



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Instituto de Geociências

DIEGO SULLIVAN DE JESUS ALVES

GÊNESE DE HORIZONTES B<sub>t</sub> DA FORMAÇÃO MARÍLIA (CRETÁCEO SUPERIOR)

CAMPINAS  
2019

DIEGO SULLIVAN DE JESUS ALVES

GÊNESE DE HORIZONTES Bt DA FORMAÇÃO MARÍLIA (CRETÁCEO SUPERIOR)

TESE APRESENTADA AO INSTITUTO DE  
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR  
EM GEOGRAFIA NA ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E  
DINÂMICA TERRITORIAL

ORIENTADOR: PROF. DR. FRANCISCO SERGIO BERNARDES LADEIRA

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL  
DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO DIEGO SULLIVAN  
DE JESUS ALVES E ORIENTADA PELO PROF. DR.  
FRANCISCO SERGIO BERNARDES LADEIRA

CAMPINAS

2019

**Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s):** CAPES; FAPESP, 2015/17632-5

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5960-7411>

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Geociências  
Marta dos Santos - CRB 8/5892

AL87g Alves, Diego Sullivan de Jesus, 1988-  
Gênese de horizontes Bt da Formação Marília (Cretáceo Superior) / Diego Sullivan de Jesus Alves. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Francisco Sergio Bernardes Ladeira.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Solo - Formação. 2. Paleopedologia. 3. Geologia estratigráfica – Cretáceo. I. Ladeira, Francisco Sergio Bernardes, 1965-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

#### Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Genesis of Bt horizons of Marília Formation (Upper Cretaceous)

**Palavras-chave em inglês:**

Soil - Formation

Paleopedology

Stratigraphic Geology - Cretaceous

**Área de concentração:** Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

**Titulação:** Doutor em Geografia

**Banca examinadora:**

Francisco Sergio Bernardes Ladeira [Orientador]

Alessandro Batezelli

Selma Simões de Castro

Pablo Vidal-Torrado

Fábio Soares de Oliveira

**Data de defesa:** 25-02-2019

**Programa de Pós-Graduação:** Geografia



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**AUTOR:** Diego Sullivan de Jesus Alves

**GÊNESE DE HORIZONTES Bt DA FORMAÇÃO MARÍLIA (CRETÁCEO SUPERIOR)**

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Francisco Sergio Bernardes Ladeira

Aprovado em: 25 / 02 / 2019

**EXAMINADORES:**

Prof. Dr. Francisco Sergio Bernardes Ladeira - Presidente

Prof. Dr. Alessandro Batezelli

Profa. Dra. Selma Simões de Castro

Prof. Dr. Pablo Vidal Torrado

Prof. Dr. Fábio Soares de Oliveira

**A Ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros, encontra-se disponível no  
SIGA - Sistema de Fluxo de Dissertação e na Secretaria de Pós-Graduação do IG.**

Campinas, 25 de fevereiro de 2019.

**A Luzia e Omar, dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha mãe, Luzia Maria de Jesus, e ao meu irmão, Omar Wesley de Jesus Alves, por estarem sempre ao meu lado com muito amor.

Ao prof. Francisco Sergio Bernardes Ladeira pela orientação notável ao longo dos últimos sete anos, pelo respeito e paciência diante dos meus erros, que por sinal não foram poucos, e acima de tudo por sua amizade.

Ao prof. Alessandro Batezelli pelas enormes contribuições desde o mestrado, seja nos trabalhos de campo, nas salas de aula, nas qualificações e defesa, e até mesmo nos corredores do IG.

À profa. Selma Simões de Castro pelas sugestões e correção criteriosa da qualificação, incluindo o envio de muitos trabalhos que foram fundamentais para a conclusão desta tese.

Ao prof. Carlos Roberto dos Anjos Candeiro pelo imenso apoio desde a graduação, mestrado e atualmente no doutorado, com uma ampla revisão da minha qualificação e, especialmente, por sua amizade que resiste aos anos e a distância.

À Diego Luciano do Nascimento (Sapo), que sempre esteve de prontidão para me esclarecer muitas dúvidas.

À Vitor Yoiti Ueno (Rato) e Danilo Carneiro Valente (Falso 10) que sempre estiveram presentes durante todas as dificuldades que tive nos últimos 6 anos, mas também celebrando com muita felicidade as minhas vitórias, o primeiro com diálogo e paciência, e o segundo com cervejas e festas.

Aos amigos da República Potato pelos longos 6 anos de convivência, repletos de bons momentos baseados em reuniões intermináveis, muita cerveja e jogatinas de pebolim.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pelo suporte financeiro através da bolsa de doutorado e para Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – 2015/17632-5) pelo financiamento do projeto “Sedimentação e pedogênese das sequências continentais cretáceas das bacias Bauru, Sanfranciscana, Parecis e Neuquén”, coordenado pelo Prof. Alessandro Batezelli, através do processo nº 308629/2015-9, que permitiu realizar as análises químicas (fluorescência de raios X) e micromorfológicas (preparação das lâminas delgadas).

“Das toupeiras, aprendemos a cavar túneis.

Dos castores, aprendemos a fazer diques.

Dos pássaros, aprendemos a fazer casas.

Das aranhas, aprendemos a tecer.

Do tronco que rodava ladeira abaixo, aprendemos a roda.

Do tronco que flutuava à deriva, aprendemos a nau.

Do vento, aprendemos a vela.

Quem nos terá ensinado as manhãs ruins? De quem aprendemos a atormentar o próximo e a humilhar o mundo?”

(Eduardo Galeano – Bocas do tempo)

## RESUMO

Os paleossolos com horizontes Bt que evoluíram sob condições paleoclimáticas áridas e semiáridas são geralmente poligenéticos, ou seja, formados mediante a sobreposição e/ou sucessão de processos pedogenéticos distintos. A maior parte dos autores que estudaram esses horizontes na Formação Marília atribuíram sua origem a períodos de maior umidade disponível no ambiente, embora em solos atuais de regiões áridas/semiáridas é evidente que o posicionamento na vertente e os atributos morfológicos possuem enorme influência na formação dos horizontes Bt. O objetivo deste trabalho é identificar os processos pedogenéticos que influenciaram na origem e desenvolvimento dos horizontes Bt na Formação Marília. Para esta proposta foram selecionados perfis de paleossolos da Formação Marília nos setores sudeste (estado de São Paulo), noroeste (estado de Goiás) e nordeste (estado de Minas Gerais) da Bacia Bauru. A metodologia empregada baseou-se em análises macromorfológicas realizadas em trabalho de campo e em coletar amostras deformadas (sem orientação) e indeformadas (orientadas) para análises químicas e micromorfológicas, respectivamente. As análises dos paleossolos permitiram verificar a formação de horizontes Bt submetidos a diferentes processos pedogenéticos, que podem tanto ter sido desencadeados simultaneamente, quanto como resultado de períodos distintos na evolução dos solos. Identificaram-se os processos pedogenéticos de iluviação, calcificação e gleização (redoximorfismo), no entanto não houve a interação entre estes processos em todos os perfis de paleossolos estudados. A ocorrência de processos poligenéticos (ou não) na formação dos horizontes Bt da Formação Marília foi definida da seguinte forma: (1) predomínio da iluviação de argila (Monte Alto, SP, perfil 1) baseado nos revestimentos de argila microlaminados e espessos, com orientação forte e contínua; (2) simultaneidade entre iluviação e calcificação (Echaporã, SP) devido às feições argílicas estarem preservadas em horizontes cimentados por carbonato de cálcio; (3) sucessão entre iluviação e gleização (Herculândia, SP) pelo fato da coexistência entre revestimentos de argila, mosqueados vermelhos, halos de oxidação, nódulos oxidicos e zonas de perda de Fe; (4) sucessão entre iluviação e calcificação (perfil 2 e 3 em Monte Alto, Botucatu e Garça, SP; Itajá e Quirinópolis, GO; e Campina Verde, MG) em função das feições argílicas estarem encobertas e/ou fraturadas pelo avanço da cimentação carbonática, os revestimentos de calcita associados as unidades estruturais, a cimentação intergranular incipiente, as bioturbações cimentadas por carbonato de cálcio e os padrões de distribuição *c/f* quito-gefúrica e enaúlica em transição com padrões porfíricos.

**Palavras-chave:** Horizontes Bt; Formação Marília; poligenéticos.

## ABSTRACT

The paleosols with Bt horizons that evolved under arid and semi-arid paleoclimatic conditions are generally polygenetic, which means that is formed by overlapping and/or succession of distinct pedogenetic processes. Most of the authors that studied these horizons in the Marília Formation attributed their origin to periods of higher humidity available in the environment, although in modern soils of arid/semi-arid regions it is evident that the positioning in the slope and the morphological attributes have enormous influence on the formation of Bt horizons. The objective of this work is to identify the pedogenetic processes that influenced the origin and development of Bt horizons in the Marília Formation. For this proposal, paleosols profiles of Marília Formation occurring on the southeast edges (São Paulo state), northwest (Goiás state) and northeast (Minas Gerais state) of Bauru Basin. The methodology used was based on macromorphological analyzes carried out in field work and in collecting deformed samples (non-oriented) and undisturbed (oriented) for chemical and micromorphological analyzes, respectively. The paleosols analysis allowed to verify the formation of Bt horizons submitted to different pedogenetic processes in Bt horizons formation, which may both have been unleashed simultaneously and as a result of distinct periods in soil evolution. Pedogenic processes of illuviation, calcification and gleization (redoximorphism) were identified, however there was no interaction between these processes in all profiles studied. The polygenetic processes occurrence (or not) in Bt horizons formation of Marília Formation was defined as follows: (1) predominance of clay illuviation (Monte Alto, SP, profile 1) based on microlaminated and thick clay coatings, with strong and continuous orientation; (2) simultaneity between illuvial and carbonation (Echaporã, SP) due to argillic features are preserved in horizons cemented by calcium carbonate; (3) succession between illuviation and gleization (Herculândia, SP) due to the coexistence between clay coatings, red mottles, oxidation halos and Fe loss zones; (4) succession between illuviation and carbonation (Monte Alto, profile 2 and 3, Botucatu, Garça, SP; Itajá, Quirinópolis, GO; and Campina Verde, MG) due to argillic features being covered and/or fractured by the advancement of cementation carbonate, calcite coatings associated with structural units, incipient intergranular cementation, calcium carbonate cemented bioturbations, and quito-gefuric and enaulic c/f distribution patterns in transition with porphyric patterns.

