($\Phi > 0,62 \text{ mm}$), como o quartzo seguido de micas, feldspatos e minerais opacos (Motta et al., 2004 ; Cabral et al., 2008). Quanto ao uso cerâmico, Motta et al. (2004) classificou as argilas em dois grupos principais, com base na cor de queima e na mineralogia (Quadro 6):

- a) **Argilas de queima avermelhada:** matéria-prima para cerâmica vermelha, abrangendo peças estruturais (blocos, telhas e lajotas), placas cerâmicas de revestimento (principalmente os produtos de via seca), agregados leve, vasos e potes de decoração de corpo avermelhado. Sua característica principal é a cor de queima avermelhada, conferida pelo teor de óxido de ferro total superior a 4% , segundo Facincani (1992, apud Motta et al., 2004). São subdivididas em 2 grupos de acordo com o contexto geológico: argilas quaternárias (de várzea e planície costeira) e de bacias sedimentares.
- b) **Argilas caulínicas de queima clara:** matéria-prima para cerâmica sanitária (vasos), placas cerâmicas via úmida, porcelana técnica, utilitária (louça) e artística. Constituída principalmente por caulinita, secundariamente por matéria-orgânica, illitas, esmectitas e quartzo. São subdivididas em 2 grupos: argilas plásticas (sedimentar e alterita) e caulim (primário e secundário).

Argilas de queima avermelhada			Argilas caulínicas de queima clara			
Argilas quaternárias		Argilas de Bacias Sedimentares (formacional)	Argilas Plásticas		Caulim	
Várzea	Planície Costeira		Sedimentar	Alterita	Primário	Secundário

Quadro 6. Classificação das argilas com base em seu uso industrial cerâmico.

A seguir serão detalhadas apenas as informações sobre as argilas de queima avermelhada devido a sua maior importância para este trabalho.

5.2.2 - Argilas de queima avermelhada

Argilas quaternárias

As várzeas e as planícies costeiras são locais propícios para o acúmulo de sedimentos em áreas intracontinentais (Motta et al., 2004). São sítios acumuladores de água e com inundações periódicas, o que influencia no comportamento tecnológico das argilas, como a umidade e plasticidade elevadas. Essas características lhes conferem boa trabalhabilidade para os processos cerâmicos de conformação plástica (Motta et al.,

2004). Em geral essas argilas plásticas estão associadas a bolsões de argila arenosa, menos plástica, que podem ser misturadas entre si para a produção cerâmica de diversas peças. A fração arenosa é constituída por quartzo e alguns minerais menos estáveis às condições superficiais como o feldspato. Abaixo estão especificadas as características dos depósitos de cada ambiente (Motta et al., 2004):

- a) **Várzeas:** possuem argilas caulínicas detríticas, ou seja, caulinitas formadas pelos processos intempéricos atuantes em rochas e saprólitos que posteriormente sofreram erosão, transporte e deposição. Esse processo é resultado do clima quente e úmido que prevaleceu no quaternário e final do terciário. Eventualmente, podem ser mistas contendo illita e esmectita em menores quantidades. O perfil geológico é geralmente organizado por um substrato arenoso, sobreposto pela camada de argila, que por sua vez pode ser capeada por camadas orgânicas turfosas. A geometria do depósito argiloso é lenticular com espessura métrica e área variável (poucos hectares a quilômetros quadrados).

- b) **Planície costeira:** são áreas próximas à costa (desembocadura de rios, regiões estuarinas, etc...) com depósitos delgados de argilas caulínicas, ora mistas e com sais solúveis, dada a influência de água salobra. Assim como o ambiente de várzea, abriga camadas lenticulares de argila, ocorrendo também depósitos mais extensos de formato tabular.

Argilas de bacias sedimentares

Também conhecidas como argilas formacionais ou taguá, estas argilas fazem parte de formações geológicas associadas a bacias sedimentares mais antigas, sendo constituídas de rochas pelíticas como folhelhos, argilitos, siltitos, ritmitos e varvitos. Geradas em ambientes marinhos e lacustres nas eras paleozóicas e mesozóicas, muitas dessas bacias hoje são encontradas em áreas emersas continentais, dada a evolução geológica da crosta, constituindo relevos planálticos e colinas (Motta et al., 2004).

Mineralogicamente, são argilas compostas essencialmente por argilominerais 2:1 (TOT) do grupo da illita e em menor quantidade por caulinita, sobretudo em situações

em que há a sobreposição de processos intempéricos. A illita, por apresentar óxido de potássio em sua composição, confere baixa temperatura de sinterização¹ aos materiais cerâmicos e aumenta sua resistência mecânica.

Os depósitos tem geometria tabular, são contínuos e homogêneos, mas podem apresentar interdigitação com fácies de diferentes granulometria e composição químico-mineralógica em decorrência da evolução geológica antiga (diagênese e tectonismo) ou recente (manto de alteração intempérica) (Motta et al., 2004).

Quanto aos usos, as argilas de queima vermelha são muito usadas como matéria-prima na fabricação de tijolos, blocos e telhas na indústria cerâmica estrutural, e também na fabricação de vasos ornamentais, utensílios domésticos, cimento, agregado leve e revestimentos (Cabral et al., 2008).

Enquanto em alguns setores da indústria cerâmica (louças e sanitários), as argilas são misturadas com outros materiais (por exemplo talco, filito e caulim), no setor de cerâmica vermelha a massa usada é composta basicamente por argilas. Essa massa geralmente é composta de uma mistura de argila “gorda” de alta plasticidade e granulometria fina e argila “magra”, com maior conteúdo de quartzo e menos plástica, o que permite a drenagem adequada das peças nos processos de secagem e queima (Cabral et al., 2008). A composição das misturas busca conferir um conjunto de propriedades tecnológicas adequadas à conformação e queima de peças, entre outras: plasticidade, resistência mecânica, drenagem e coloração das peças (Cabral et al., 2008).

¹Sinterização: processo industrial de endurecimento do material cerâmico através do seu aquecimento, sempre abaixo do seu ponto de fusão. Temperatura de sinterização do material é a temperatura em que ocorre esse processo.

6 - Resultados

6.1 - Análise de fácies

Neste capítulo serão apresentadas as descrições das fácies, colunas estratigráficas e amostras coletadas nos afloramentos. Embora a explicação sobre a associação de fácies seja apresentada apenas no Capítulo 7.1, optou-se por colocá-las nas figuras das colunas neste capítulo para não precisar repetir as figuras posteriormente.

6.1.1 - Coluna estratigráfica 1

Essa coluna (Figura 6) foi confeccionada com base no afloramento do ponto 1 (Figura 5A), localizado em um corte de estrada vicinal ligando a sede do município de Álvares Machado a Coronel Goulart, no bairro Pindorama. Os primeiros metros da base desta coluna são representados pelo Geossolo Santo Anastácio, uma sucessão de paleossolos indiscriminados de cor avermelhada devido a provável oxidação dos grãos de quartzo por ferro. A textura predominante é arenosa fina, com estruturas pedogenéticas em blocos prismáticos e cúbicos (Figura 5B), cimentados por carbonato de cálcio, sendo comum a presença de marcas de raízes.

O contato superior do Geossolo Santo Anastácio é abrupto com a fácies lamito maciço (**Lm**)(Figura 5A). Essa fácies é constituída por um lamito arenoso, de granulometria fina e coloração creme amarronzado (Figura 5C). Apresenta-se em afloramento em blocos subangulares centimétricos de fácil fragmentação com as mãos, e com tubos de raízes de 3 cm preenchidos por carbonato de cálcio próximo ao contato inferior com o Geossolo Santo Anastácio (Figura 5D).

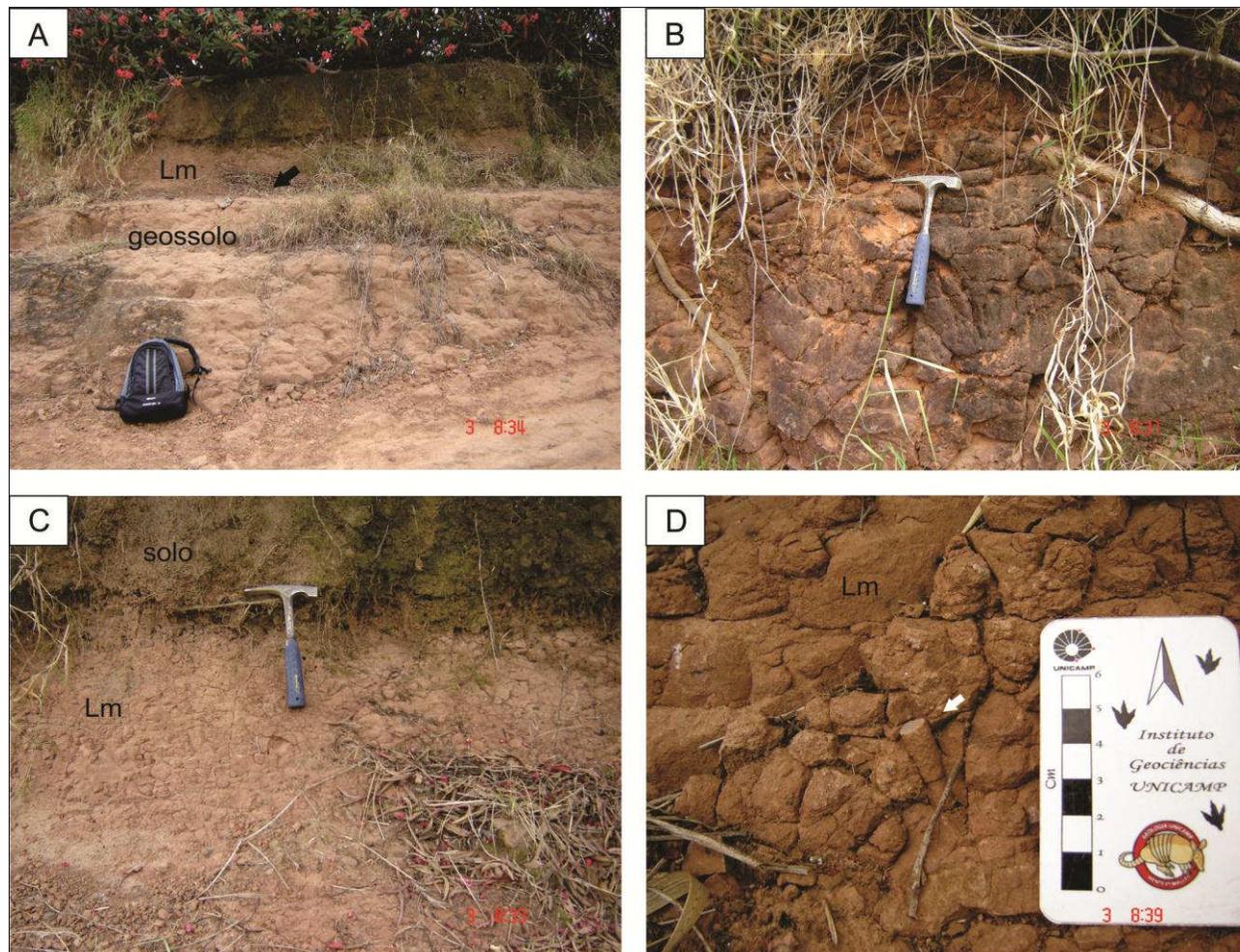


Figura 5. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 1. A) Aspecto geral de parte do afloramento e o contato abrupto (seta preta) entre o geossolo e o lamito maciço (Lm). B) Geossolo Santo Anastácio com estruturas pedogenéticas em blocos cúbicos e prismáticos. C) Detalhe do lamito (Lm) da figura A. D) Detalhe do fraturamento em blocos subangulares e tubo de raiz (seta branca) do lamito (Lm) da figura C.