**Keywords:** Bt horizons; Marília Formation; polygenetic.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1. Mapa de localização das áreas de estudo. ....	24
Figura 6.2: Mapa de localização da Bacia Bauru. ....	32
Figura 6.3: Coluna cronoestratigráfica da Bacia Bauru. ....	33
Figura 8.4: Área de estudo no setor nordeste da Bacia Bauru.....	58
Figura 8.5: Perfil de paleossolo em Campina Verde (MG). ....	60
Figura 8.6: Estruturas prismáticas (setas vermelhas) e nódulos carbonáticos irregulares e/ou esféricos (setas amarelas). ....	61
Figura 8.7: Áreas de estudo no setor noroeste da Bacia Bauru. ....	62
Figura 8.8: Perfil de paleossolo em Itajá (GO). ....	64
Figura 8.9: A) Horizontes 2Bt. Estruturas prismáticas muito grandes (setas amarelas); B) Horizonte 2Bt. Cavidade preenchida por calcita esparítica. ....	65
Figura 8.10: Perfil de paleossolo 5 em Quirinópolis (GO). ....	66
Figura 8.11: Estruturas em blocos (setas amarelas) e prismáticas (setas brancas). ....	67
Figura 8.12: Perfil de paleossolo 11 em Quirinópolis (GO). ....	68
Figura 8.13: Horizonte Bss1. A) Parte mais interna do horizonte, mostrando espaço ocupado por estrutura em blocos e evidências de redução associadas (setas amarelas); B) Estrutura em blocos grande. ....	69
Figura 8.14: Áreas de estudo no setor sudeste da Bacia Bauru. ....	71
Figura 8.15: Perfil de paleossolo em Botucatu (SP). ....	73
Figura 8.16: Horizonte Bt. A) Nível de clastos de argila; B) Detalhe do clasto de argila. ....	74
Figura 8.17: Perfil de paleossolo em Echaporã (SP). ....	75
Figura 8.18: Horizonte Bt1 e Bt2. Estruturas prismáticas (setas amarelas) e blocos (setas vermelhas). ....	76
Figura 8.19: Perfil de paleossolo em Garça (SP). ....	78
Figura 8.20: Perfil de paleossolo em Herculândia (SP). ....	80
Figura 8.21: A) Horizonte 1Btg. Detalhe para as estruturas em blocos (seta amarela); B) Transição entre horizontes 1Btg e 2Btg. Atividade biológica com halos de oxidação associados (seta amarela). ....	81
Figura 8.22: Perfil de paleossolo 1 em Monte Alto (SP). ....	83
Figura 8.23: Horizonte Bt. A) Estrutura prismática grande (parte externa); B) Parte mais interna do horizonte, mostrando espaço ocupado por estrutura prismática muito grande com revestimento de películas de argila. ....	84

Figura 8.24: Perfil de paleossolo 2 em Monte Alto (SP). .....	85
Figura 8.25: A) Horizonte 2Bt. Estrutura prismática muito grande (parte superficial); B) Horizonte C. Clastos de argila estão circundados e/ou conectados por veios de calcita.....	86
Figura 8.26: Perfil de paleossolo 3 em Monte Alto (SP). .....	87
Figura 8.27: A) Horizonte Btk. Estrutura prismática muito grande; B) Horizonte Bt. Detalhe para disposição (externa e interna) das estruturas em blocos no horizonte (destaque vermelho). .....	87
Figura 8.28: Perfil de paleossolo em Piratininga (SP). .....	89
Figura 8.29: Horizonte Bss1. A) Superfície com cerosidade na forma de película (setas amarelas); B) Película de cerosidade (seta amarelas); C) Horizonte Bss2. Concentração de áreas com marcas de oxirredução (setas amarelas). .....	90
Figura 8.30: A e C) Horizontes Btk e 2Btk, respectivamente. Concentrações de argilominerais deteriorada devido o avanço da cimentação carbonática (PPL - 4x objetiva); B e D) lâminas A e C em XPL; E) Horizonte 2Btk. Preenchimento denso completo constituído por frações grossas, acumulações não agregadas de argilominerais e cimento carbonático (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte 3Bt. Fábrica birrefringente granoestriada e padrões <i>cff</i> quito-gefúrica (setas amarelas) (PPL - 10x objetiva); H) lâmina anterior em XPL. ....	94
Figura 8.31: A) Horizonte 3Btk. Fábrica birrefringente cristalítica, com porosidade do tipo planar atravessando na direção vertical a lâmina (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 3Ck. Micromassa formada por cimento de calcita esparítica e fábrica birrefringente granoestriada (setas amarelas) (PPL - 20x objetiva); D) lâmina anterior em XPL. ....	96
Figura 8.32: A) Horizonte Bt1. Agregados de argilominerais fraturados, em transição com padrões <i>cff</i> porfírica aberta (destaque em amarelo), posicionada na parte esquerda da lâmina (PPL - 10x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C e E) Horizontes Bt2 e Bt3, respectivamente. Domínios de argilominerais e óxidos (seta amarela) com revestimentos aos grãos associados, conferindo padrões <i>cff</i> enaúlica (PPL - 10x e 20x objetiva, respectivamente); D e F) lâminas C e E em XPL; G) Horizonte 2Bt. Nódulo composto de óxidos de Fe (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); H) lâmina anterior em XPL. ....	98
Figura 8.33: A) Horizonte Bt1. Preenchimento solto contínuo composto por quartzos e nódulos oxídicos (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Bt2. Preenchimento denso completo preenchido por cimento de calcita, nódulos	

oxídicos e raros grãos de quartzo (destaque em amarelo) (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL. ....	100
Figura 8.34: A) Horizonte 5Bt1. Padrões <i>c/f</i> enaúlica e quitônica justapostas, caracterizadas por domínios de material fino, fragmentos de quartzo, nódulos oxídicos e revestimentos vinculados a grãos e poros (PPL - 20x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 5Bt2. Padrões <i>c/f</i> quito-gefúrica (seta azul) e enaúlica (seta amarela) justaposta. Poro planar atravessa toda extensão da lâmina (destaque em amarelo) (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte 5C. Transição entre padrões <i>c/f</i> quito-gefúrica (seta azul) e enaúlica (seta amarela) com porfírica aberta (PPL - 10x objetiva); F) lâmina anterior em XPL. ....	102
Figura 8.35: A) Horizonte 5Bt1. Preenchimento cimentado por calcita esparítica (destaque amarelo) (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 5C. Nódulos oxídicos disórtico, circundado por micromassa carbonática, argilominerais e fragmentos de quartzo (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL. ....	103
Figura 8.36: A) Horizonte Bt. Intraclastos carbonático com franja de calcita (seta amarela). Padrões <i>c/f</i> porfírica aberta (PPL - 10x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 2Btk. Clasto de argila fraturado pela porosidade (PPL - 4x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte 2Bt/C. Feições de excrementos agrupadas, na forma de glóbulos e cilindros curtos, separadas por poros em câmaras que se conectam e com material argiloso associado (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL. ....	105
Figura 8.37: A) Horizonte Bt1. Hiporevestimento de argilominerais e óxidos conectando os grãos de quartzo (destaque em amarelo) (PPL - 10x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Bt1. Poros planares comunicantes (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte Bt2. Fábrica birrefringente granoestriada (PPL - 10x objetiva); F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte C. Acumulação pouco agregada de argilominerais (PPL - 20x objetiva); H) lâmina anterior em XPL. ....	106
Figura 8.38: A) Horizonte Bt. Microestruturas em formato de blocos subangulares, com poros interagregados planares (do tipo oblíquos) associados e compostas por quartzos e argilominerais. (PPL - 4x objetiva). B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Btk. Concentrações de argilominerais fraturada pela cimentação carbonática (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte Ck. Fábrica birrefringente cristalítica compostas por cimento de calcita (parte superior esquerda) e argilominerais com óxidos (parte central e inferior direita) (PPL - 10x objetiva); F) lâmina anterior em XPL. ....	109

Figura 8.39: A) Horizonte 1Btg. Micromassa composta por argilominerais (PPL - 20x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 2Btg. Nódulo com fábrica interna indeferenciada (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte 2Cg. Fábrica birrefringente granoestriada (PPL - 10x objetiva); F) lâmina anterior em XPL. ....	111
Figura 8.40: Horizonte Bt. A) Seção transversal de canal com revestimento de argila espesso com fissuração pós-deposicional (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Fábrica birrefringente granoestriada e poroestriada (PPL - 4x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Preenchimentos compostos por quartzos e raros microagregados de argilominerais e óxidos indicados pela seta azul (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL. ....	113
Figura 8.41: A) Horizonte Bk. Preenchimentos compostos por quartzos e cimentados por material carbonático com argilominerais (com maior agregação na parte central) e óxidos de ferro. O preenchimento apresenta fissuração preenchidas pelo material da micromassa (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 2Bt. Preenchimento cimentado por carbonato de cálcio. As feições se conectam em algumas partes da lâmina (PPL - 4x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte C. Preenchimento de canal por argilominerais (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte 2Bt. quasirevestimentos de argila de grãos externos (setas amarelas). (PPL - 20x objetiva); H) lâmina anterior em XPL. ....	115
Figura 8.42: A) Horizonte Btk. Fábrica birrefringente granoestriada com revestimentos de argila (setas azuis) e pontuações de argilominerais com óxidos de ferro associadas (setas amarelas) (PPL - 20x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Bt. Padrões <i>c/f</i> enáulica com dominios de argila imersos na micromassa (setas amarelas) (PPL - 20x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte Bt/C. Nódulo de ferro típico (PPL - 10x objetiva) F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte Bt/C. Preenchimento constituído por cimento de calcita esparítica (PPL - 10x objetiva); H) lâmina anterior em XPL.....	117
Figura 8.43: Figura 43: A) Horizonte Bss1. Micromassa constituída por argilominerais e quartzo, fraturada por preenchimento (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Bss1. Fábrica birrefringente estriada, do tipo paralela. O alinhamento preferencial da separação do material fino é interpretado como <i>slickensides</i> (setas amarelas) (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte Bss2. Preenchimento solto descontínuo de composto por agregados de material fino (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte C. Preenchimento solto descontínuo constituído por argilominerais (destaque em amarelo) (PPL - 10x objetiva); H) lâmina anterior em XPL....	120
Figura 8.44: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Campina Verde.....	128
Figura 8.45: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Itajá (GO).....	129

Figura 8.46: Relações molares de hidrólise e oxidação dos perfis 5 e 11 de Quirinópolis (GO). .....	130
Figura 8.47: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Botucatu (SP).....	132
Figura 8.48: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Echaporã (SP).....	133
Figura 8.49: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Garça (SP). ....	134
Figura 8.50: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Herculândia (SP). ....	135
Figura 8.51: Relações molares dos perfis 1, 2 e 3 de Monte Alto (SP).....	136
Figura 8.52: Relações molares do perfil de Piratininga (SP). ....	137

## LISTA DE TABELAS

Tabela 8.1: Elementos maiores e menores dos perfis de paleossolos em Campina Verde (MG), Quirinópolis (GO), Itajá (GO), Botucatu (SP), Echaporã (SP), Garça (SP), Herculândia (SP), Monte Alto (SP) e Piratininga (SP). .....	126
---	-----

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	20
2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA .....	23
3. LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....	24
4. METODOLOGIA .....	25
4.1 Levantamento bibliográfico .....	25
4.2 Fase pré-campo .....	25
4.3 Trabalhos de campo .....	25
4.4 Análises laboratoriais.....	26
4.4.1 Micromorfologia dos paleossolos.....	27
4.4.2 Fluorescência de raios X.....	27
5. BASES CONCEITUAIS.....	29
5.1 Horizontes genéticos e diagnósticos .....	29
5.2 Horizonte B textural.....	29
5.3 Lamelas.....	31
6. CONTEXTO GEOLÓGICO .....	32
6.1 Bacia Bauru.....	32
6.2 Formação Marília.....	34
6.2.1 Características litológicas .....	34
6.2.2 Ambiente deposicional .....	35
6.2.2.1 Setor nordeste da Bacia Bauru .....	35
6.2.2.1.1 Membro Serra da Galga .....	35
6.2.2.1.2 Membro Ponte Alta .....	37
6.2.2.1.3 Membro Echaporã .....	37
6.2.2.2 Setor noroeste da Bacia Bauru .....	38
6.2.2.3 Setor sudeste da Bacia Bauru .....	39
6.2.3 Síntese do contexto geológico .....	41
7. SOLOS E PALEOSSOLOS EM CLIMAS ÁRIDOS E SEMIÁRIDOS .....	43

7.1	Solos atuais com horizontes Bt/argílicos .....	43
7.1.1	Formação e desenvolvimento dos horizontes Bt/argílicos .....	43
7.1.1.1	Iluviação de argila .....	43
7.1.1.2	Alteração <i>in situ</i> da argila.....	45
7.1.1.3	Elutriação .....	46
7.1.1.4	Transporte eólico de argila.....	47
7.1.1.5	Herança de argila do material de origem .....	47
7.1.2	Rompimento, deformação ou ausência de feições de argilas .....	48
7.1.2.1	Bioturbações.....	48
7.1.2.2	Carbonato de cálcio .....	48
7.1.2.3	Contração e expansão das argilas.....	50
7.2	Paleossolos com horizontes Bt/argílicos.....	51
7.2.1	Formação e desenvolvimento dos paleossolos com horizontes Bt/argílicos .....	51
7.2.2	O paleoclima da Formação Marília baseado em análises paleopedológicas .....	53
7.3	Síntese – Solos e paleossolos de climas áridos e semiáridos.....	54
8.	RESULTADOS.....	57
8.1	Caracterização macromorfológica dos paleossolos .....	57
8.1.1	Setor nordeste da Bacia Bauru.....	57
8.1.1.1	Campina Verde (MG).....	59
8.1.2	Setor noroeste da Bacia Bauru.....	61
8.1.2.1	Itajá (GO) .....	63
8.1.2.2	Quirinópolis (GO) .....	65
8.1.3	Setor sudeste da Bacia Bauru .....	70
8.1.3.1	Botucatu (SP) .....	72
8.1.3.2	Echaporã (SP).....	74
8.1.3.3	Garça (SP) .....	76
8.1.3.4	Herculândia (SP) .....	79

8.1.3.5	Monte Alto (SP) .....	82
8.1.3.6	Piratininga (SP) .....	88
8.2	Discussão – Caracterização macromorfológica dos paleossolos .....	90
8.3	Caracterização micromorfológica dos paleossolos .....	93
8.3.1	Setor nordeste da Bacia Bauru.....	93
8.3.1.1	Campina Verde (MG).....	93
8.3.2	Setor noroeste da Bacia Bauru.....	96
8.3.2.1	Itajá (GO) .....	96
8.3.2.2	Quirinópolis (GO) .....	100
8.3.3	Setor sudeste da Bacia Bauru .....	103
8.3.3.1	Botucatu (SP) .....	103
8.3.3.2	Echaporã (SP).....	106
8.3.3.3	Garça (SP) .....	108
8.3.3.4	Herculândia (SP) .....	110
8.3.3.5	Monte Alto (SP) .....	112
8.3.3.6	Piratininga (SP) .....	119
8.4	Discussão – Caracterização micromorfológica dos paleossolos.....	122
8.5	Química dos paleossolos.....	125
8.5.1	Setor nordeste da Bacia Bauru.....	125
8.5.1.1	Campina Verde (MG).....	125
8.5.2	Setor noroeste da Bacia Bauru.....	128
8.5.2.1	Itajá (GO) .....	128
8.5.2.2	Quirinópolis (GO) .....	129
8.5.3	Setor sudeste da Bacia Bauru .....	131
8.5.3.1	Botucatu (SP) .....	131
8.5.3.2	Echaporã (SP).....	132
8.5.3.3	Garça (SP) .....	133

8.5.3.4	Herculândia (SP) .....	134
8.5.3.5	Monte Alto (SP) .....	135
8.5.3.6	Piratininga (SP) .....	136
8.6	Discussão: Química dos paleossolos .....	137
9.	PROCESSOS PEDOGENÉTICOS NA FORMAÇÃO MARÍLIA (GRUPO BAURU)	139
10.	CONCLUSÕES .....	145
11.	REFERÊNCIAS .....	148
	APÊNDICE A .....	165
	APÊNDICE B .....	187
	APÊNDICE C .....	196
	APÊNDICE D .....	220

## 1. INTRODUÇÃO

Os horizontes Bt são comuns em solos e paleossolos sob climas áridos e semiáridos de vários países, tais como Brasil (MOTA; OLIVEIRA; GENHARD, 2002; CORRÊA et al., 2003; ARAÚJO; SCHAEFER; SAMPAIO, 2004; OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009; PARAHYBA; SANTOS; NETO, 2009; BÉTARD et al., 2009; CORTEZ et al., 2011), Estados Unidos da América (GILE; GROSSMAN, 1968; NETTLETON; FLACH; BRASHER, 1969; MCFADDEN; WELLS; DOHRENWEND, 1986; REHEIS et al., 1992; EGHBAL; SOUTHARD, 1993a; GUNAL; RANSOM, 2006a; ELLIOT; DROHAN, 2009), México (GRAHAM; FRANCO-VIZCAÍNO, 1992; DUCLOUX et al., 1995), Irã (KHORMALI et al., 2003; KHADEMI; MERMUT, 2003; KHORMALI; ABTAHI; STOOPS, 2006; EMADI et al., 2008; FARPOOR et al., 2012), Israel (DAN, 1990), Jordânia (KHRESAT; QUDAH, 2006), Turquia (OZAYTEKIN; MUTLU; DEDEOGLU, 2012), Iraque (MUHAIMED; AZIZ; AMIN, 2013) e Índia (BRONGER; BRUHN, 1990; PAL; SRIVASTAVA; BHATTACHARYYA, 2003).

Muito se tem discutido a respeito da gênese e desenvolvimento dos solos com horizontes Bt em climas áridos/semiáridos, que tem sido correlacionada aos processos de iluviação (NETTLETON; PRICE; BOWMAN, 1990; GUNAL; RANSOM, 2006b; ELLIOT; DROHAN, 2009), formação *in situ* de argila (SMITH; BUOL, 1968; NETTLETON et al., 1975; SOUTHARD; SOUTHARD, 1985; DUCLOUX et al., 1995; PARAHYBA; SANTOS; NETO, 2009), elutriação (MOTA; OLIVEIRA; GENHARD, 2002; OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009; CÂMARA, 2016), transporte eólico (GILE, 1975, 1977; HOLLIDAY, 1990; WELLS; MCFADDEN; SCHULTZ, 1990; NETTLETON; PRICE; BOWMAN, 1990; DAN, 1990; MCFADDEN et al., 1992; REHEIS et al., 1992; REID et al., 1993; GUNAL; RANSOM, 2006b; KHRESAT; QUDAH, 2006) e herança do material de origem (NETTLETON; PRICE; BOWMAN, 1990; KHORMALI; ABATHI, 2003; GUNAL; RANSOM, 2006a; OZAYTEKIN; MUTLU; DEDEOGLU, 2012).

Nos solos atuais ou paleossolos é recorrente o reconhecimento dos horizontes Bt como resultado de processos poligenéticos (GILE, 1979; MCFADDEN; WELLS; DOHRENWEND, 1992; RANSOM; BIDWELL, 1990; EGHBAL; SOUTHARD, 1993a; BRONGER; BRUHN-LOBIN; HEINKELE, 1994; DAL' BÓ; BASILICI; ANGÉLICA, 2010), sobretudo quando dispõem de propriedades argílicas e calcíticas compostas, muitas vezes, representadas pela presença de horizonte Btk. Alguns autores entendem que um dos fatores que deu origem a estes horizontes está relacionado aos paleoclimas úmidos, isto é, não

foram formados sob clima árido ou semiárido, logo são consideradas características relíquias (GILE; GROSSMAN, 1968; NETTLETON et al., 1975; BACHMAN; MACHETTE, 1977; GILE, 1977; SOUTHARD; SOUTHARD, 1985; MCFADDEN; WELLS; DOHRENWEN; 1986; WELLS; MCFADDEN; DOHRENWEND, 1987; NETTLETON et al., 1989; BRONGER; BRUHN, 1990; GRAHAM; FRANCO-VIZCAÍNO, 1992; EGHBAL; SOUTHARD, 1993a; KHADEMI; MERMUT; 2003; KHORMALI et al., 2003; KHORMALI; ABTAHI; STOOPS, 2006; KHRESAT; QUDAH, 2006; FARPOOR et al., 2012; MUHAIMEED; AZIZ; AMIN, 2013).

Neste trabalho será utilizado como objeto de estudo os paleossolos que ocorrem na unidade litoestratigráfica denominada de Formação Marília, que está incluída no Grupo Bauru (Bacia Bauru). A Formação Marília é constituída por arenitos, conglomerados e argilitos/siltitos, com expressiva presença de calcretes (BARCELOS, 1984; BATEZELLI, 2003), depositada mediante um sistema fluvial distributivo (BATEZELLI et al., 2018), e é datada de idade Maastrichtiano (Cretáceo Superior), a partir da presença de fósseis do gênero *Aeolosaurus* sp. da Família Titanosauridae (SANTUCCI; BERTINI, 2001), ostracodes e carófitas (DIAS-BRITO et al., 2001). Os afloramentos da Formação Marília possuem importantes estudos de horizontes Bt/Btk, que têm sido utilizados na reconstituição dos paleoambientes desta unidade litoestratigráfica, os quais normalmente indicam períodos de maior umidade disponível no ambiente, sob condições semiáridas (DAL' BÓ, 2008; DAL' BÓ et al., 2009; BASILICI; DAL' BÓ; LADEIRA, 2009; DAL' BÓ; BASILICI; ANGÉLICA, 2010; BASICILI; DAL' BÓ, 2010; DAL' BÓ; BASILICI, 2011; PEREIRA; BATEZELLI; LADEIRA, 2015).

No entanto, neste estudo verificaram-se horizontes Bt com características distintas, que não se justificam estritamente pelas condições climáticas mais úmidas, mas como resultado do posicionamento ao longo da vertente nas áreas de planícies aluviais, que permitiu mudanças nos atributos morfológicos do solo, como capacidade de drenagem (infiltração e percolação de água), cimentações, feições pedológicas (natureza, frequência e disposição), e/ou a oscilação no posicionamento do lençol freático.

Até o momento, a maioria dos estudos que contemplam paleossolos com horizontes Bt na Formação Marília pouco envolveram interpretações mais inerentes à pedogênese atuante no período de estabilidade da paisagem, pois trataram dos indicativos paleoambientais e/ou paleoclimáticos associados à sua formação. Considerando que hoje já tem sido levantado vários perfis de paleossolos caracterizados por horizontes Bt, então torna-se necessário um estudo mais extenso e detalhado dos processos pedogenéticos que

condicionaram a formação desses paleossolos, em áreas de estudo localizadas nos setores nordeste, noroeste e sudeste da Bacia Bauru.