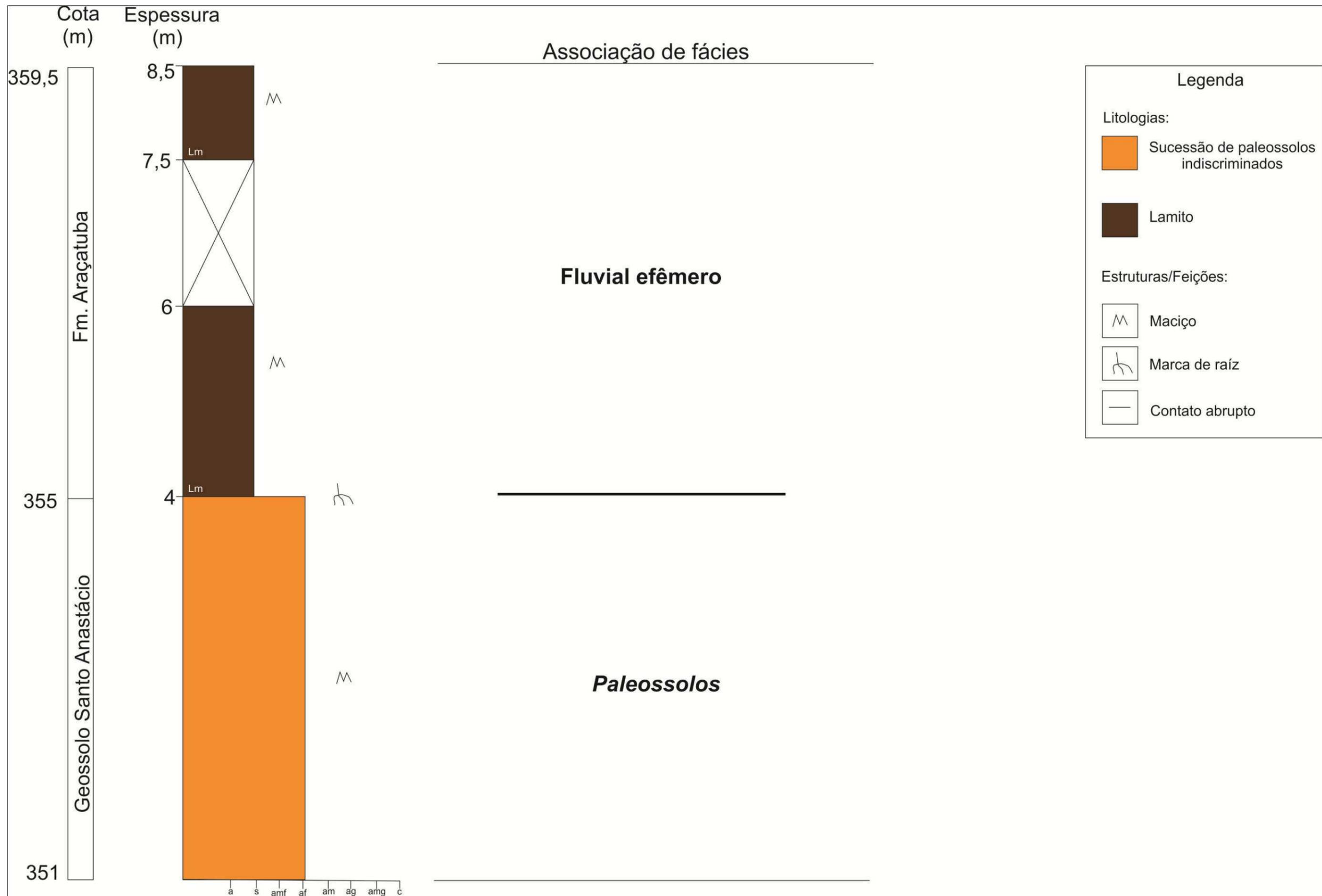


Figura 6. Coluna estratigráfica 1 correspondente ao afloramento do ponto 1. O trecho da coluna com X significa ausência de afloramento.

6.1.2 - Coluna estratigráfica 2

Essa coluna (Figura 8) foi confeccionada a partir do afloramento do ponto 2, localizado em um corte de estrada vicinal ligando Álvares Machado a Coronel Goulart, no bairro Catanduva. De maneira geral, as rochas encontram-se bem preservadas sendo a coloração cinza predominante para as fácies finas e amarela para as fácies arenosas.

A porção basal da coluna é constituída por um conjunto de co-sets, sendo que cada um deles apresenta uma granocrescência ascendente (ritmitos) da fácies folhelho com laminação plano-paralela (**Flp**) na base gradando para a fácies siltito com laminação ondulada (**Slo**) no topo (Figura 7A,B).

A fácies **Flp** apresenta coloração cinza esverdeada e laminação plano-paralela milimétrica, sendo frequente também a presença de gretas de contração hexagonais preenchidas por argila ou areia muito fina (Figura 7C). A fácies (**Slo**) é constituída por um siltito arenoso, de granulometria fina, amarronzado com laminação ondulada centimétricas (Figura 7D). Realizou-se a amostragem cerâmica de um pacote representativo dessas duas fácies misturadas (amostra A-2) para sua posterior caracterização cerâmica.

Sobreposto aos co-sets pelíticos, ocorre a fácies arenito com marcas onduladas (**Ao**), caracterizada por um arenito fino, com marcas onduladas na base de até 20 centímetros de comprimento de onda e laminação plano-paralela no topo. Apresenta também intercalação com finas camadas de até 5 centímetro de lamito creme (Figura 7E).

A coluna segue com a fácies **Flp** de coloração cinza esverdeado, sotoposto pela fácies arenito com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte (**Aeap**). Esta fácies é constituída de um arenito muito fino, quartzoso, bem selecionado, subarredondado com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte e laminação cruzada climbing ripples. Sobreposta a esta fácies, ocorre a fácies arenito com laminação cruzada acanalada (**Ala**), de granulometria muito fina, quartzoso e bem selecionado.

O topo da coluna é representada pela fácies lamito maciço (**Lm**), um lamito arenoso, maciço com fraturamento em blocos subangulares. Foi encontrado no afloramento, fragmentos fósseis nessa fácies, possivelmente carapaça de quelônios. É

frequente também a presença de tubos de raízes ou bioturbações verticais, centimétricos e com diâmetros milimétricos, preenchidos com argila (Figura 7F).

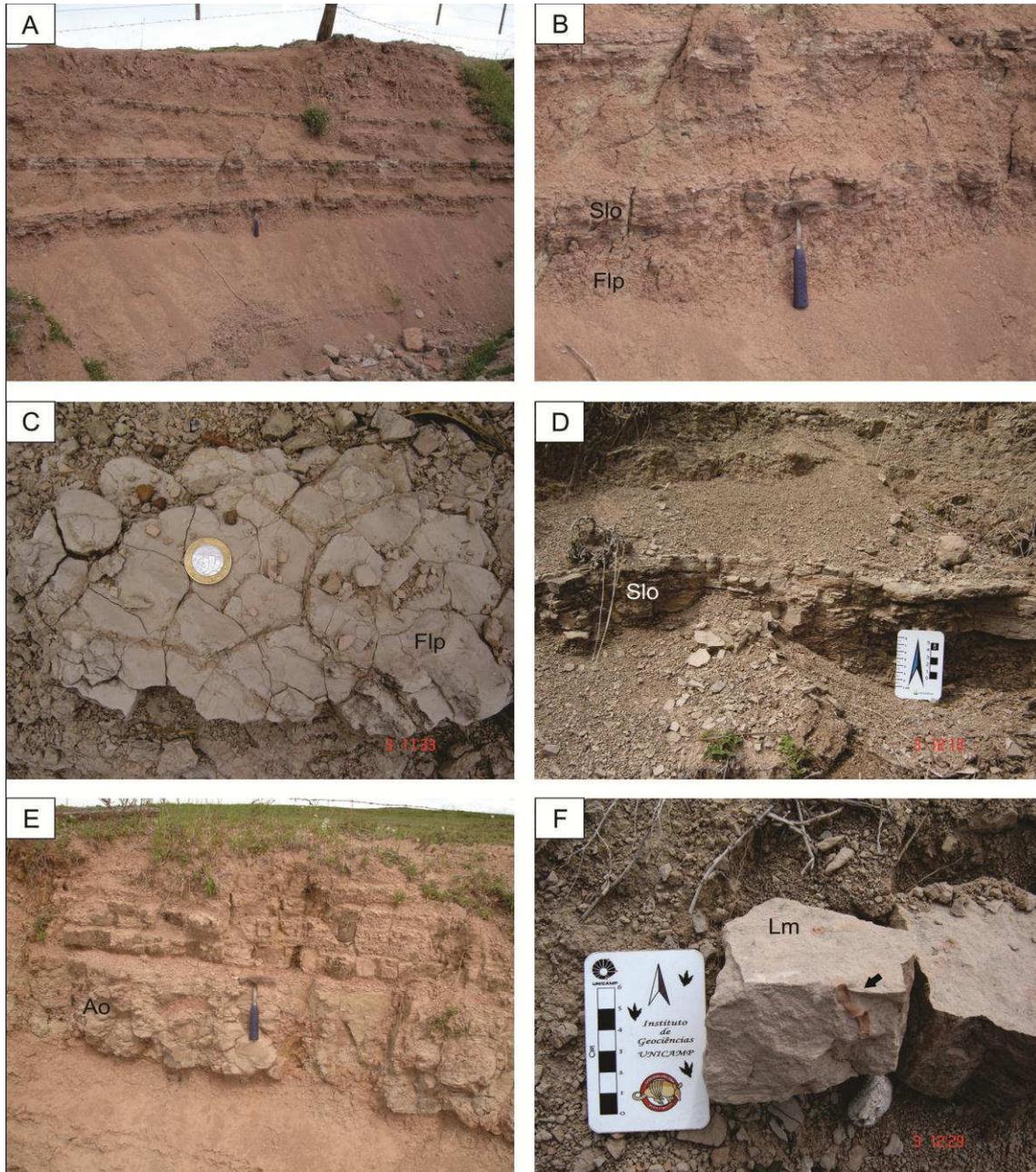


Figura 7. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 2. A) Ritmites com granocrescência ascendente na base do afloramento. B) Detalhe dos ritmites (Flp e Slo) da figura A. C) Gretas de contração hexagonais do folhelho (Flp). D) Laminação ondulada centimétrica do siltito (Slo). E) Arenito fino (Ao) com intercalações centimétricas de lamito creme. F) Lamito arenoso (Lm), maciço com feições de tubo de raiz ou bioturbação preenchidos com argila.

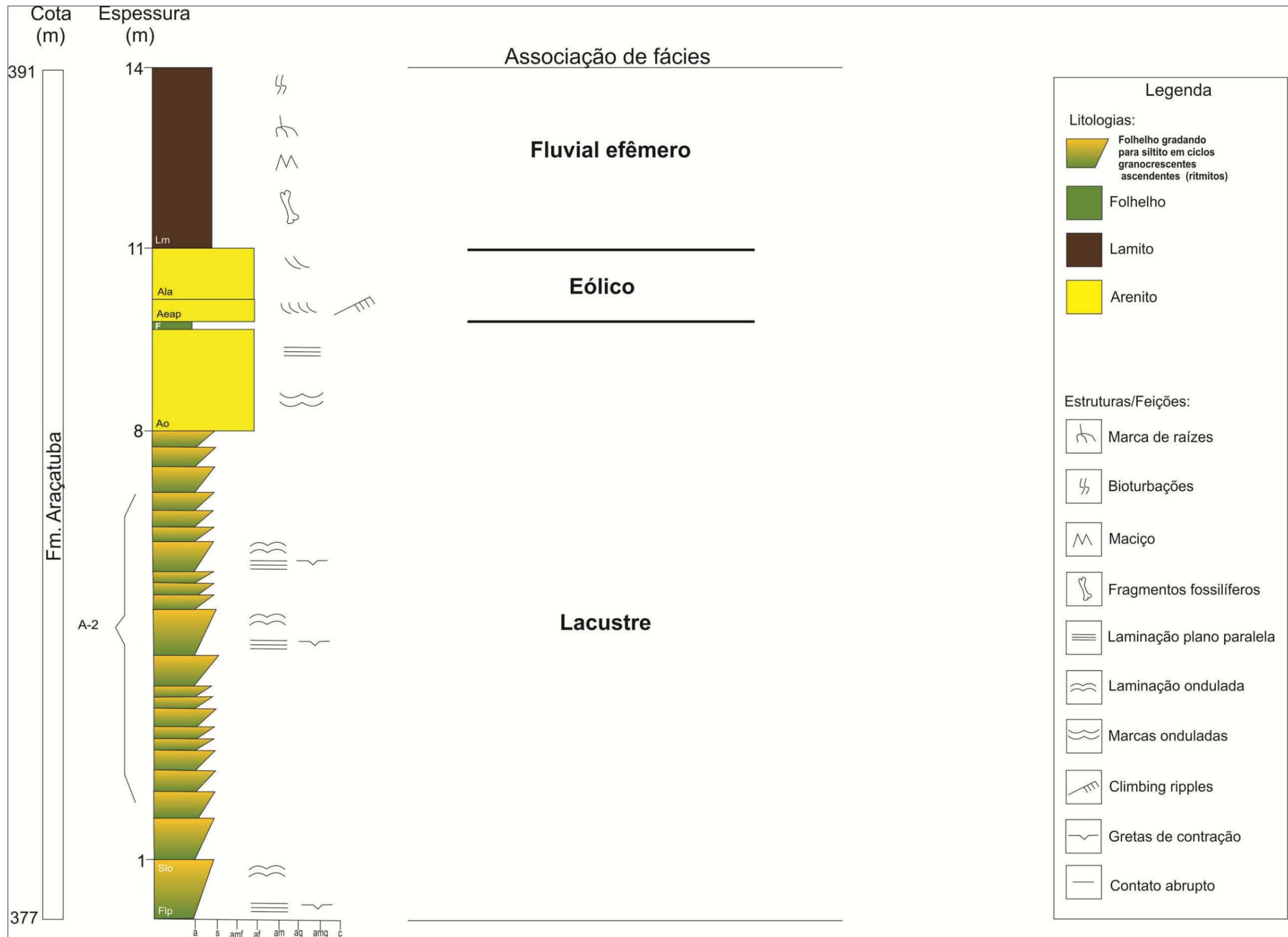


Figura 8. Coluna estratigráfica 2 correspondente ao afloramento do ponto 2.

6.1.3 - Coluna estratigráfica 3

Esta coluna (Figura 10) foi confeccionada a partir do afloramento do ponto 3, localizado em uma das frentes de lavra de uma mina de argila no bairro Catanduva, na localidade de Coronel Goulart. Tem um total de 4,5 metros de altura, com a fácies lamito maciço (**Lm**) na base e no topo, sendo que entre elas ocorre a fácies arenito com estratificação cruzada acanalada de médio porte (**Aeam**) (Figura 9A).

As fácies **Lm** são de cor creme amarronzado, maciços, com fraturamento em blocos subangulares. Há também fraturas com padrão retilíneo de espessura milimétrica, as quais se encontram preenchidas por material carbonático placóide.

A fácies **Aeam** é composta por um arenito muito fino a fino, quartzoso, bem selecionado, subarredondado, com elevado conteúdo de fragmentos fossilíferos, cuja identificação paleontológica não foi realizada. Na sua base apresenta laminação cruzada acanalada de aproximadamente 5 centímetros (Figura 9B) e mais ao topo, apresenta estratificação cruzada acanalada de médio porte, com foresets de 1 a 2 metros. (Figura 9C,D). O contato inferior da fácies **Aeam** com a fácies **Lm** é abrupto e regular (Figura 9B).