## 2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

Na Formação Marília é comum a verificação de horizontes Bt em paleossolos, apesar destes estarem litificados e normalmente truncados, o que poderia causar possíveis questionamentos e equívocos a respeito da classificação como horizontes Bt propriamente. Os trabalhos que tratam dos estudos paleopedológicos avolumaram-se nos últimos anos, muitas vezes devido a sua importante utilização nas reconstituições paleoambientais (ANDREIS, 1981; KRAUS, 1999; RETALLACK, 2001; SHELDON; TABOR, 2009).

Diante disso, a identificação de perfis de paleossolos caracterizados por horizontes Bt frequentemente revelou a predominância de períodos de estabilidade da paisagem sob condições climáticas mais úmidas, mesmo sob climas semiáridos, que permitiram a formação de solos bem desenvolvidos, em contraposição aos períodos de instabilidade da paisagem, representados por maior aridez, em que a sedimentação eólica foi dominante (DAL' BÓ, 2008; BASILICI; DAL' BÓ; LADEIRA, 2009; DAL' BÓ et al.; 2009; DAL' BÓ; BASILICI; ANGÉLICA, 2010; BASILICI; DAL' BÓ, 2010; DAL' BÓ; BASILICI, 2010, 2011).

Entretanto, origem e desenvolvimento desses paleossolos com enfoque em evidências restritamente pedogenéticas ainda foram pouco exploradas, com exceção de alguns trabalhos (SILVA; BATEZELLI, LADEIRA, 2017a; NASCIMENTO; LADEIRA; BATEZELLI, 2017; NASCIMENTO; BATEZELLI; LADEIRA, 2019).

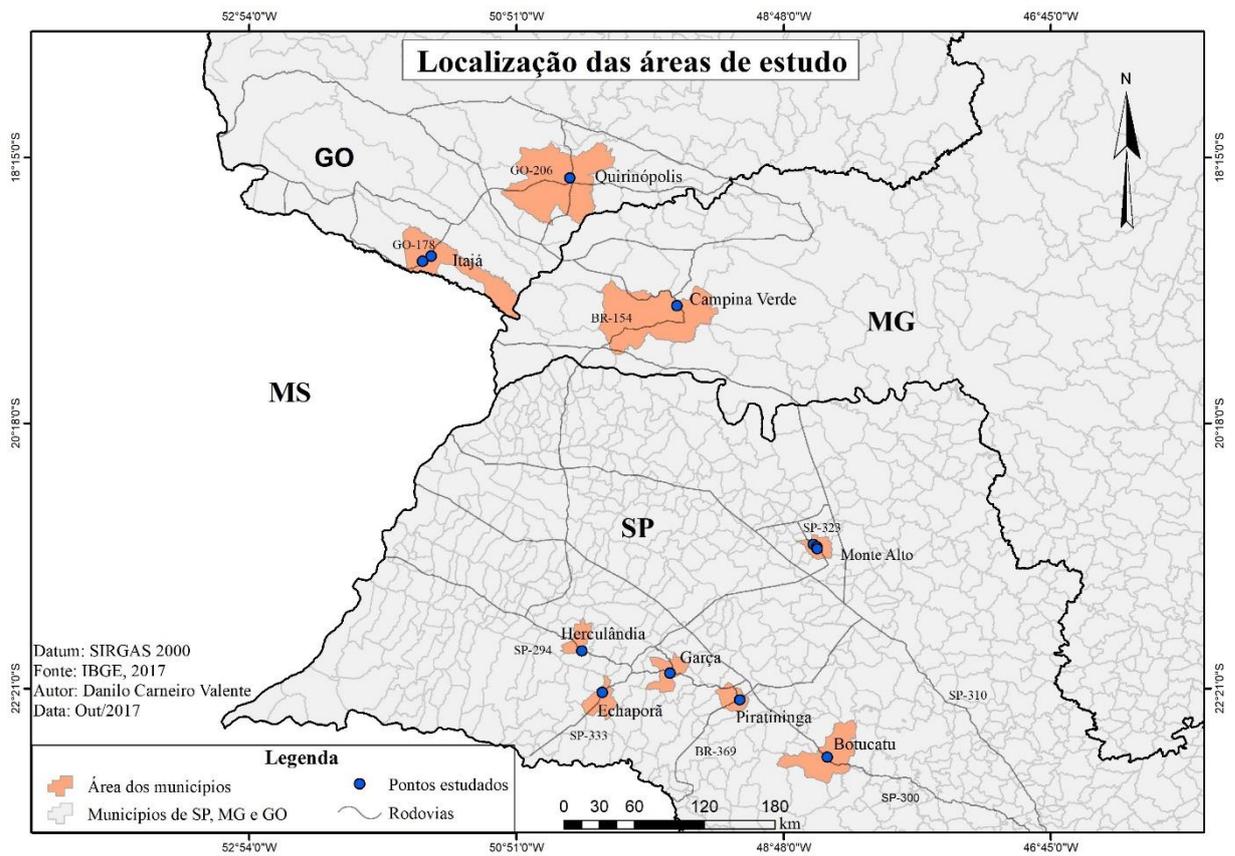
Diante disso, o objetivo geral desse trabalho é **entender como se deu a origem dos horizontes Bt na Formação Marília, incluindo os processos pedogenéticos envolvidos na formação desses horizontes, afim de contribuir com a reconstituição paleogeográfica da Bacia Bauru.**

### 3. LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo estão localizadas em partes dos estados de Goiás (municípios de Itajá e Quirinópolis), Minas Gerais (município de Campina Verde) e São Paulo (municípios de Monte Alto, Botucatu, Piratininga, Garça, Echaporã e Herculândia) (Figura 3.1).

A escolha destas regiões para o estudo justifica-se pelo fato de que nessas áreas o registro paleopedológico encontra-se bem preservado, o que permitiu uma análise mais detalhada dos atributos morfológicos dos paleossolos. Além disso, essas áreas estão distribuídas em diferentes setores na Bacia Bauru, que exibem características geológicas e paleopedológicas distintas, embora ainda estejam inseridos na Formação Marília.

Figura 3.1. Mapa de localização das áreas de estudo.



Fonte: Adaptado de IBGE (2017).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Levantamento bibliográfico

O levantamento e análise da bibliografia teve como objetivo conhecer os estudos nacionais e internacionais que tratam do escopo desta tese, para elaborar um estudo profundo sobre os solos e paleossolos em climas áridos e semiáridos e, assim, produzir uma contribuição para essa literatura.

A totalidade da tese contemplou os seguintes temas:

- processos pedogenéticos associados na origem e evolução de horizontes Bt/argílicos de solos e paleossolos, em climas áridos/semiáridos, os quais trataram da iluviação de argila, alteração *in situ* da argila, contraste textural por erosão diferencial entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, transporte eólico de argila e herança de argila do material de origem;
- processos que desencadeiam o rompimento, deformação ou ausência de feições de argilas, através da ação da fauna e flora, do conteúdo de carbonato de cálcio e da expansão e contração da argilas;
- as ocorrências de horizontes Bt/argílicos (solos e paleossolos) em climas áridos/semiáridos;
- geologia e paleoambientes da Formação Marília (Grupo Bauru).

### 4.2 Fase pré-campo

A fase pré-campo teve como objetivo localizar os afloramentos com paleossolos preservados caracterizados por horizontes Bt/argílicos, que compõem os registros sedimentares da Formação Marília (Grupo Bauru). Utilizou-se os mapeamentos publicados na literatura que já haviam identificados esses paleossolos.

### 4.3 Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo ocorreram nos seguintes municípios: Itajá e Quirinópolis, no estado de Goiás; Campina Verde, no estado de Minas Gerais; Botucatu, Echaporã, Garça, Herculândia, Monte Alto e Piratininga, no estado de São Paulo. Levantou-se 12 pontos de estudos localizados nas margens de rodovias ou em estradas vicinais. Alguns afloramentos foram verificados mediante informação verbal de moradores das cidades circunvizinhas, ou ainda, durante os trajetos percorridos para conhecer os afloramentos escolhidos previamente.

Selecionaram-se estritamente afloramentos que apresentavam perfis de paleossolos com boa exposição dos materiais em seção vertical e preservação dos horizontes a respeito da espessura, sequência e, sobretudo, das feições pedológicas (estruturas pedogenéticas e revestimentos de argila) que poderiam indicar a presença de horizontes Bt/argílicos, que representam o objetivo central desta tese.

As descrições macromorfológicas dos paleossolos foram realizadas conforme os procedimentos estabelecidos no “Manual de descrição e coleta de solo no campo” (Santos et al., 2015) e trabalhos com enfoque paleodológico (RETALLACK, 2001). A caracterização dos materiais incluiu cores, espessura dos horizontes, feições pedogenéticas, atividade biológica e as relações de contato. A textura foi verificada mediante pontos de contagem sobre as lâminas. As estruturas pedológicas foram classificadas (tipo e subtipo), grau de desenvolvimento e dimensões (altura e largura) e ocorrência (ou não) em profundidade no interior do perfil. A atribuição das cores dos horizontes de paleossolos foi realizada conforme a Carta de Cores Munsell para solos.

Registrou-se fotografias dos perfis de paleossolos, com destaque para os horizontes Bt e suas feições pedológicas, juntamente do esboço dos perfis, para realizar a confecção de seções verticais dos afloramentos estudados com o software *CorelDraw X8*. Utilizou-se o *Global Positioning System* (GPS) para determinar as coordenadas geográficas dos pontos de descrição e coleta de amostras escolhidos.

As amostras coletadas foram retiradas, preferencialmente, da parte mais interior dos horizontes identificados, afim de evitar interferências das condições ambientais atuais que podem modificar a parte mais superficial do material rochoso. As amostras deformadas e/ou cimentadas por carbonato de cálcio (sem orientação) foram submetidas as análises químicas de fluorescência de raios X, e amostras indeformadas e orientadas, geralmente no formato de blocos, para a fabricação de lâminas delgadas, destinadas a caracterização micromorfológica.

#### 4.4 Análises laboratoriais

Os procedimentos analíticos descritos abaixo foram realizados nos seguintes laboratórios: micromorfologia dos paleossolos (Seção de laminação, do Instituto de Geociências, da Universidade de São Paulo); e fluorescência de raios X (Laboratório de Geoquímica Analítica, do Departamento de Geologia de Recursos Naturais, do Instituto de Geociências, da Universidade Estadual de Campinas).

#### 4.4.1 Micromorfologia dos paleossolos

As análises micromorfológicas são imprescindíveis para revelar os processos pedogenéticos na formação dos horizontes estudados, especialmente através das relações dos constituintes e das feições pedológicas observadas. Para essas análises foram coletadas amostras orientadas dos horizontes, que foram submetidas para a preparação de lâminas delgadas (3x30x50 mm) posteriormente.

Descreveu-se 37 lâminas delgadas, observando as seguintes características: constituintes dos materiais grossos e finos (composição mineral e sua respectiva frequência); tipo de porosidade e frequência; padrões de distribuição de grossos e finos (*coarse/fine*); fábrica birrefringente; microestruturas; e feições pedológicas (revestimentos, preenchimentos, nódulos e excrementos). A terminologia utilizada na descrição foi proposta por Stoops (2003).