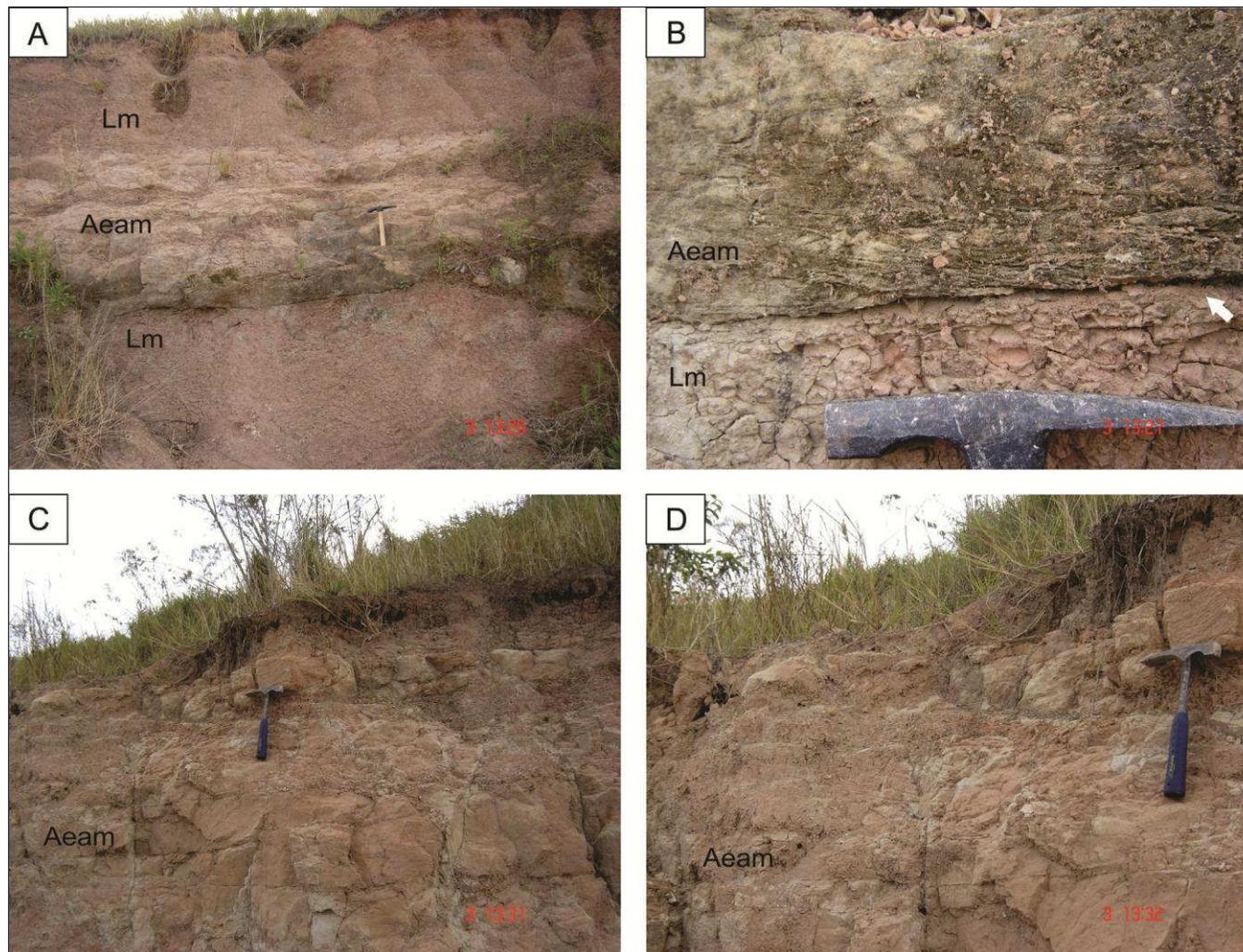


Figura 9. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 3. A) Aspecto geral do afloramento. B) Laminação cruzada acanalada do arenito (Aeam) e seu contato abrupto (seta preta) com o lamito maciço (Lm). C) Estratificação cruzada acanalada de médio porte do arenito (Aeam). D) Detalhe da estratificação cruzada acanalada da figura anterior.



Figura 10. Coluna estratigráfica 3 correspondente ao afloramento do ponto 3.

6.1.4 - Coluna estratigráfica 4

Esta coluna (Figura 12) foi feita com base no afloramento do ponto 4, localizado em uma frente de lavra da mina de saibro do proprietário Leandro José de Souza (nº processo no DNPM: 820.268/2005). É um afloramento com aproximadamente 12,6 metros de altura com um conjunto de rochas pelíticas, areníticas e conglomeráticas, bem preservadas (Figura 11A).

A porção basal é constituída pela fácies argilito maciço acinzentado (**Fm**), siltito com laminação plano-paralela (**Slp**) e lamito maciço (**Lm**), de coloração creme, com fraturamento em blocos subangulares (Figura 11B). O lamito apresenta marcas de raízes ou feições de bioturbação cilíndricas, milimétricas, preenchidas por material escuro.

Sobreposto ao lamito, em contato abrupto, há 3 co-sets em sequência granodecrescente ascendente, variando de 20 a 50 centímetros cada. A base de cada co-set é composta pela fácies conglomerado maciço (**Cm**), gradando para a fácies arenito granodecrescente ascendente (**Ar**) na porção mediana, sendo o topo representado pela fácies lamito com laminação ondulada (**Llo**).

A fácies **Cm** é constituída por um conglomerado intraformacional com matriz areno-lamítica maciça, com grãos de quartzo subangulosos a subarredondados milimétricos (Figura 11C). O arcabouço é constituído por clastos de argila acinzentados (com até 5 milímetros de comprimento) e creme amarronzados (com até 1 centímetro de comprimento), subarredondados e por fragmentos fóssilíferos com até 1,5 centímetros de comprimento. A cimentação é conferida pelo carbonato de cálcio. A fácies **Ar** é composta por um arenito fino, com estratificação cruzada de pequeno porte (até 70 centímetros), e a fácies **Llo** por um lamito avermelhado. Há também um quarto co-set, sendo que a fácies **Ar** apresenta laminação cruzada ao invés de estratificação cruzada acanalada.

A fácies lamito com laminação flaser (**Llf**) encontra-se sobreposta a todos esse co-set, constituída por um lamito arenoso, com lentes de argila (laminação flaser) e feições de bioturbações verticais (Figura 11D).

Em seguida ocorre a fácies arenito com laminação cruzada acanalada (**Ala**), composta por um arenito fino, com laminação cruzada acanalada de pequeno porte (5

centímetros) na base e marcas de raízes de até 20 centímetros de comprimento preenchidas com argila (Figura 11E).

A fácies **Lm** retorna a aparecer no topo da coluna, acima e abaixo da fácies **A1a** em contato abrupto. Esta última é constituída por um arenito fino, quartzoso, bem selecionado, com laminação cruzada acanalada na base (Figura 11F).

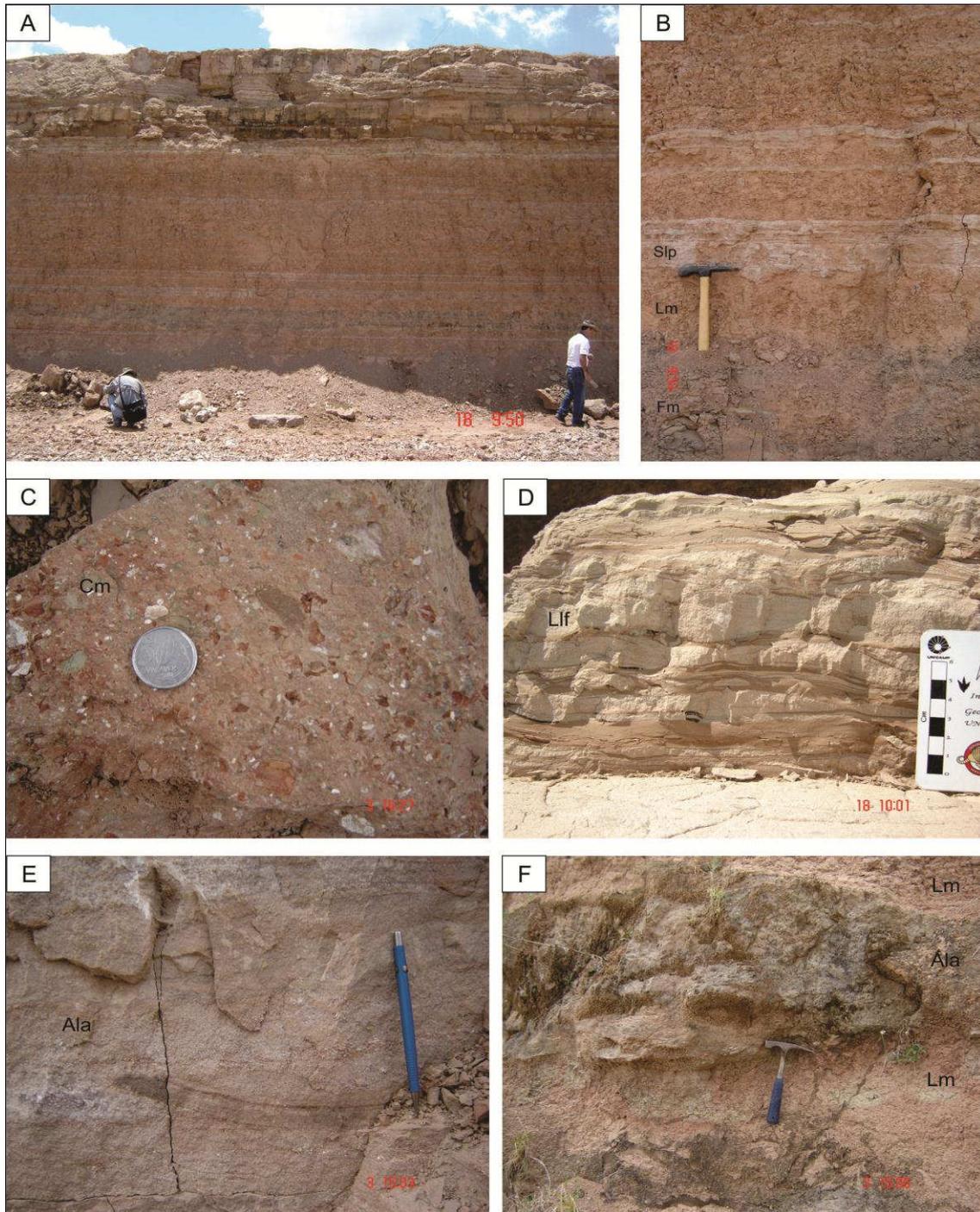


Figura 11. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 4. A) Aspecto geral de parte da frente de lavra. B) Detalhe da porção basal da frente de lavra da figura anterior com argilito (Fm), siltito (Slp) e lamito (Lm). C) Conglomerado intraformacional com clastos de argila no arcabouço (Cm). D) Laminação flaser em lamito arenoso (Llf). E) Arenito fino com laminação cruzada acanada na base (Ala). F) Intercalação entre o lamito maciço (Lm) e o arenito fino e bem selecionado (Ala).

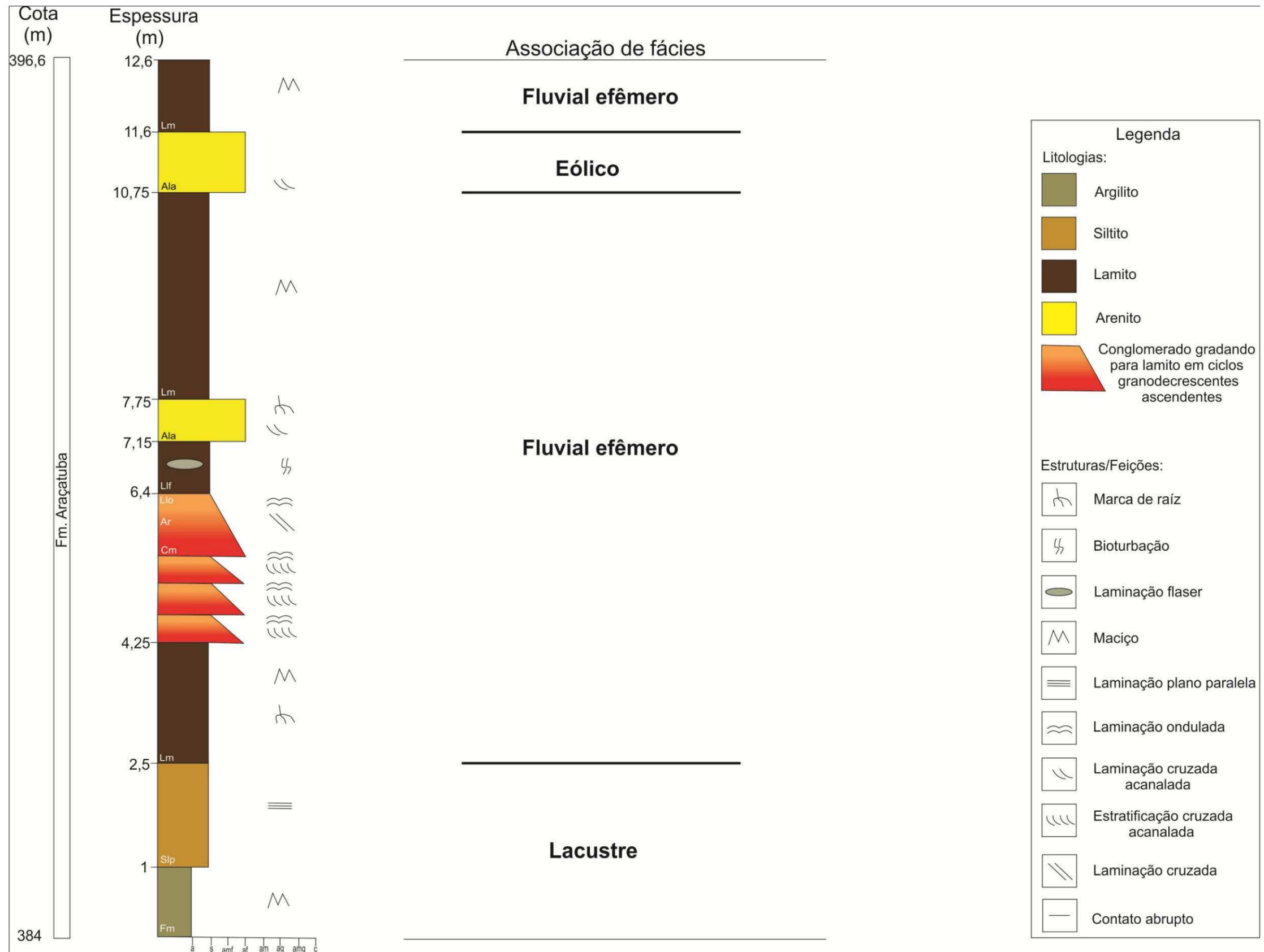


Figura 12. Coluna estratigráfica 4 correspondente ao afloramento do ponto 4.

6.1.5 - Coluna estratigráfica 5

Esta coluna (Figura 14) foi confeccionada a partir dos afloramentos do ponto 5 e 6. O afloramento do ponto 5 se localiza em um corte de estrada que liga o município de Álvares Machado a localidade de Coronel Goulart, e está representado no topo da coluna pela fácies arenito com estratificação cruzada acanalada de médio porte (**Aeam**) e paleossolos. O afloramento do ponto 6 se localiza em uma ravina de uma colina (Figura 13A), próximo a uma estrada asfaltada que também liga estas duas localidades, no bairro Quinta Escola, e está representado por todas as outras fácies desta coluna.

O Geossolo Santo Anastácio ocorre na base da coluna, com textura arenosa, fina, avermelhado, cimentado por carbonato de cálcio e com estruturas pedogênicas em blocos cúbicos e prismáticos.

As fácies siltito com laminação ondulada (**Slo**) e folhelho com laminação plano-paralela (**Flp**) estão sobrepostas a este geossolo (Figura 13B). A fácies **Flp** apresenta maior espessura no afloramento (até 1 metro), sendo constituída por um folhelho de coloração cinza esverdeado, com laminação plano-paralela milimétrica. Foram coletadas amostras da mistura dessas fácies (amostra A-5) para a caracterização cerâmica.

A fácies **Slo** tem espessura menor (3 a 5 centímetros), sendo composta por um siltito arenoso amarronzado, com laminação ondulada centimétrica e cimentado por carbonato de cálcio. Essa cimentação em conjunto com sua maior granulometria lhe confere uma maior resistência ao intemperismo, o que fica evidenciado no afloramento por formar erosão diferencial.

Sobreposto a essas fácies pelíticas, repousa a fácies arenito com estratificação cruzada acanalada (**Aea**), de granulometria fina e marcas de raízes, seguido da fácies lamito maciço (**Lm**) com fraturamento em blocos subangulares centimétricos.

O topo da coluna é representado pela fácies **Aeam**, a qual está sobreposta a fácies **Lm** em contato abrupto. É caracterizada por um arenito com estratificação cruzada acanalada reliquiar de médio porte (2 a 3 metros), fino, quartzoso, subarredondado e bem selecionado (Figura 13C). Esta fácies apresenta-se no afloramento com grau leve a moderado de pedogênese em sua base e no topo, mas como ainda foi possível observar sua estrutura sedimentar reliquiar, optou-se por designá-la

como fácies. Já a sua porção mediana apresenta grau intenso de pedogênese (Figura 13D), com estruturas em blocos prismáticos (Figura 13F), marcas de raízes em formato de halo de redução esbranquiçado (Figura 13E) e ausência de estruturas sedimentares. Sendo assim, optou-se por designar a sua porção mediana como paleossolo.

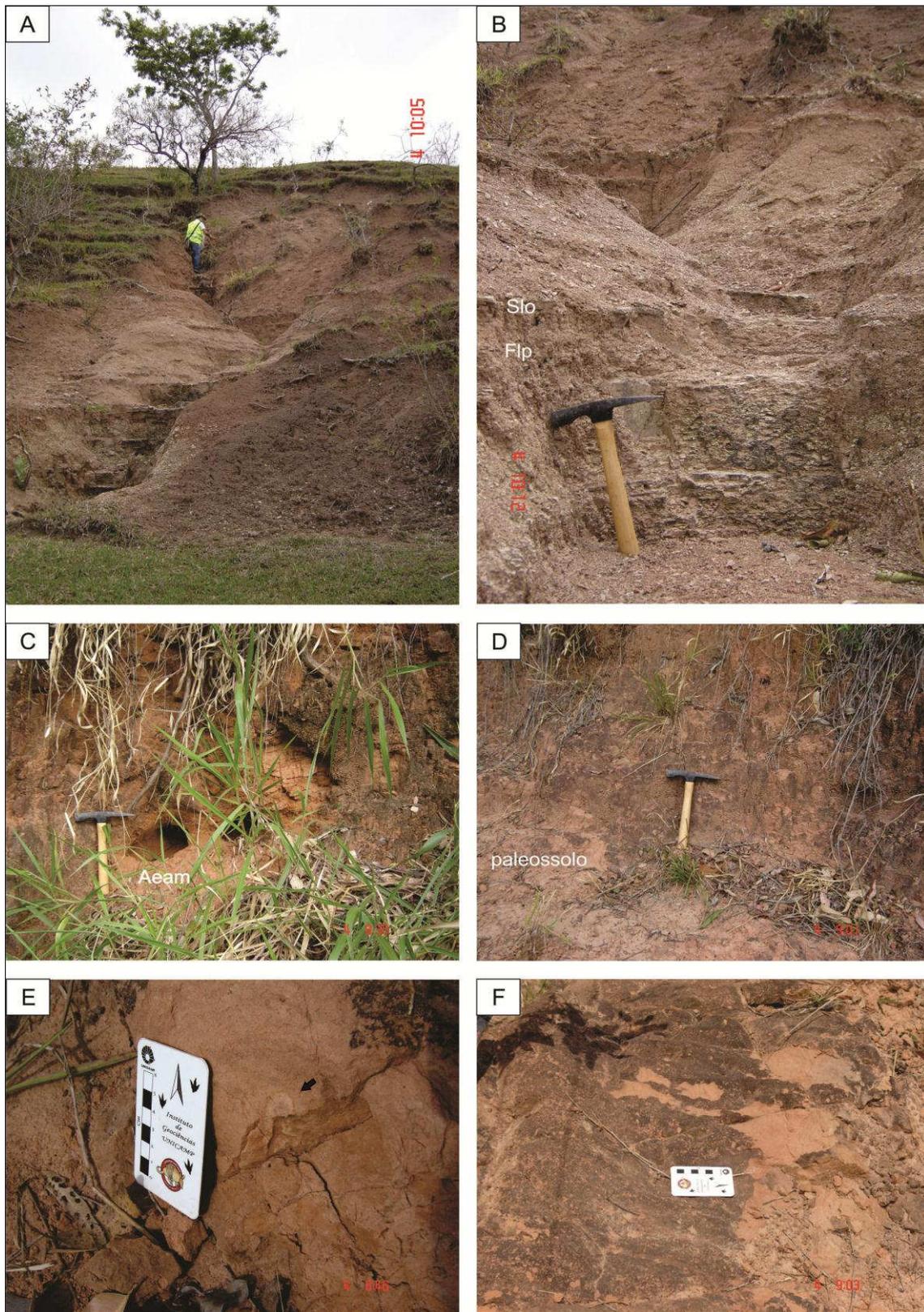


Figura 13. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 5. A) Aspecto geral do afloramento do ponto 6. B) Detalhe da figura anterior, mostrando a intercalação do siltito (Slo) e do folhelho (Flp). Notar erosão diferencial nessas duas fácies. C) Arenito com estratificação cruzada acanalada reliquiar (Aeam). D) Aspecto geral do paleossolo sobreposto a fácies Aeam. E) Halo de redução no paleossolo (seta preta). F) Estruturas pedogenéticas em blocos prismáticos do paleossolo.

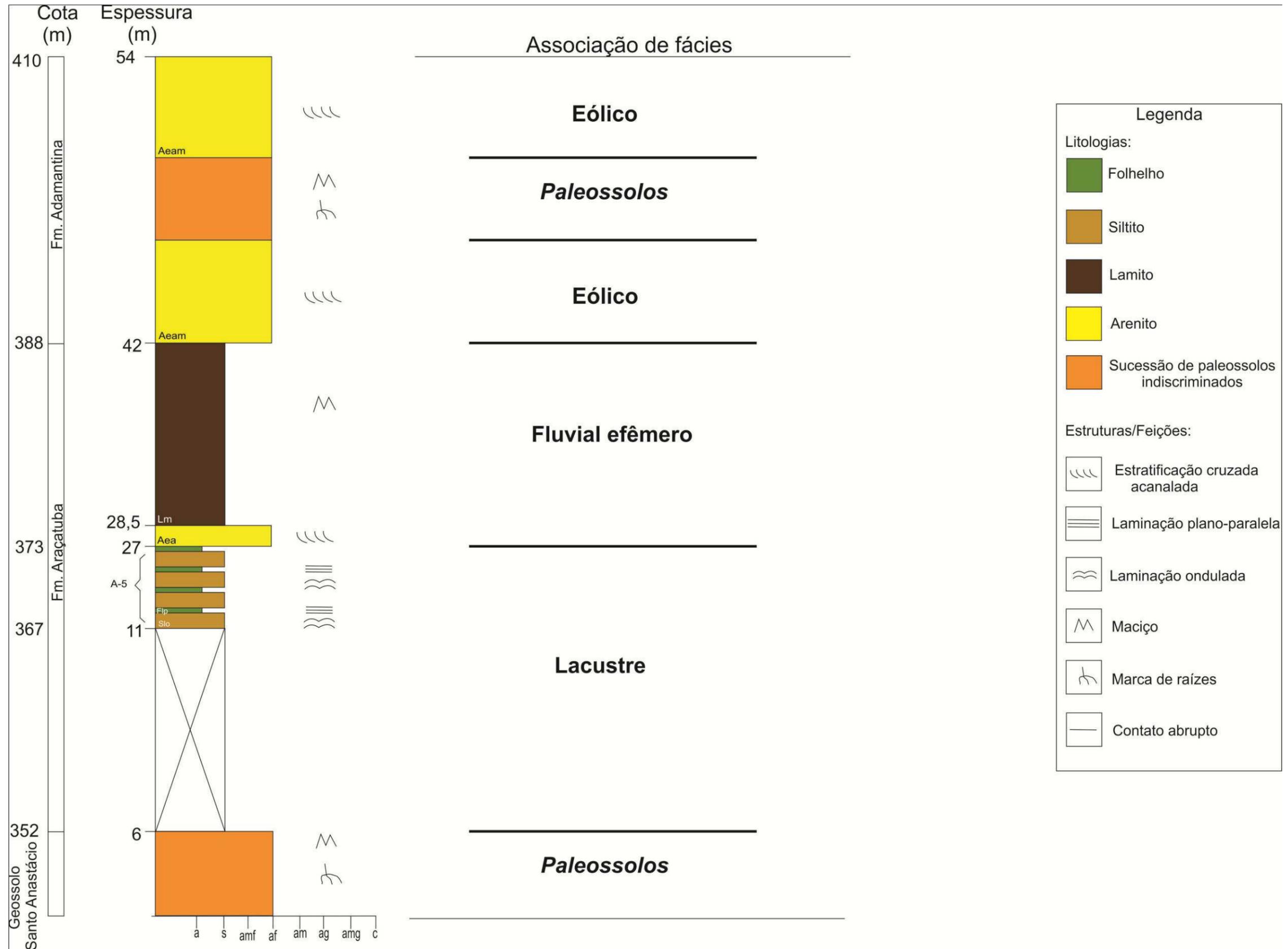


Figura 14. Coluna estratigráfica 5 correspondente aos afloramentos dos pontos 5 e 6. O trecho da coluna com X significa ausência de afloramento.

6.1.6 - Coluna estratigráfica 6

Esta coluna (Figura 16) foi feita a partir dos afloramentos dos pontos 7 e 8, ambos em uma curva na rodovia Júlio Budiski que liga os municípios de Presidente Prudente e Alfredo Marcondes. O afloramento do ponto 7 tem cerca de 6 metros de altura e 10 de extensão, sendo representado na base da coluna pelas fácies lamito maciço (**Lm**) e arenito maciço (**Am**), ambas com extensa continuidade lateral (Figura 15A).

A fácies **Lm** é constituída por um lamito maciço, creme amarronzado, com clastos milimétricos de argila e fraturamento em blocos subangulares (Figura 15B). Há também outro tipo de fraturamento, retilíneo com espaçamento milimétrico, por vezes preenchido por finas placas de carbonato de cálcio.

A fácies **Am** encontra-se sobreposta, em contato abrupto, sendo composta por um arenito maciço, fino a muito fino, fortemente cimentado por carbonato de cálcio (Figura 15C).