As descrições foram realizadas no Laboratório de Microtermometria (Laboratórios de Quantificação Mineral) do Departamento de Geologia de Recursos Naturais, do Instituto de Geociências, da Universidade Estadual de Campinas, com o auxílio de microscópio binocular de luz polarizada da empresa Leica em modelos da série DM. Todas as imagens geradas das lâminas foram apresentadas sob iluminação normal ou planar (PPL; nicóis descruzados) e com nicóis cruzados (XPL), e ainda indicação do aumento das objetivas.

#### 4.4.2 Fluorescência de raios X

A fluorescência de raios X teve como objetivo a identificação dos elementos maiores e menores, que são determinados por discos de vidros, que permitiram realizar relações molares para determinar os processos pedogenéticos de hidrólise e oxidação. Realizaram-se para preparação das amostras as etapas a seguir: britagem, quarteamento e moagem. Primeiramente, executou-se a trituração das amostras no Britador de Mandíbula, modelo II (Fritsch, Alemanha). Nesse procedimento, as amostras foram trituradas para a obtenção de um material representativo a ser encaminhado ao quarteamento. O quarteamento foi realizado com o auxílio de uma folha de papel manteiga colocado sobre uma bancada e uma régua limpa. Esse procedimento objetiva a homogeneização e separação das amostras em envelopes, totalizando 100 g de material para a moagem. A moagem foi feita no Moinho de Bolas Planetário, Pulverisette 5 (Fritsch, Alemanha), o qual permitiu a obtenção de um pó.

Após isso, as amostras foram submetidas a secagem a 110 °C de porção de amostra moída, seguida da perda ao fogo, que é uma indicação grosseira da quantidade de voláteis na amostra, sobretudo, água e CO<sub>2</sub>. A definição da porcentagem de perda ao fogo é

executada para avaliar a proporção de água e dióxido de carbono na amostra por meio da calcinação em mulha a 1000 °C (%PF) por 1½ hora. Finalizada a perda ao fogo (calcinação da amostra), iniciou-se a preparação dos discos de vidro a partir da fusão da amostra com um fundente (metaborato/tetraborato) para causar uma homogeneização completa dos grãos, eliminando o efeito mineralógico. Para esse procedimento, foram utilizados os seguintes materiais e reagentes: *Spectroflux 100B* (Johnson Matthey, USA), mistura de metaborato e tetraborato de lítio (80:20 p/p); solução de iodeto de lítio (250 g.L<sup>-1</sup>); aparelho de Fusão *Fluxy 300* (Claisse, Canadá); cadinhos e moldes de platina.

Finalmente, realizou-se as análises químicas por espectrometria de fluorescência de raios X, utilizando o espectrômetro Philips, modelo PW 24 (Holanda). Para o controle de qualidade dos resultados obtidos, foi efetuada análise paralela dos materiais de referência e de duplicatas de algumas amostras. As incertezas de valores foram estimadas pela combinação de dados de precisão e veracidade. Os dados de precisão provêm de análises de duplicatas das amostras reais e os dados de veracidade de resultados do laboratório em dez rodadas do teste de proficiência *GeoPT* (THOMPSON; POTTS; WEBB, 1996). O detalhamento dos métodos descritos acima pode ser encontrado no trabalho de Vendemiatto e Enzweiler (2001) e Enzweiler e Vendemiatto (2013).

## 5. BASES CONCEITUAIS

### 5.1 Horizontes genéticos e diagnósticos

Os horizontes genéticos correspondem as seções individuais dos perfis de solo, que são diferenciados por mudanças qualitativas devido aos processos pedogenéticos, que produzem variações morfológicas (transição entre horizontes e camadas, profundidade e espessura dos horizontes e camadas, cor, granulometria, textura, estrutura, consistência, dentre outros), separando-os das demais seções do perfil, enquanto que os horizontes diagnósticos representam um conjunto de propriedades específicas, incluindo características quantitativas, para fins de classificação do solo (SOIL SURVEY STAFF, 2014; IBGE, 2015).

No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), os horizontes genéticos podem ou não possuir os atributos necessários para realizar sua taxonomia, e quando apresentam, são considerados também como horizontes diagnósticos (por exemplo, o horizonte B textural pode ser genético e/ou diagnóstico)<sup>1</sup> (EMBRAPA, 2018). Por outro lado, na *Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 1999), os horizontes genéticos exibem designações distintas dos horizontes diagnósticos (por exemplo, horizonte Bt e horizonte argílico, respectivamente), logo não podem ser equivalentes como no SiBCS.

### 5.2 Horizonte B textural

O horizonte B textural do SiBCS (EMBRAPA, 2018) é equivalente ao horizonte argílico (*argillic horizon*) da *Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 1999) e do horizonte árgico (*argic horizon*) da *World Reference Base for Soil Resources* (WRB, 2014).

O horizonte Bt é definido pelo SiBCS (EMBRAPA, 2018) como:

É um horizonte mineral subsuperficial com textura francoarenosa ou mais fina, em que houve incremento de argila (fração < 0,002mm), orientada ou não, desde que não exclusivamente por descontinuidade de material originário, resultante de acumulação ou concentração absoluta ou relativa decorrente de processos de iluviação e/ou formação *in situ* e/ou herdada do material de origem e/ou infiltração de argila ou argila mais silte, com ou sem matéria orgânica e/ou destruição de argila no horizonte A e/ou perda de argila no horizonte A por erosão diferencial. O conteúdo de argila do horizonte B textural é maior que o do horizonte A ou E e pode ou não ser maior que o do horizonte C.

---

<sup>1</sup> \* Os horizontes B textural e B nítico (ambos com sufixos “t”, indicado para acumulação de argila) não são equivalentes, e são diferenciados pelo conteúdo de argila, gradiente textural, cerosidade e cor (EMBRAPA, 2018).

Na *Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 1999) os horizontes argílicos são horizontes subsuperficiais com maior percentual de argilominerais do que o material de solo subjacente e mostra evidência de iluviação de argila. A espessura varia de 7,5 cm a > 15 cm dependendo da granulometria ou presença de lamelas. Ocorrem evidências de iluviação de argila em pelo menos uma das seguintes formas: argila orientada ligando os grãos de areia, filmes de argila nos poros, filmes de argila sobre as superfícies verticais e horizontais das estruturas do solo, argilas orientadas em seções finas (acima de 1% da seção) e se o coeficiente de extensibilidade linear é  $\geq 0,04$ , o índice de argila fina para o total de argila nos horizontes iluviais é 1,2 vezes maior do que no horizonte eluvial. Se não houver descontinuidade geológica ou quaisquer preparos para cultivo no solo, o horizonte iluvial deve ter uma quantidade maior de argila do que o horizonte eluvial subjacente, numa distância vertical de  $\leq 30$  cm. A quantidade de argila do horizonte iluvial depende do conteúdo de argila do horizonte eluvial, como segue: > 3% (absoluto) para horizontes eluviais com < 15% de argila; e > 8% (absoluto) para horizontes eluviais com > 40% de argila.

Na *World Reference Base for Soil Resources* (WRB, 2014), os horizontes árgicos são subsuperficiais e apresentam elevado conteúdo de argila comparando-se ao horizonte superior. Possui textura francoarenosa ou mais fina e  $\geq 8\%$  de argila. A espessura varia de 7,5 cm até 15 cm dependendo da granulometria. A sua identificação deve ser confirmada mediante a identificação de um horizonte com textura grossa subjacente ao horizonte árgico com um ou várias das seguintes especificações: não esteja separado do horizonte árgico por descontinuidade litológica; a parte inferior do horizonte superior (transição clara) não é arável; quando houver horizonte transicional, este possuirá espessura de  $\leq 15$  cm; horizonte árgico com  $\geq 4\%$  (absoluto) de argila, se houver horizontes superiores com < 10% de argila; se o horizonte superior possui  $\geq 10$  e < 50% de argila, a proporção de argila para o horizonte árgico em relação ao superior é  $\geq 1,4\%$ ; horizonte árgico com  $\geq 20\%$  (absoluto) de argila, para horizonte superior com  $\geq 50\%$  de argila. As evidências de iluviação devem ocorrer no mínimo em uma das seguintes formas: argila orientada ligando os grãos de areia  $\geq 5\%$ ; revestimentos de argila na superfície dos poros ( $\geq 5\%$ ); revestimentos de argila nos agregados ( $\geq 5\%$ ); argila orientada em seções finas ( $\geq 1\%$  da seção); e se o coeficiente de extensibilidade linear é  $> 0,04$ , o índice de argila fina para o total de argila no horizonte árgico é 1,2 vezes maior do que no horizonte superior com textura grossa subjacente. O horizonte árgico não faz parte de um horizonte nátrico.

Os horizontes Bt ocorrem no SiBCS (EMBRAPA, 2018) nas ordens Argissolos, Chernossolos, Luvisolos, Nitossolos, Planossolos e Plintossolos, na *Soil Taxonomy* (SOIL

SURVEY STAFF, 1999) nas ordens *Alfisols* e *Ultisols* majoritariamente, e muitos *Aridisols* e *Mollisols* possuem estas características, e na WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES (WRB, 2014) solos caracterizados por um horizonte árgico ocorrem nas ordens *Acrisols*, *Lixisols*, *Alisols* e *Luvisols*.

### 5.3 Lamelas

Na *Soil Taxonomy* (SOIL SURVEY STAFF, 1999), as lamelas ou bandas onduladas são feições pedogenéticas com espessura inferior a 7,5 cm, compostos por faixas de acumulação de argila silicatada orientada (> 0,5 cm) na forma de revestimentos ou conectando os grãos de areia e silte, separados por horizontes eluviais.

Na ampla revisão proposta por Rawling (2000), a gênese das lamelas pode ser atribuída aos seguintes processos: (i) origem pedológica (iluviação de argila, neoformadas e ação do gelo); (ii) origem geológica (deposicional); ou (iii) formada como resultado dos processos pedogenéticos e geológicos.

De acordo com Schaeztl (2001) as lamelas pedológicas são sustentadas pelas seguintes características: (i) lamelas que atravessam os planos de acamamento; (ii) ausência de lamelas profundas no interior do solo, abaixo do horizonte C e na parte superior do horizonte E; (iii) desenvolvimento maior de lamelas em solos mais antigos; e (iv) lamelas com limites superiores claros e nítidos e inferiores irregulares. Para as lamelas geológicas o mesmo autor considerou as evidências a seguir: (i) dispostas conforme os planos de acamamento; (ii) muito espessas para formação por pedogênese; (iii) não há conformidade com a superfície do terreno; e (iv) subjacente a uma zona com conteúdo de argila muito baixo para ser a fonte da lamela; e/ou (v) ocorrer em grandes profundidades.

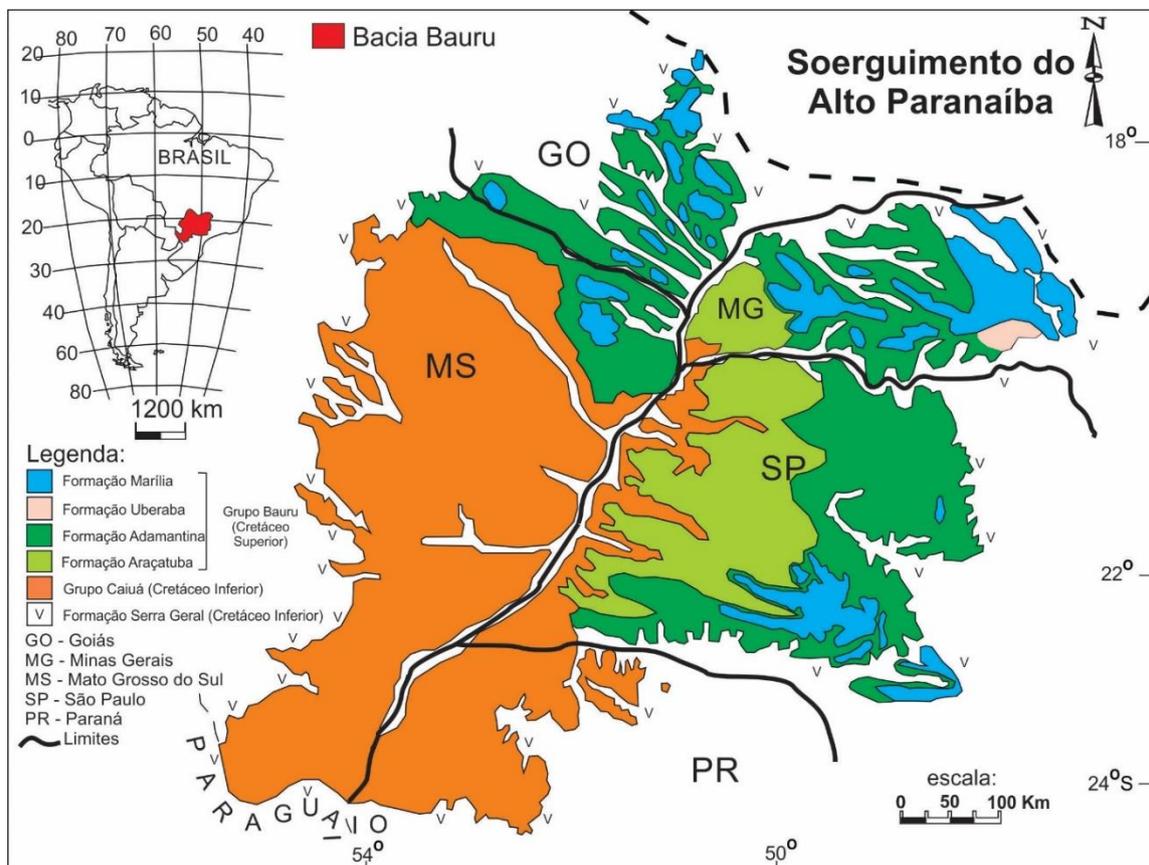
Ainda sobre as lamelas pedológicas, Castro (1989) e Santos e Castro (2006) assinalaram que as lamelas podem ser relíquias do Bt subjacente, quando este estava numa posição mais alta no perfil.

## 6. CONTEXTO GEOLÓGICO

### 6.1 Bacia Bauru

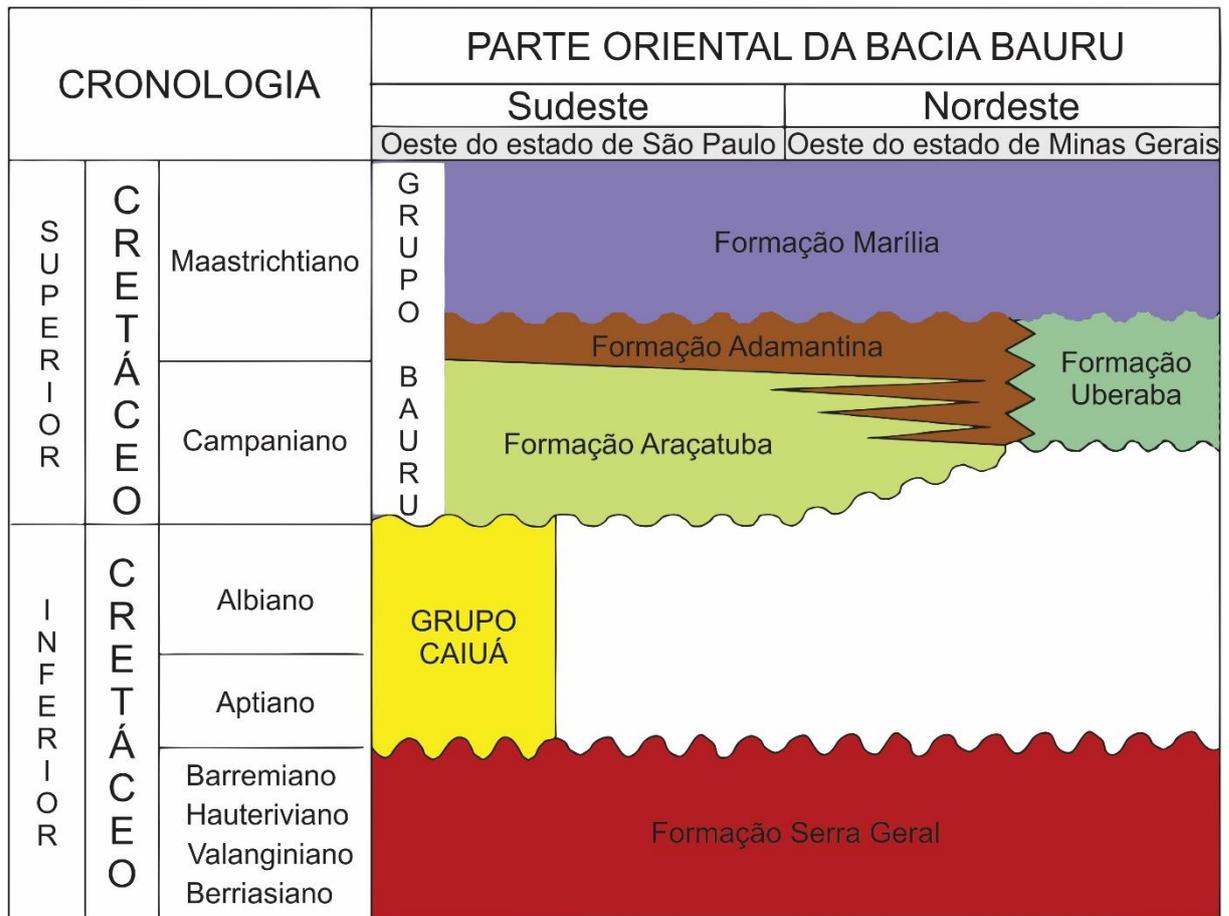
A Bacia Bauru (*sensu* Batezelli, 2003) (Figura 6.2), do tipo intracratônica, está localizada na parte centro-sul da Plataforma Sul-Americana, possui uma forma aproximadamente elíptica, alongada nas direções norte-nordeste, ocupa uma área de aproximadamente 330.000 km<sup>2</sup>, aflorando no Brasil Central em áreas dos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná e São Paulo. Possui espessura máxima registrada de cerca de 300 m. É constituída por rochas siliciclásticas de origem continental e tem por substrato rochas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral (Grupo São Bento) e sobre arenitos do Grupo Caiuá. É subdivida em dois grupos: Caiuá (formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio) e Bauru (formações Araçatuba, Adamantina, Uberaba e Marília), que são limitados por uma superfície de descontinuidade. Depositou-se sob condições desérticas e de maior disponibilidade de umidade, sob clima semiárido. É datada de Aptiano-Maastrichtiano, no Cretáceo (BATEZELLI, 2015) (Figura 6.3).

Figura 6.2: Mapa de localização da Bacia Bauru.



Fonte: Batezelli (2015).

Figura 6.3: Coluna cronoestratigráfica da Bacia Bauru.



Fonte: Batezelli e Ladeira (2016).

A respeito da sua gênese, no Cretáceo Inferior houve o fendilhamento da crosta terrestre, que provocou a ruptura do megacontinente Gondwana, abertura do Oceano Atlântico, e início do magmatismo Serra Geral, da Província Magmática Paraná-Etendeka (TURNER et al., 1994). Após o término das atividades vulcânicas, a Bacia Bauru foi formada por subsidência termal, associada ao grande volume de rochas basálticas no depocentro, que abrange o Pontal do Paranapanema e áreas adjacentes (RICCOMINI, 1995, 1997).

Os atuais limites da Bacia Bauru são erosivos e/ou tectônicos, demarcados a partir da Antéclise de Rondonópolis (COIMBRA, 1991) a noroeste, Soerguimento do Alto Paranaíba (HASUI; HARALYI, 1991), a nordeste, alinhamentos do rio Mogi Guaçu (COIMBRA; BRAND NETO; COUTINHO, 1981), São Carlos-Leme e Ibitinga-Botucatu (RICCOMINI, 1995) a leste, do Paranapanema (FULFARO, 1974), a sul e sudeste, e por depósitos sedimentares da planície do Rio Paraná (BATEZELLI, 2003), a oeste.

## 6.2 Formação Marília

### 6.2.1 Características litológicas

A designação Formação Marília foi proposta inicialmente por Almeida e Barbosa (1953) para descrever os sedimentos superiores do Grupo Bauru, individualizados pela cimentação carbonática. Outros trabalhos com enfoque nas características faciológicas também posicionaram esta unidade geológica na estratigrafia dos depósitos do Grupo Bauru, como Fácies Calco-conglomerática (SOARES; LANDIM, 1975), Fácies C (COIMBRA, 1976), Litofácies Marília (SOARES et al., 1979), Membro Superior (BRANDT NETO, 1977), Fácies Marília (SOARES et al., 1979), Unidade Superior (STEIN et al., 1979), e por último como Formação Marília (SOARES et al., 1980; ALMEIDA et al., 1980; SUGUIO, 1981).

No estado de São Paulo, a Formação Marília ocorre na parte leste do Planalto Ocidental Paulista, estendendo-se para oeste, nos espigões entre os principais rios (SOARES et al., 1980). Possui espessura máxima registrada preservada em superfície de 160 a 180 m (SOARES et al., 1980; FERNANDES; COIMBRA, 1996) no município de Marília (SP) e 233 m em subsuperfície na cidade de Lupércio (SP) (PAULA E SILVA; CHANG; CAETANO-CHANG, 2003).

Soares et al. (1980, p. 182) em um estudo sobre a caracterização estratigráfica no estado de São Paulo, definindo, originalmente, o Grupo Bauru, formalizaram hierarquicamente e interpretaram a Formação Marília como:

[...] unidade composta por arenitos grossos a conglomeráticos, com grãos angulosos, teor de matriz variável, seleção pobre, ricos em feldspato, minerais pesados e minerais instáveis, tais sedimentos ocorrem em bancos com espessura média entre 1 e 2 m, maciços ou com acamamento incipiente subparalelo e descontínuo, raramente apresentando estratificação cruzada de médio porte, com seixos concentrados nos estratos cruzados. Ademais, ainda há ocorrência de raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários.

Manzini (1999) definiu a Formação Marília nas regiões de Monte Alto e Marília (SP) como composta por litofácies conglomeráticas, arenosas, lamíticas e resultantes de processos pedogenéticos, que representam os sedimentos do Membro Echaporã.