A porção superior da coluna é representada pelo afloramento do ponto 8, com cerca de 8 metros de altura e 30 metros de extensão. A principal característica deste afloramento é a presença de diversos co-sets da fácies arenito com estratificação cruzada acanalada de médio porte (**Aeam**), um arenito muito fino a fino, quartzoso, bem selecionado e arredondado (Figura 15D).

É comum também a presença da fácies **Lm** entre esses co-sets, com geometria tabular ou lenticular métrica, sendo constituída por um lamito maciço, amarronzado, com fraturamento em blocos subangulares (Figura 15D,E).

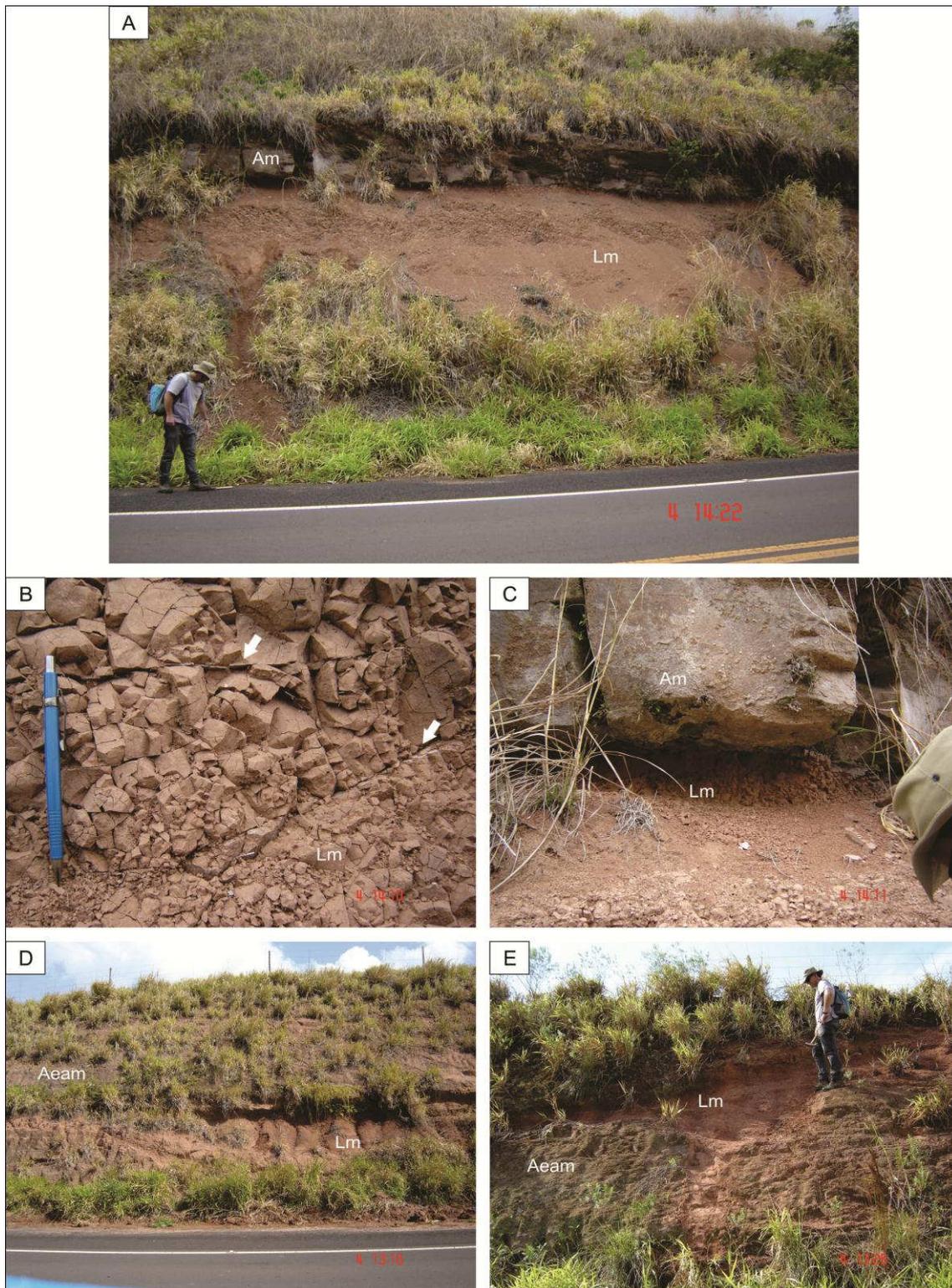


Figura 15. Fotografias de campo com as características litológicas da coluna 6. A) Aspecto geral do afloramento do ponto 7. B) Lamito creme (Lm) com fraturamento em bloco subangulares e fraturas preenchidas por CaCO_3 no formato de placas milimétricas. C) Arenito maciço (Am) cimentado por carbonato de cálcio, em contato abrupto com o lamito (Lm). D) Aspecto geral do afloramento do ponto 8. E) Detalhe do lamito maciço entre co-sets de arenito com estratificação cruzada (Aeam).

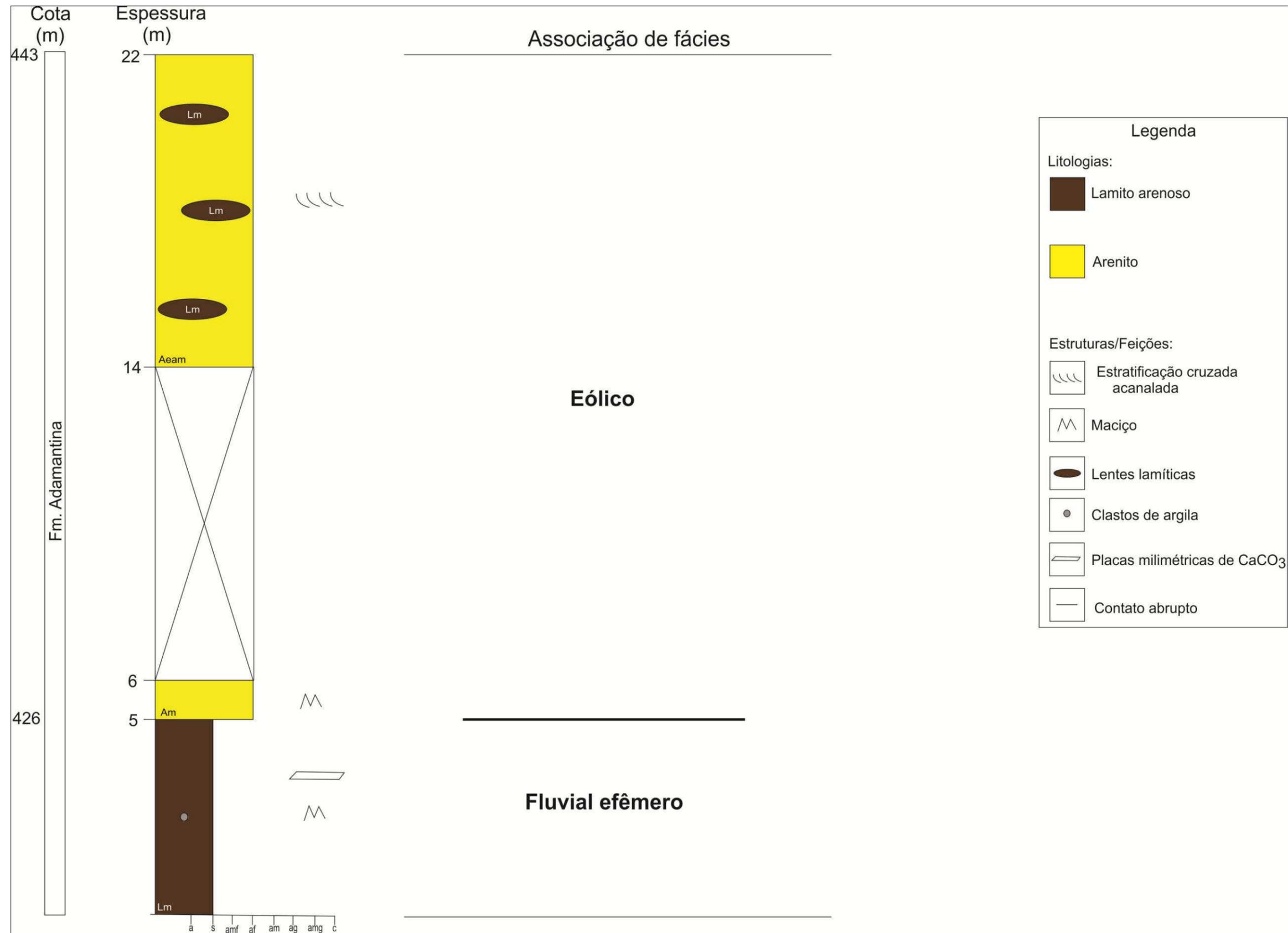


Figura 16. Coluna estratigráfica 6 correspondente ao afloramentos dos pontos 7 e 8 . O trecho da coluna com X significa ausência de afloramento.

6.2 - Caracterização cerâmica da Formação Araçatuba

6.2.1 - Ensaio cerâmico

Duas amostras representativas de conjuntos pelíticos de mais de 5 m de espessura (amostras A-2 e A-5) foram submetidas a ensaio cerâmico completo, cujos resultados obtidos constam no Quadro 7. Os corpos de provas (barras cerâmicas) confeccionados a partir das amostras e suas respectivas cores obtidas na secagem à 110°C e queima à 800, 850, 900 e 950°C encontram-se documentados na Figura 17.

Temp	AA %	PA %	MEA (g/cm ³)	CLS (%)	CLQ (%)	CLT (%)	TRF (kgf/cm ²)	TRF (MPa)	PF (%)	LP (%)	Cor de queima
Amostra A-2											
110°C	-	-	-	5,8	-	-	39	3,8	-	31,9	cinza claro
800°C	15,3	29,0	1,90	-	2,9	9,5	239	23,4	6,4	-	vermelho claro
850°C	13,1	25,6	1,96	-	4,7	11,1	268	26,3	6,6	-	vermelho claro
900°C	7,2	15,4	2,13	-	6,8	13,1	277	27,2	6,9	-	vermelho escuro
950°C	6,9	15,0	2,18	-	7,9	14,0	284	27,8	6,9	-	vermelho escuro
Amostra A-5											
110°C	-	-	-	7,2	-	-	48	4,7	-	31,6	cinza claro
800°C	16,8	31,1	1,85	-	2,9	9,9	258	25,3	6,4	-	Vermelho claro
850°C	13,6	26,3	1,94	-	4,4	10,8	278	27,2	6,6	-	Vermelho claro
900°C	8,8	18,2	2,06	-	5,8	12,4	254	24,9	6,9	-	Vermelho escuro
950°C	8,0	17,0	2,13	-	7,4	13,4	315	30,9	7,0	-	Vermelho escuro

Quadro 7. Propriedades físicas das amostras, obtidos na secagem à 110 °C e queima à 800, 850, 900 e 950°C. Siglas: **Temp** – temperatura de queima, **AA** – absorção de água, **PA** – porosidade aparente, **MEA** – massa específica aparente, **CLS** – contração linear a seco, **CLQ** – contração linear de queima, **CLT** – contração linear total, **TRF** – tensão de ruptura à flexão, **PF** – perda ao fogo, **LP** – limite de plasticidade.

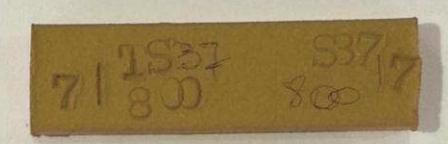
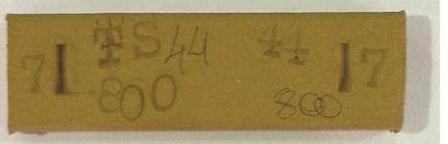
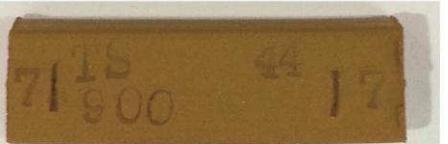
Temp.	Amostra A-2.3	Amostra A-5
110 °C		
800 °C		
850 °C		
900 °C		
950 °C		

Figura 17. Fotografia das barras cerâmicas das amostras com as respectivas cores obtidas em cada temperatura de secagem e queima.

6.2.2 - Análise química

Através da análise semiquantitativa por fluorescência de raio-X foram obtidas as composições químicas das amostras A-2 e A-5 (Quadro 8).

Composição química	Resultados em (%)	
	Amostra A-2	Amostra A-5
Perda ao fogo	12,3	11,8
Anidrido silícico (SiO ₂)	51 - 61	52 - 62
Óxido de cálcio (CaO)	2,7	3,0
Óxido de magnésio (MgO)	4,6	4,5
Óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	4 - 8	4 - 8
Óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	11,8	11,3
Óxido de titânio (TiO ₂)	1,1	1,1
Óxido de rubídio (Rb ₂ O)	0,2	n.d.
Óxido de sódio (Na ₂ O) ^{Nota 1}	1,0	1,0
Óxido de potássio (K ₂ O) ^{Nota 1}	5,2	4,9

Quadro 8. Composição química em porcentagem dos óxidos maiores das amostras A-2 e A-5. Siglas: **n.d** - não detectado, **nota 1** - resultados obtidos por absorção atômica (IPT, 2013c)

6.2.3 - Análise mineralógica

Através da difratometria de raio-X e conseqüente interpretação dos difratogramas (fração total e argila), foram obtidas as composições mineralógicas para as amostras A-2 e A-5 (Quadro 9).

Amostras	Composição mineralógica (%)	
A-2	Argilominerais	Grupo das esmectitas (60 – 65) e das illitas (35-40)
	Minerais	Quartzo, mica, calcita e feldspato
A-5	Argilominerais	Grupo das esmectitas (70 – 75) e das illitas (25-30)
	Minerais	Quartzo, mica, calcita e feldspato

Quadro 9. Composição mineralógica das amostras A-2 e A-5, com a porcentagem aproximada de cada grupo de argilominerais em relação ao total dos argilominerais (IPT, 2013c).

Abaixo seguem os difratogramas interpretados de ambas as amostras para a fração total (Figura 18 – amostra A-2; Figura 19 - amostra A-5) e para fração argila (Figura 20 – amostra A-2; Figura 21 - amostra A-5). Com a finalidade de se identificar os argilominerais sensíveis aos processos de aquecimento e glicolagem, foram realizadas 3 determinações na fração argila: natural, glicolada por 12 horas e aquecida a 490 °C.

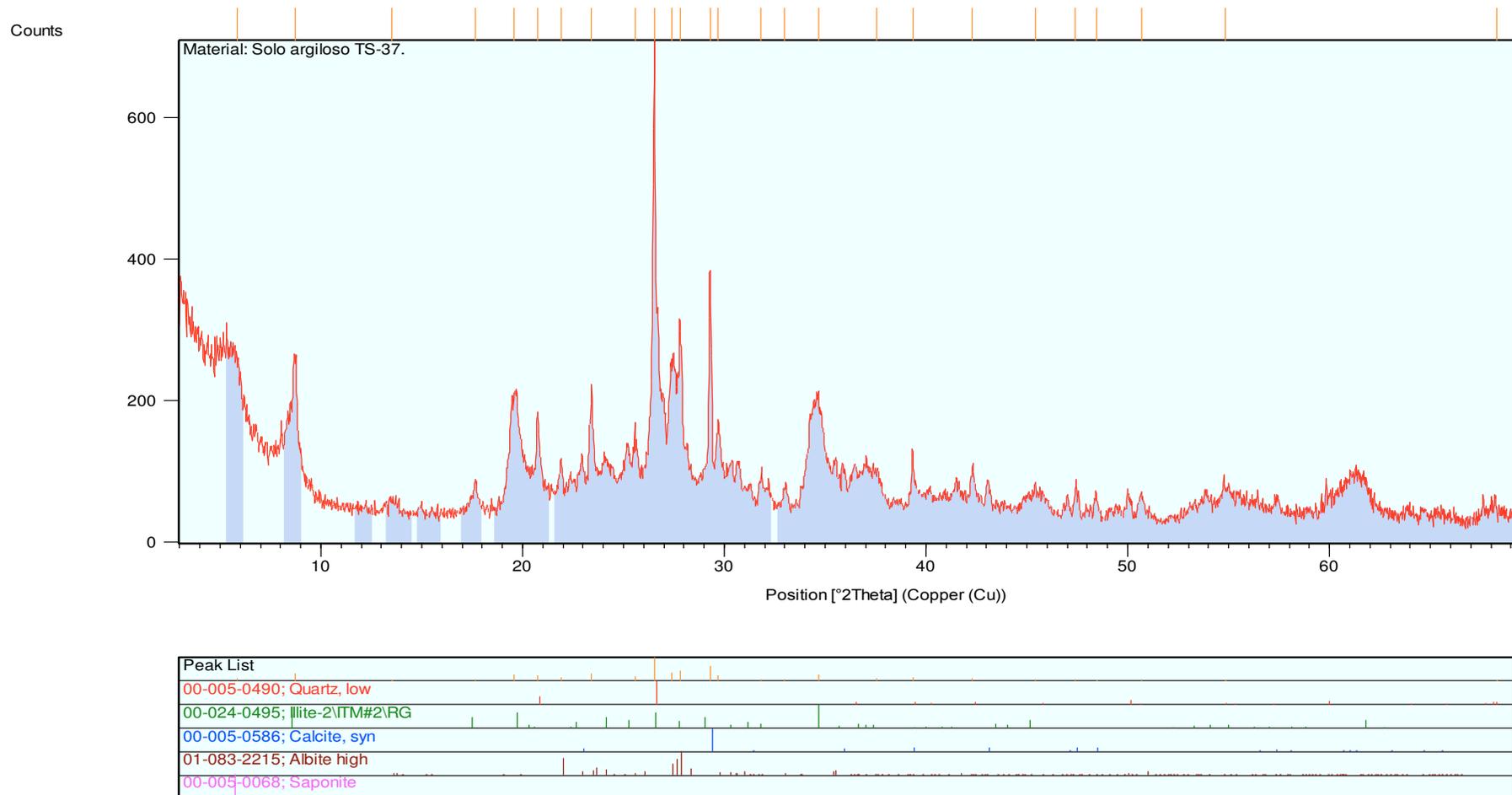


Figura 18. Difratoograma de raios-X da amostra A-2 fração total (IPT, 2013c).

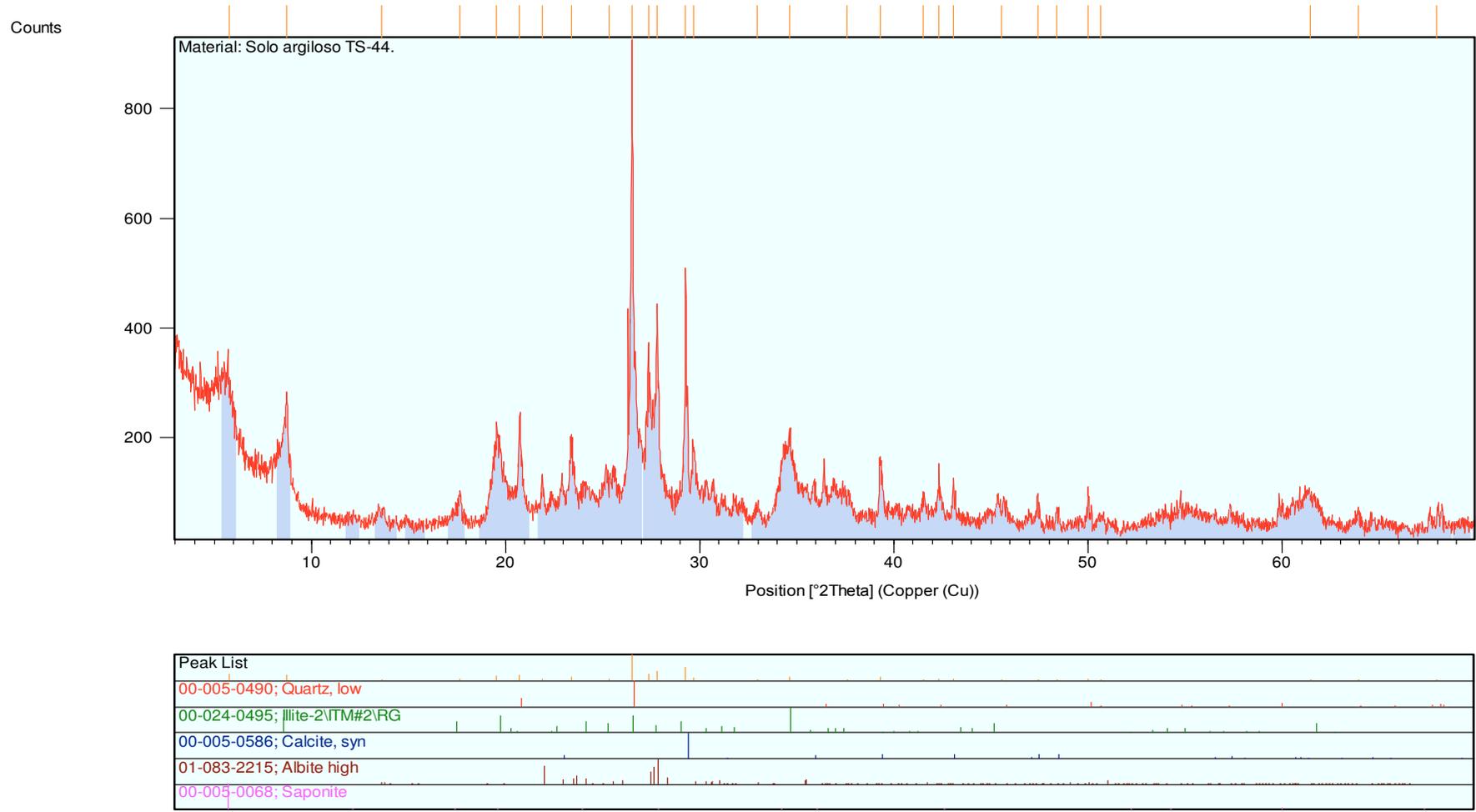


Figura 19. Difratoograma de raios-X da amostra A-5 fração total (IPT, 2013c).

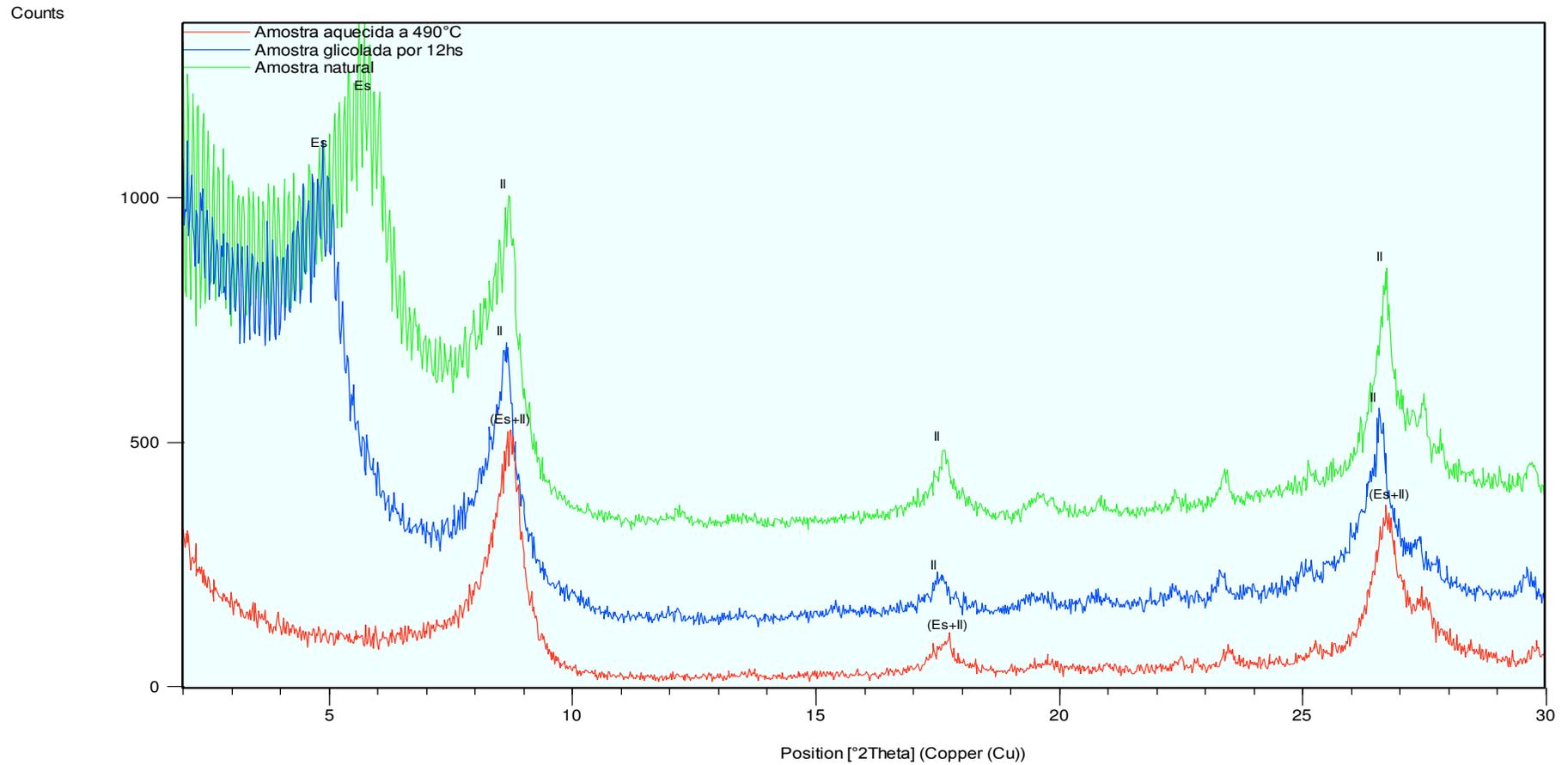


Figura 20. Difratoformas de raios-X da amostra A-2 na fração argila para os tratamentos natural (linha verde), glicolada (linha azul) e aquecida (linha vermelha). Siglas: **Es**-esmectita, **II**- illita (IPT, 2013c).