No estado de Goiás, Fulfaro, Perinotto e Barcelos (1994) descreveram as características sedimentares do Grupo Bauru, e caracterizaram a Formação Marília como

composta por arenitos grossos, arenitos conglomeráticos a conglomerados, intercalados com depósitos lamíticos (afloramentos na região de Quirinópolis, Caçu e São Simão).

No estado de Minas Gerais, Barcelos (1984), numa revisão estratigráfica do Grupo Bauru em que amplia os limites de ocorrência dos sedimentos da Formação Marília, identificados no estado de São Paulo até o momento, subdividiu a Formação Marília em três membros: Ponte Alta, Serra da Galga e Echaporã.

O Membro Serra da Galga (afloramentos na região de Uberaba) é constituído por arenitos imaturos, frequentemente conglomeráticos e lamitos, com cimentação carbonática parcial (FERNANDES, 1998; FERNANDES; COIMBRA, 2000). Para Batezelli (2003) é caracterizado por conglomerados polimíticos, arenito conglomerático, argilitos e siltitos, além de calcretes e silcretes.

O Membro Ponte Alta (afloramentos na região de Uberaba) é composto por arenitos conglomeráticos a conglomerados, fortemente cimentados por carbonato de cálcio (ALVES; GOMES; HOERNES, 1993; SANTOS et al., 1994). Fernandes (1998) e Fernandes e Coimbra (2000) atribuíram sua constituição baseada em calcários arenosos e conglomeráticos, e lamitos, todos intensamente cimentados por carbonatos de cálcio.

O Membro Echaporã (afloramentos na região de Campina Verde) é caracterizado por arenitos finos a médios, com níveis conglomeráticos e lamíticos, com cimentação carbonática intensa e nódulos carbonáticos (FERNANDES, 1998; FERNANDES; COIMBRA, 2000). Batezelli (2003) afirma que é constituído por arenitos finos a grossos, intercalados por conglomerados, cimentados por carbonato de cálcio.

## 6.2.2 Ambiente deposicional

### 6.2.2.1 Setor nordeste da Bacia Bauru

A Formação Marília que ocorre no setor nordeste da Bacia Bauru é representada por depósitos na região do Triângulo Mineiro, no estado de Minas Gerais. Nessa parte da bacia foi possível distinguir os trabalhos que descreveram os paleoambientes da Formação Marília pelos membros Serra da Galga, Ponte Alta e Echaporã, que estão apresentados a seguir.

#### 6.2.2.1.1 Membro Serra da Galga

O Membro Serra da Galga, segundo Barcelos, Landim e Suguio (1981), Barcelos (1984, 1993), Fulfaro e Barcelos (1991) foi depositado sob condições de alto declive, em

regiões próximas a arcos marginais, associado a leques aluviais de regimes torrenciais e canais anastomosados (afloramentos nos municípios de Uberaba, Uberlândia e/ou áreas próximas).

Garrido, Marcondes e Garcia (1992) sugerem deposição a partir de um sistema fluvial entrelaçado efêmero, que ocorrem vinculados aos eventos de chuvas torrenciais (afloramentos em Uberaba). Santos et al. (1994) e Ribeiro (1997) também atribuem a deposição mediante a canais entrelaçados, com depósitos de preenchimento de canais associados, que dispõem de ciclos de granodecrescência ascendente e depósitos de barras transversais (afloramentos em Uberaba). Praça Leite et al. (1995) corroboram essa afirmação e acrescentam que esses ciclos são resultantes da sedimentação episódica, que é decorrente de fluxos torrenciais intensos, típicos do clima semiárido (afloramentos em Uberaba). Andreis, Capilla e Reis (1999) também entenderam que a deposição ocorreu a partir de canais fluviais entrelaçados, entretanto com fluxo permanente (afloramentos em Uberaba), e Goldberg e Garcia (2000) e Garcia, Rosa e Goldberg (2005) incluíram a presença de pequenos lagos associados.

Fernandes (1998) propôs um contexto deposicional baseado em leques aluviais medianos a distais com sistemas fluviais entrelaçados, com a presença de eventuais depósitos de pequenas dunas eólicas (afloramentos em Uberaba) (FERNANDES; COIMBRA, 2000; MILANI et al., 2007; FERNANDES; RIBEIRO, 2015), incluindo lagos efêmeros interleques (FERNANDES, 2010).

Batezelli (2003) e Batezelli et al. (2006) verificaram associações de fácies de leque proximal, fácies de leque intermediário e fácies fluvial entrelaçado, que indicam aumento de energia no sistema, que pode ser devido aos processos de migração de canais ou progradação de fácies proximais aluviais sobre as distais, considerando o maior aporte sedimentar provindo da área fonte (afloramentos em Uberaba e Peirópolis).

Em Uberaba, nos sedimentos da Formação Marília, Batezelli, Saad e Basilici (2007) mediante dados de paleocorrentes, identificaram fácies e elementos arquitetônicos que corroboram a deposição dessa unidade por leques aluviais, dominados por rios entrelaçados, e indicam transporte sedimentar na direção leste/nordeste para oeste/sudoeste na parte oriental do Triângulo Mineiro.

Em Ponte Alta, Peirópolis e Uberaba, Batezelli et al. (2018) analisou fácies e paleossolos da Formação Marília, e concluíram que os depósitos nessas áreas representam as zonas proximais de um sistema fluvial distributivo (Grupo Bauru), caracterizado por incisão e mudança de canais elevada e baixa frequência de paleossolos.

#### 6.2.2.1.2 Membro Ponte Alta

O Membro Ponte Alta, conforme Barcelos, Landim e Suguio (1981), Fulfaro e Barcelos (1991) e Garcia, Marcondes e Garrido (1992) foi depositado em ambientes lacustres, com a formação de lagos do tipo *playa*, associados a formação de calcretes (afloramentos na rodovia BR 365, entre Uberlândia, Monte Alegre de Minas e Ituiutaba), que segundo Barcelos (1984), estavam supersaturados de carbonato de cálcio provindo dos calcários do Grupo Bambuí (Bacia do São Francisco). A origem desses lagos efêmeros foi atribuída ao suprimento por parte de canais entrelaçados formados mediante leques aluviais (CAMPANHA et al, 1992; ALVES; GOMES; HOERNES, 1993; ALVES, 1995), ou regimes de precipitação torrencial (GOLDBERG; GARCIA, 1994; GOLDBERG; GARCIA, 2000; GARCIA; ROSA; GOLDBERG, 2005).

Silva, Etchebehere e Saad (1994), Batezelli (2003) e Batezelli et al. (2006) interpretam como depósitos de sistemas de leques aluviais de alta energia, num regime torrencial (afloramentos entre Uberaba, Uberlândia, Monte Alegre de Minas e áreas adjacentes), enquanto Andreis, Capilla e Reis (1999) atribuíram a deposição por um sistema fluvial entrelaçado com fluxo permanente (afloramentos em Uberaba), embora todos estes autores mencionem a presença de calcretes.

Fernandes (1998), Fernandes e Coimbra (2000) propuseram deposição a partir da associação de leques aluviais medianos a distais e sistemas fluviais entrelaçados e paleossolos (afloramentos em Uberaba), incluindo a presença de calcretes pedogenéticos e de águas subterrâneas (FERNANDES, 2010; FERNANDES; RIBEIRO, 2015), ou dunas eólicas (MILANI et al, 2007).

#### 6.2.2.1.3 Membro Echaporã

Fernandes (1998, 2004) e Fernandes e Coimbra (2000) consideram que a deposição se deu por leques aluviais acumulados por fluxos em lençol, juntamente de calcretes pedogenéticos (afloramentos na região do Triângulo Mineiro).

Goldberg e Garcia (2000) e Garcia, Rosa e Goldberg (2005) atribuem a deposição a canais entrelaçados efêmeros, com planícies aluviais ocupadas pelo desenvolvimento de paleossolos, que estavam localizados juntamente a antigas lagoas formadas nos períodos mais úmidos (afloramentos em Prata). Esses processos paleopedogenéticos que davam origem a paleossolos, até mesmo como calcretes, devido a eventos de pluviosidade intensa, e deposição de níveis lamíticos posteriormente, incluindo os vestígios de raízes e tubos, e nódulos

carbonáticos, já haviam sido reportados como materiais pertencentes ao Membro Echaporã (FULFARO; BARCELOS, 1991).

Batezelli (2003) sugere deposição em leques aluviais distais, associados a fluxos entrelaçados, baseados em sequências com granodecrescência ascendente, que evidenciam a diminuição gradual na energia dos fluxos (afloramentos em Honorópolis).

Por outro lado, Fernandes (2010) e Fernandes e Ribeiro (2015) verificaram que os depósitos se formaram a partir de lençóis de areia, com calcretes pedogênicos e de águas subterrâneas associadas (afloramentos em Campina Verde).

Galhardo (2012) estabeleceu um modelo deposicional para a Formação Marília baseado em leques aluviais com canais entrelaçados, devido às macroformas de acréscimo lateral, estruturas típicas de ambiente eólico e paleossolos, este último devido à estabilidade superficial referente aos períodos mais úmidos (afloramentos em Campina Verde e Prata).

Nascimento (2014) propôs que o ambiente de deposição da Formação Marília, restritamente no perfil de paleossolo analisado em Campina Verde, foi formado por canais fluviais perenes e efêmeros e perfis de paleossolos, que representam os períodos de estabilidade da paisagem.

Outros autores também interpretaram o ambiente deposicional dos sedimentos da Formação Marília em Campina Verde, mas não fizeram menção à categoria de membro pertencente. A respeito disso, Galhardo (2015) identificou alternância entre depósitos arenosos, compostos por canais, barras de acréscimo lateral e fluxos não confinados de lençol, que remetem a sistemas fluviais entrelaçados efêmeros, alternados com períodos de não deposição, que permitiram o desenvolvimento pedogenético, dando origem aos paleossolos. Silva (2016) e Batezelli et al. (2018), considerando o Grupo Bauru um sistema fluvial distributivo, incluíram os depósitos dessa unidade litoestratigráfica na parte medial deste sistema, que é composto por canais efêmeros, depósitos eólicos e paleossolos.

#### 6.2.2.2 Setor noroeste da Bacia Bauru

Os sedimentos da Formação Marília ocorrem na parte noroeste da Bacia Bauru, ocupam a área sul e sudoeste do estado de Goiás. Fulfaro, Perinotto e Barcelos (1994) trabalharam exclusivamente com a margem goiana do Grupo Bauru e trataram das características litoestratigráficas e paleogeográficas apenas da Formação Marília. Os autores concluíram que essa unidade foi formada por leques aluviais proximais e no extremo sul/sudeste do estado, por leques aluviais menores, considerados distais em relação aos

depósitos localizados mais ao norte, com um sistema fluvial associado e camadas mais lamíticas que representam o nível de base, os quais foram interpretados como antigos lagos.

Batezelli (2003) verificou que os afloramentos da Formação Marília em Goiás tiveram sua gênese a partir de processos deposicionais ligados a associações de fácies de leque proximal e fácies de leque intermediário, que segundo Batezelli, Saad e Basilici (2007) estes sistemas de leques apresentam paleocorrentes que indicam transporte de oeste (a partir de Quirinópolis, em Goiás) e leste (Itajá-Caçu, ambos em Goiás), para o interior da bacia. Silva (2016) corrobora essas afirmações e inclui a presença de um sistema fluvial distributivo, caracterizado por canais fluviais entrelaçados.