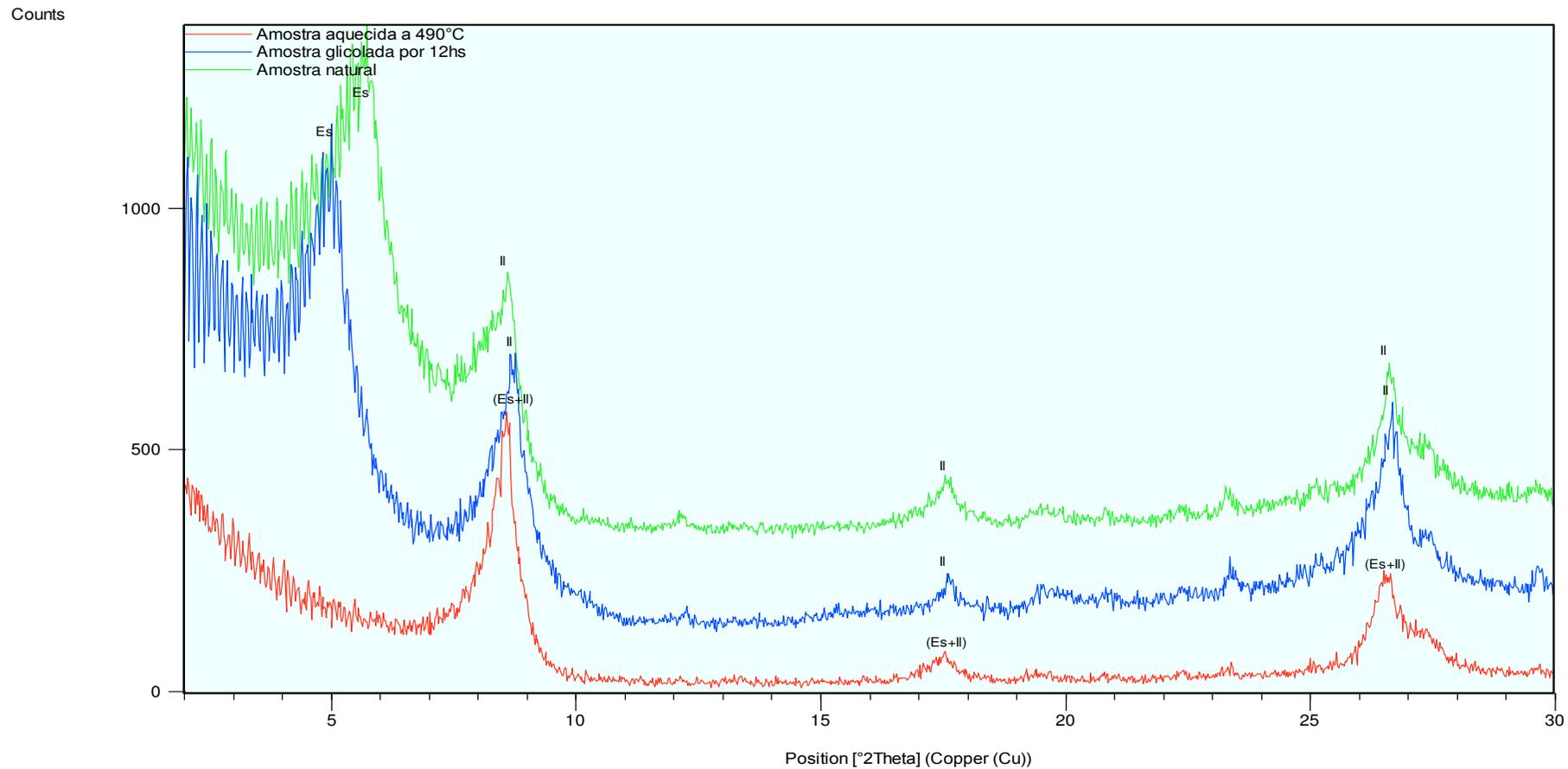


Figura 21. Difratogramas de raios-X da amostra A-5 na fração argila para os tratamentos natural (linha verde), glicolada (linha azul) e aquecida (linha vermelha). Siglas: Es-esmectita, II- illita (IPT, 2013c).

7 - Discussão

7.1 - Associação de fácies e ambientes de sedimentação.

Concluída a análise de fácies e confecção das colunas estratigráficas, procedeu-se com a associação de fácies, agrupando as mesmas para identificar os ambientes deposicionais. O Quadro 10 resume as associações encontradas com as fácies pertencentes, os ambientes deposicionais reconhecidos e litoestratigrafia correspondente. As associações de fácies serão detalhadas nos subcapítulos a seguir.

Associação de fácies	Fácies	Ambiente Depositional		Litoestratigrafia
Lacustre	Ao, Slo, Fm	Proximal	Lacustre	Formação Araçatuba
	Slp, Flp	Distal		Formação Adamantina
Fluvial Efêmero	Cm, Ar, Aea, Ala, Alc, Llo, Llf, Lm,	Fluvial Efêmero		Formação Araçatuba
				Formação Adamantina
Eólico	Aea, Ala, Am, Lm	Deserto (sand sea)		Formação Araçatuba
				Formação Adamantina

Quadro 10. Associações de fácies reconhecidas no Grupo Bauru na região oeste de Presidente Prudente.

7.1.1 - Associação de fácies lacustre

A fácies **Flp** e **Slo** ocorrem associadas tanto no afloramento da Coluna 2 quanto no afloramento da Coluna 5. A granulometria fina de ambas indica condições sedimentológicas de baixa energia, como um corpo de água (lago), onde os sedimentos seriam dispersados em suspensão de baixa densidade (overflow), sendo posteriormente depositados por decantação (Nichols, 2006).

Os sedimentos mais finos (fácies **Flp**) permaneceriam em suspensão por um tempo maior e decantariam nas porções mais distais do lago, onde a lamina d'água seria

maior. Neste caso, a decantação originaria a formação de extensas e finas lamina plano-paralelas.

Os sedimentos um pouco mais grossos (fácies **Slo** e **Ao**) sugerem um ambiente de margem de lago, onde o silte e a areia fina são depositados próximos à desembocadura de um possível rio que adentrava no lago, como sugerido por Batezelli (1998) e Batezelli et al.(2003). A presença de laminação ondulada nestas fácies indica que a lamina d'água neste caso seria rasa o suficiente para permitir a formação de marcas de ondas no leito do lago, originadas pela ação de ventos em sua superfície (Nichols, 2006). No caso do afloramento da Coluna 4, a fácies **Slp** embora constituída de siltito, caracteriza a porção distal do lago ao invés de proximal devido a presença da laminação plano-paralela.

As gretas de contração hexagonais da Coluna 2 sugerem uma redução na altura da lamina d'água, expondo as partes marginais do leito do lago a condições subaéreas. Este fato provavelmente acontecia em períodos de clima mais quente onde o nível do lençol freático seria mais baixo, diminuindo a altura da lamina d'água deste lago. O Quadro 11 resume todas as fácies dessa associação e suas interpretações.

As características dessa associação de fácies lacustre é similar a fácies silto-arenosa de Batezelli (1998), Associação Silto-Arenosa de Batezelli et al.(2003), associação de fácies siltone tabular beds (FM) de Fernandes (1998) e de Fernandes et al.(2003). Para Batezelli (1998) e Batezelli et al.(2003) essas fácies finas também representam depósitos lacustres. Para Fernandes (1998) e Fernandes et al.(2003), a associação de fácies FM representa depósitos de interior de pântano.

Fácies	Descrição	Interpretação
Flp	Folhelho cinza esverdeado, com laminação plano-paralela milimétrica	Depósito de interior de lago
Slp	Siltito creme amarronzado, com laminação plano paralela milimétrica	Depósito de interior de lago
Slo	Siltito amarronzado, arenoso, com laminação ondulada centimétrica	Depósito de margem de lago
Ao	Arenito fino com marcas onduladas e laminação plano-paralela no topo	Depósito de margem de lago

Quadro 11. Resumo das fácies, descrições e suas interpretações para a associação de fácies lacustre.

7.1.2 - Associação de fácies fluvial efêmero

O afloramento representado pela Coluna 4 é o que possui a mais completa associação de fácies que caracteriza um ambiente fluvial efêmero encontrada neste trabalho (**Lm, Cm, Ar, Llo, Llf, Ala**). A fácies **Lm** indica uma deposição por fluxo de lama (enchente) com baixas condições energéticas já que possui a maioria dos grãos da dimensão silte e argila, sem a capacidade de gerar estruturas sedimentares (Colunas 1,2,3,4,5 e 6). A exposição subáerea destes depósitos permitiu o crescimento de vegetais e atividade microbiológica (Colunas 1,2 e 4).

A associação de fácies **Cm, Ar** e **Llo** em co-sets com granodecrescência ascendente (Coluna 4) representa um depósito de fluxo de lama (enchente) com maiores condições energéticas, capaz de transportar grãos de areia misturados com silte e argila (**Cm**), diminuindo de energia até só conseguir transportar lama (**Llo, Llf**). Neste último estágio, os depósitos seriam periodicamente expostos a condições subaéreas, permitindo o desenvolvimento de vegetais (marcas de raízes) e atividade biológica associada (bioturbação).

O fato do arcabouço da fácies **Cm** ser de grãos de argila indica uma grande distancia da área fonte dos sedimentos mais grossos, mostrando que o único material possível de ser retrabalhado e transportado por este fluxo é o próprio substrato argiloso do lago. Esta interpretação também é reforçada pela presença de clastos de argila na fácies **Lm** da coluna 6, sugerindo a erosão e transporte desse substrato argiloso.

As fácies **Ala** e **Aeam**, que ocorrem associadas à fácies **Lm** (Colunas 4 e 5, respectivamente), representam depósitos de fundo de leito do rio, cuja cristas migraram de forma sinuosa perpendicular a direção do fluxo subaquoso. A diferença entre esses dois depósitos é a sua dimensão, sendo controlada pela velocidade do fluxo apenas, já que a granulometria é semelhante para ambos (Collinson & Thompson, 1989): velocidades mais baixas geram formas de leito menores (ripples - fácies **Ala**) enquanto velocidades mais altas geram forma de maior dimensão (dunas - fácies **Aea**). O Quadro 12 resume todas as fácies dessa associação e suas interpretações.

Fácies	Descrição	Interpretação
Lm	Lamito creme, maciço, com bioturbações, marcas de raízes e clastos de argila	Depósito de enchente de baixa energia
Llf	Lamito creme, com laminação flaser	Depósito de enchente de baixa energia
Cm, Ar, Llo	Ciclo granodescrescente ascendente com estratificação cruzada	Depósito de enchente de alta energia
Ala	Arenito fino, com laminação cruzada acanalada e marcas de raízes	Depósito subaquoso de leito de rio (ripples)
Aeam	Arenito fino, com estratificação cruzada acanalada e marcas de raízes	Depósito subaquoso de leito de rio (dunas)

Quadro 12. Resumo das fácies, descrições e suas interpretações para a associação de fácies fluvial efêmero.

7.1.3 - Associação de fácies eólica

A associação de fácies **Ala** e **Aea** (Colunas 2 e 3) representam depósitos de ripples e dunas eólicas respectivamente, como parte integrante de um ambiente desértico de sand sea (Fernandes & Coimbra, 2000; Nichols, 2006). Em alguns afloramentos essas fácies não se encontram associadas, como é o caso das Colunas 4 (fácies **Ala**) e Colunas 5 (fácies **Aea**), no entanto suas elevadas maturidades textural (bem selecionado e arredondado) e composicional (quartzoso) diferenciam esses depósitos eólicos dos subaquosos (Nichols, 2006).

Suas estratificações ou laminações cruzadas acanaladas sugerem que havia um aporte sedimentar na área, permitindo o desenvolvimento das cristas dos ripples e dunas até o momento em que os grãos ficavam instáveis nas cristas e sofriam avalanche em seus lee sides. Esse processo repetidas vezes foi o responsável pela preservação dos vários co-sets da fácies **Aea** da Coluna 6 e da geração dos climbing ripples da fácies **Aea** da Coluna 2.

Dada suas estratificações cruzadas acanaladas, as dunas seriam barcanóides (fácies **Aea**) com uma direção de vento predominante em uma direção (Colunas 3,5 e 6). No entanto esse aporte sedimentar não foi tão elevado, fato que pode ser deduzido por não terem se desenvolvido dunas transversas com cristas retilíneas ao invés das dunas barcanóides (Nichols, 2006).

A fácies **Lm** ocorre associada a fácies **Aeam** na Coluna 6, representando depósitos interdunas. O Quadro 13 resume todas as fácies dessa associação e suas interpretações.

Fácies	Descrição	Interpretação
Lm	Lamito creme, maciço	Depósito interdunas
Ala	Arenito fino, com elevada maturidade (textural e composicional) e laminação cruzada acanalada	Depósitos de ripples eólicos
Aeap, Aeam	Arenito fino, com elevada maturidade (textural e composicional) e estratificação cruzada acanalada	Depósitos de dunas eólicas

Quadro 13. Resumo das fácies, descrições e suas interpretações para a associação de fácies eólica.

7.2 - Sistemas deposicionais

Na coluna 1, o contato abrupto da fácies **Lm** da Formação Araçatuba (Grupo Bauru) com o Geossolo Santo Anastácio (Grupo Caiuá) corrobora com a interpretação de Fulfaro et al.(1999), Batezelli et al. (2003), Batezelli (2003; 2010) de que este geossolo representaria um discordância temporal entre os grupos Caiuá e Bauru. Segundo esses autores, essa discordância indica que os eventos sedimentares que deram origem aos dois grupos foram distintos, formando, portanto duas bacias distintas: Bacia Caiuá e Bacia Bauru. Embora no trabalho de campo este contato abrupto tenha sido observado apenas no ponto 1, serviu para expandir a constatação de Batezelli et al. (2003) e Batezelli (2010) da persistência em área da superfície discordante entre os dois grupos.

Na coluna 2, a lamina d'água do sistema lacustre alternou constantemente de espessura, permitindo a formação de depósitos mais finos (fácies **Flp** e **Slo**) em lamina d'água mais espessa (distal) e também de depósitos mais grossos (fácies **Ao** e **Slo**) em lamina d'água mais rasa (proximal/margem de lago). Posteriormente, este sistema foi colmatado pelo sistema eólico com depósitos ripples (fácies **Ala**) e dunas eólicas (fácies **Aea**). As condições paleoclimáticas se modificaram, com a ocorrência de precipitação originando fluxos lama (enchente) de baixas condições energéticas (fácies **Lm**).

A coluna 3 está localizada no mesmo nível estratigráfico da porção superior das colunas 2 e 4, com alternância de condições paleoclimáticas de maior precipitação com

depósitos de enchente de baixa energia (fácies **Lm**) e condições de maior aridez, com depósitos de dunas eólicas (fácies **Aea**).

Na coluna 4, o sistema lacustre distal (fácies **Fm** e **Slp**) deu lugar a depósitos de enchente de baixa energia (fácies **Lm**) e depósitos de alta energia diminuindo progressivamente para de baixa energia (fácies **Cm**, **Ar**, **Llo**, **Llf**). As condições paleoclimáticas continuaram favorecendo a precipitação, permitindo a formação de depósitos de leito de rio efêmero (fácies **Ala**). Posteriormente o clima voltou a ser mais árido apenas com depósitos de enchente baixa energia (fácies **Lm**) alternando com depósitos de ripples eólicos (fácies **Ala**), em situação semelhante a nível estratigráfico do topo das colunas 2 e 3.

A porção intermediária da coluna 5 apresenta o mesmo nível estratigráfico que a base da coluna 2, um sistema lacustre com alternância da espessura da lâmina d'água. Os depósitos de leito de rio (fácies **Aea**) e de enchente de baixa energia (fácies **Lm**) colmatando o sistema lacustre sugerem que o paleolago Araçatuba era assoreado em determinadas épocas por rios efêmeros quando as condições pluviométricas eram maiores, corroborando com Batezelli (1998) e Batezelli et al.(2003). Posteriormente, as condições paleoclimáticas tornaram-se mais áridas, permitindo o avanço de dunas eólicas (fácies **Aea**). O fato de esses depósitos apresentarem estratificações reliquiares devido a pedogênese sugere que por um determinado intervalo de tempo, a sedimentação foi reduzida, permitindo a atuação de processos pedogenéticos nesses depósitos eólicos. O reaparecimento dessas estruturas sedimentares na porção superior desta coluna indica que a área voltou a receber sedimentos.

Na coluna 6, o sistema fluvial efêmero com depósitos de enchente de baixa energia (fácies **Lm**) deu lugar ao avanço de dunas eólicas barcanóides (fácies **Aeam**) com depósitos interdunas (fácies **Lm**) em um clima mais árido.

7.3 - Usos e especificidades como matéria prima para cerâmica vermelha

Para ambas as amostras (A-2 e A-5), os valores baixos de absorção de água (AA), elevados de tensão de ruptura à flexão (TRF) e cores de queima obtidos são satisfatórios para uso em todos os produtos cerâmico do Quadro 5 de acordo com Souza Santos (1975). Os argilominerais do grupo da illita e os feldspatos presentes nas amostras (Quadro 9) devem ser os responsáveis por conferir baixa AA e elevada resistência mecânica (expressa pela TRF), pois possuem óxido de potássio (Quadro 8) (Cabral et al., 2008). Como consequência, esses materiais tornam-se fundentes, abaixando a temperatura de sinterização (Motta et al., 2004; Cabral et al., 2008). Essa é uma das características marcantes das argilas formacionais (taguás).

Outra propriedade física que merece destaque é a contração linear das amostras. Comparando-os com os valores de massas cerâmicas usadas em indústrias de cerâmica vermelha em Itú e Tambaú (Quadro 14), nota-se que todas possuem valores de CLS semelhantes, mas os valores de CLQ são mais elevados nas amostras estudadas, por vezes até o dobro das massas de Itú e Tambaú.

Temp.	CLS (%)	CLQ (%)	CLS (%)	CLQ (%)
	Itú		Tambaú	
110°C	6,5	-	9,3	-
800°C	-	1,1	-	0,3
850°C	-	1,2	-	1,1
900°C	-	1,9	-	1,8
950°C	-	4,1	-	3,7

Quadro 14. Propriedades físicas de massas cerâmicas usa em Itú e Tambaú em diferentes temperaturas de secagem e queima. Siglas: **CLS** – contração linear a seco, **CLQ** – contração linear de queima (IPT, 2013b)

Esse fato pode ser explicado principalmente pelo elevado conteúdo de argilominerais do grupo das esmectitas (Quadro 9), dada a sua capacidade natural de absorver água. Valores elevados de CLQ são prejudiciais no processo de fabricação, pois podem gerar defeitos, entre estes trincas e fissuras nos produtos. Como não é possível alterar as características intrínsecas das esmectitas, as possíveis formas de amenizar o problema são: misturar esse material com outro que tenha menos esmectita

em sua composição ou que tenha uma quantidade maior de material inerte (quartzo) como é o caso das argilas magras (Cabral et al., 2008).

Por se tratar de camadas de rochas argilosas pouco alteradas por intemperismo (taguá duro), este material deverá passar por um período de sazonalidade para incrementar a sua trabalhabilidade antes de ser empregado como massa cerâmica. Pode-se fazer necessário também o uso de equipamentos para a cominuição, como destorroador e desintegrador e , em casos de rochas mais duras, haverá a necessidade de se acoplar um equipamento de moagem (p.ex. moinho de martelo).

8 - Conclusão

Os afloramentos visitados no Vale do Rio Santo Anastácio permitiram concluir que as seguintes formações da Bacia Bauru afloram na região: Santo Anastácio (Geossolo), Araçatuba e Adamantina. Foi constatado que a extensão em área da Formação Araçatuba é maior do que a aventada pelo mapa da CPRM (baseado no trabalho de Fernandes & Coimbra, 2000), ocorrendo no vale deste rio entre as cotas aproximadas de 360 e 400 metros.

Em particular, o afloramento do ponto 1 mostrou a presença do contato abrupto entre o Geossolo Santo Anastácio e a Formação Araçatuba, expandindo a constatação de Fulfaro et al. (1999), Batezelli et al. (2003) e Batezelli (2010) da persistência em área da superfície discordante entre os Grupos Bauru e Caiuá. Com base nesta informação, o presente trabalho reforça a ideia desses autores da existência de duas bacias distintas (Bauru e Caiuá), cujo intervalo de sedimentação entre elas foi separado por um hiato temporal representado pelo desenvolvimento do Geossolo Santo Anastácio.

Através da confecção das colunas estratigráficas, identificação e descrição das fácies presentes (análise de fácies) e o posterior agrupamento delas em pacotes verticais (associação de fácies) foram identificados 3 ambientes deposicionais na área de estudo: lacustre com depósitos de margem e interior de lago, fluvial efêmero com depósitos de leito de rio e de enchente (alta e baixa energia) e deserto sand sea, com depósitos de ripples e dunas eólicas.

Conforme observado nas colunas estratigráficas 2, 4 e 5, o sistema deposicional lacustre ora recebia sedimentos de rios e enchentes esporádicos em clima menos árido com precipitação, ora era comaltado por dunas e ripples eólicos em clima mais árido. De forma semelhante às colunas 2, 3 e 4 sugerem alternância nas condições climáticas e pluviométricas, ora com condições mais áridas prevalecendo à formação dos depósitos eólicos e, ora mais amenas, originando os depósitos de enchente.

A presença da cimentação carbonática nas fácies **Cm**, **Slo**, **Am** e no geossolo Santo Anastácio reforçam a predominância de um clima árido e semi-árido nos episódios de sedimentação. Nas épocas do ano em que havia precipitação esporádica, a água da chuva formava rios efêmeros e fluxos de lama (enchente), sendo que estes últimos retrabalhavam o substrato argiloso do paleolago Araçatuba como atestado pelos clastos de argila das fácies **Cm** e **Lm** (colunas 4 e 6).

Sob o ponto de vista tecnológico, os ensaios de caracterização cerâmica das rochas pelíticas da Formação Araçatuba mostraram-se satisfatórios para o uso destas como matérias prima para a fabricação de tijolos furados, de alvenaria e telhas. No entanto, deve-se ressaltar que as mesmas podem apresentar problemas de trincas e fissuras na etapa secagem uma vez que seus valores de contração linear são mais elevados que as massas usuais empregadas em cerâmica vermelha.

Como sugestão para trabalhos futuros, destaca-se o estudo da blendagem do material pelítico da Formação Araçatuba com argilas caulínicas magras (mais quartzosas), com vistas à formulação de uma massa com valor menor de contração linear. Visando outra possibilidade de aplicação deste material, este poderá ser estudado no contexto na indústria cerâmica de revestimento. Sugere-se também o estudo dos argilominerais nas fácies pelíticas desta formação, através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), para a compreensão de sua evolução diagenética, trazendo também contribuições a suas condições paleoambientais e climáticas.

9 - Referências Bibliográficas

- Batezelli A. 1998. Redefinição litoestratigráfica da Unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 110 p.
- Batezelli A. 2003. Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacente. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 183 p.
- Batezelli A. 2010. Arcabouço tectono-estratigráfico e evolução das Bacias Caiuá e Bauru no Sudeste brasileiro. *Rev. Bras. Geoc.*,40(2):265-285
- Batezelli A., Saad A. R., Etchebehere M. L. de C., Perinotto J. A. de J., Fulfaro V. J. 2003. Análise estratigráfica aplicada à Formação Araçatuba (Grupo Bauru – K_s) no centro-oeste do estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.*, 22:05-19 (número especial).
- Cabral Junior M., Motta J. F. M., Almeida A. dos S., Tanno L. C. 2008. Argilas para cerâmica vermelha. In: LUZ A. B., LINS F. A. F. (org). *Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações*. (2ª ed.). Rio de Janeiro: CETEM/MCT, p.747-770.
- Coimbra A. M., Brandt Neto M., Coutinho J. M. V.1981. Silicificação dos Arenitos da Formação Bauru no Estado de São Paulo. In: SBG (ed.) *A Formação Bauru no Estado de São Paulo e Regiões Adjacentes*. São Paulo, Coletânea de trabalhos e debates, p. 103-115.
- Collinson J. D. & Thompson D.B. 1989. *Sedimentary Structures*. (2ed). Unwin Hyman, London, 207 pp.
- Etchebehere, M. L. de C., Saad, A. R., Taddeo, J. S., Hellmeister Junior, Z. 1991. Moldes de cristais salinos no Grupo Bauru, Estado de São Paulo: implicações econômicas e paloclimáticas. *Geociências*, 10:101-117
- Fernandes L. A. & Coimbra A. M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 68:195-205.
- Fernandes L. A. & Coimbra A. M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Rev. Bras. Geoc.*,30:723-734.
- Fernandes L. A. 1992. A cobertura cretácea suprabasáltica no Estado do Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os Grupos Bauru e Caiuá. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 171 p.
- Fernandes L. A. 1998. *Estratigrafia e Evolução Geológica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, SP, 216 p.

- Fernandes L. A., Giannini P. C. F., Góes A. M. 2003. Araçatuba Formation: palustrine deposits from the initial sedimentation phase of the Bauru Basin. *An. Acad. Bras. Ciênc.*,75:173-187.
- Fulfaro V. J., Etchebehere M. L. D. C., Perinotto J. A. J., Saad A. R. 1999. Santo Anastácio: Um Geossolo Cretácico na Bacia Caiuá. In: Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, 5 e Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur, 1, Serra Negra, Boletim, p.125-130.
- Fulfaro, V. J. 1974. Tectônica do Alinhamento Estrutural do Paranapanema. *Boletim do IG*, 5:129-138
- Hasui Y. & Haralyi N. L. E. 1991.Aspectos Lito-estruturais e Geofísicos do Soerguimento do Alto Parnaíba. *Revista Geociências*, 10:67-77.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2013a. Prospecção de depósitos de argila para fins cerâmicos na região do município de Indiana. Relatório Técnico nº 133.407-205. São Paulo, 131p.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2013b.Desenvolvimento de tecnologia para o aproveitamento de resíduos da indústria de cerâmica vermelha nos APLs de Itu e Tambaú. Relatório Técnico nº 134.608-205. São Paulo, 90 p.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2013c. Caracterização química e mineralógica de rochas argilosas. Relatório Técnico nº 134.801-205. São Paulo, 6p.
- Miall A. D. 1984. *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. Springer-Verlag New York Inc., 490 p.
- Miall, A.D. 1985. Architectural-Element Analysis: A New Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. *Earth Science Reviews*,22,(4):261-300.
- Motta J. F. M., Zanardo A., Cabral Junior M., Tanno L. C., Cuchierato G. 2004. As matérias-primas plásticas para a cerâmica tradicional: argilas e caulins. *Cerâmica Industrial*, 9:33-46.
- Nichols G. 2006. *Sedimentology & Stratigraphy*. Blackwell Publishing, London, 355 pp.
- Paula e Silva F. 2003. Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 166p.
- Paula e Silva F., Chang H.K., Caetano Chang M. R. 2005. Estratigrafia de subsuperfície do Grupo Bauru (K) no estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.*,35:77-88.
- Riccomini C. 1995. Tectonismo Gerador e Deformador dos Depósitos Sedimentares Pós-Gondwânicos da Porção Centro-Oriental do Estado de São Paulo e Áreas Vizinhas. São Paulo (SP). Tese de Livre-Docência, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 100p.
- Riccomini C. 1997. Arcabouço Estrutural e Aspectos do Tectonismo Gerador e Deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.*,27:153-162.

Santos P. S. 1975. Tecnologia de argilas, aplicada às argilas brasileiras. (vol. 1 e 2). Edgard Blucher e Universidade de São Paulo, São Paulo, 802 pp.

Soares, P. C., Landim, P. M. B., Fúlfaro, V.J., Sobreiro Neto, A.F. 1970. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. Rev. Bras. Geoc.,10: 177- 185