Novas interpretações a respeito dos paleoambientes da Formação Marília surgem com Brolesi (2007), Dal' Bó (2008), Basilici, Dal' Bó e Ladeira (2009), Dal' Bó, Basilici e Angélica (2010), Basilici e Dal' Bó (2010), Dal' Bó e Basilici (2011) e Vilela (2010) que identificaram características de depósitos arenosos com marcas onduladas eólicas (*wind-ripples*) nos sedimentos da Formação Marília, que consideraram como resultante de um antigo lençol de areia eólico, que representam os períodos de maior aridez paleoclimática. Os autores também verificaram a presença de depósitos arenosos de canais efêmeros e paleossolos na área de estudo (afloramentos em Paranaíba e Cassilândia, em Mato Grosso do Sul, e Itajá, Quirinópolis e Itarumã, em Goiás), que foram atribuídas as condições de maior umidade disponível no paleoambiente.

#### 6.2.2.3 Setor sudeste da Bacia Bauru

Os registros da Formação da Marília que ocorrem no setor sudeste da Bacia Bauru, possuem afloramentos na região oeste do estado de São Paulo.

Em São Paulo, Soares et al. (1980) atribuíram a sedimentação da Formação Marília a leques aluviais e pontualmente associados a depósitos de material fino entre os leques, resultantes dos possíveis represamentos locais que ocorreram nessas áreas (afloramentos em Marília e/ou Monte Alto). Suguio (1981) corroborou essas interpretações e inclui a presença de canais anastomosados torrenciais e temporários, lagos efêmeros e formação de calcário do tipo *caliche*, baseados em trabalhos anteriores de Suguio (1973) e Suguio, Berenholc e Salati (1975) (afloramentos em Garça, Marília e Agudos), que também foi suportado por Barcelos, Landim e Suguio (1981).

Barcelos (1984) assumiu em partes as propostas de Soares et al. (1980) e Suguio (1981) para o membro Echaporã (afloramentos entre Echaporã e Marília), baseado em leques aluviais, canais anastomosados e calcretes, e inclui a presença de paleossolos.

Manzini et al. (1992) identificaram uma sequência sedimentar composta pela sucessão entre lamitos e bancos maciços de arenitos. Os autores atribuíram essa alternância entre os depósitos como resultado de sistemas de leques aluviais proximais, representados pelos arenitos, e distais através dos níveis lamíticos.

Fernandes (1998) e Fernandes e Coimbra (2000) também identificaram a intercalação entre depósitos sedimentares formados por leques aluviais e calcretes pedogenéticos (afloramentos em Marília).

Manzini (1999) assume que a sedimentação dessa unidade (afloramentos em Marília), representada pelo Membro Echaporã, ocorre a partir da associação de leques aluviais a fácies fluviais (depósitos de canal, por corte e preenchimento, por transbordamento, por abandono e planícies de inundação).

Outros autores que trabalharam com arcabouço litoestratigráfico de subsuperfície também confirmaram que as características dos perfis geofísicos sugerem um ambiente deposicional em leque aluvial (PAULA E SILVA, 2003; PAULA E SILVA; KIANG; CAETANO-CHANG, 2003, 2005).

Lourenço (2007) também considerou um ambiente deposicional baseado em leques aluviais, porém, para a área estudada, assume que se tratava das partes distais e, eventualmente, intermediária desse sistema. Para a autora ainda houve o desenvolvimento de paleossolos entre a formação dos diferentes depósitos (afloramentos próximos as cidades de Marília e Echaporã).

Numa comparação com depósitos holocênicos argentinos e cretáceos brasileiros, Batezelli, Saad e Basilici (2007) utilizaram perfis da Formação Marília como objeto de estudo, e definiram que essa unidade se originou mediante um sistema fluvial entrelaçado, de baixa sinuosidade, com retrabalhamento eólico e paleossolos.

Outra abordagem sobre os paleoambientes da Formação Marília (Membro Echaporã estritamente) foi proposta por Milani et al. (2007), que caracterizou a unidade como formada por depósitos de lençóis de areia e paleossolos, incluindo calcretes pedogenéticos, ou ainda freáticos (FERNANDES, 2010; FERNANDES; RIBEIRO, 2015). Outros autores seguiram e aprofundaram essa proposta de paleoambiente, produzindo estudos mais detalhados, como Dal' Bó et al. (2009) e Prandi (2012) que indicaram deposição por um lençol de areia eólico, dominado por *wind-ripples*, que reflete os períodos de sedimentação (instabilidade da paisagem) e alguns canais efêmeros e paleossolos, resultantes do aumento na umidade e cobertura vegetal (estabilidade da paisagem) (afloramentos em Marília e Monte Alto). Vilela (2010) corroborou essas afirmações e acrescentou a presença de depósitos de

*playa-lake* alternados com paleossolos de características hidromórficas (*gleying*), que é indicativo de lençol freático elevado (afloramento em Monte Alto).

Basilici, Dal' Bó e Oliveira (2016) propõem duas hipóteses de deposição da Formação Marília, a primeira por sistemas fluviais distributários na parte mais distal, com fluxos não confinados e paleossolos, e a segunda refere-se também a sistemas fluviais distributários mas, na parte proximal, associados aos paleossolos bem drenados. Silva (2016) também inclui a deposição dessa unidade geológica a partir de sistemas fluviais distributivos, mas que ocorrem nas zonas intermediárias e distais, representados por canais entrelaçados, e a presença de paleossolos (afloramentos em Pompéia, Quintana, Garça, Piratininga e Botucatu).

### 6.2.3 Síntese do contexto geológico

Neste trabalho considera-se a proposta da Bacia Bauru sugerida por Batezelli (2003), que assume em parte os estudos de Fulfaro et al. (1999a, b), que sugerem uma discordância entre os grupos Bauru e Caiuá, diferentemente de outros autores que realizaram discussões a respeito da estratigrafia e evolução geológica da Bacia Bauru, como Fernandes (1998) e Fernandes e Coimbra (2000) que propuseram que estes dois grupos são parcialmente cronocorrelatos.

A respeito dos paleoambientes verificados na Formação Marília é perceptível a relevância dos leques aluviais (proximais, intermediários e distais) dominados por rios na formação dos depósitos sedimentares dessa unidade litoestratigráfica. Esses foram atribuídos em todos os setores da bacia, sobretudo no setor sudeste (estado de São Paulo), geralmente associados a sistemas fluviais entrelaçados de fluxo permanente ou não. A atribuição de leques aluviais pode ser suportada pela proximidade das margens da bacia, os depósitos arenosos pobremente selecionados ou estratificados, a formação de depósitos de canais entrelaçados (NICHOLS, 2009), juntamente dos eventos de precipitação torrencial.

Outro sistema deposicional indicado com frequência é o lacustre, que é predominante no Membro Ponte Alta (Minas Gerais), devido à presença de carbonatos, muitas vezes associados à origem de calcretes. Os antigos lagos efêmeros ocorrem devido à precipitação episódica típica de climas áridos, preenchendo temporariamente as áreas de captação.

Por outro lado, estudos mais recentes estão incluindo e/ou reinterpretando a deposição da Formação Marília como resultante de um antigo lençol de areia eólico que ocorreu nos períodos climáticos mais áridos, alternados por paleossolos/calcretes pedogenéticos que representariam uma maior disponibilidade de umidade no ambiente.

Efetivamente, a Formação Marília possui registros paleopedológicos expressivos que endossam a ocorrência de períodos de estabilidade da paisagem suficientes para formação de solos no passado. No entanto, considerando as características litológicas da Formação Marília, representada pela preponderância de arenitos grossos a conglomeráticos e conglomerados, é provável que os depósitos eólicos revelem situações isoladas na totalidade do ambiente deposicional.

## 7. SOLOS E PALEOSSOLOS EM CLIMAS ÁRIDOS E SEMIÁRIDOS

Nas regiões semiáridas/áridas, solos com conteúdo de argila representativo para categorizá-los como horizonte B textural e/ou horizonte argílico não são incomuns, contrariamente, estes foram levantados em todo o mundo, conforme adiante (Apêndice A).

### 7.1 Solos atuais com horizontes Bt/argílicos

#### 7.1.1 Formação e desenvolvimento dos horizontes Bt/argílicos

Na literatura, a formação e desenvolvimento desses horizontes pode ser atribuída a relação (ou não) entre os seguintes processos: iluviação de argila, alteração *in situ* da argila, contraste textural por erosão diferencial entre horizontes superficiais e subsuperficiais, transporte eólico de argila e herança de argila do material de origem.

##### 7.1.1.1 Iluviação de argila

A diferença de textura nos horizontes Bt/argílico, baseada na maior concentração de argila nos horizontes subsuperficiais, comparando com o material de solo sobrejacente, é uma explicação reproduzida correntemente por autores para interpretar a translocação de argila no solo, isto é, a iluviação.

É comum encontrar autores que sustentam que a ocorrência de iluviação em climas áridos e semiáridos é comprovada mediante a identificação de feições produzidas pela movimentação e deposição da argila orientada, como por exemplo, filmes de argila “*clay films*” (ou películas de argila, *clay skins*, ou revestimentos de argila, *clay coatings*, ou argilãs, *argillans*). Partindo dessa afirmação, tem-se os trabalhos de Dregne (1976), Nettleton, Price e Bowman (1990), Bronger e Bruhn (1990), Wells, McFadden e Schultz (1990), Ransom e Bidwell (1990), Graham e Franco-Vizcaíno (1992), Eghbal e Southard (1993a), Gunal e Ransom (2006b) e Elliot e Drohan (2009).

No entanto, para Gile e Grossman (1968) a identificação de revestimentos de argila orientada sobre os grãos, através de seções delgadas, não é suficiente para inferir translocação de argila, considerando que o conteúdo de argila presente poderia ser herdado do material de origem ou acumulado durante a deposição, exceto quando esses revestimentos estiverem associados aos horizontes de maior porcentagem de argila (HOLLIDAY, 1985c).

A respeito disso, Graham e Wood (1991) acrescentam que os argilões associados aos grãos podem ser formados por processos diferentes da iluviação, e ainda são facilmente preservados em materiais que foram degradados.

Em contrapartida, Gile e Grossman (1968) admitem que as películas de argilas sobre as estruturas são indicativos confiáveis de iluviação, pois são formadas após o início do desenvolvimento do solo. Alguns revestimentos de argila podem ser resquícios de partes de películas de argila formadas sobre as superfícies das estruturas, que foram incorporadas a estas posteriormente. Holliday (1990) e Emandi et al. (2008) também confirmaram a identificação de horizontes argílicos bem desenvolvidos através de filmes de argila sobre a superfície das estruturas.

Outras informações utilizadas para atestar a translocação de argila em horizontes argílicos, juntamente das películas de argila, são a relação de argila fina/grossa maior no horizonte B, comparando com os horizontes subjacentes (SMITH; BUOL, 1968; NETTLETON et al., 1975; SOUTHARD; SOUTHARD, 1985; EASH; SANDOR, 1995; KHADEMI; MERMUT, 2003), e o aumento progressivo dos elementos  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$  com a profundidade (NETTLETON et al., op cit.).

As frações granulométricas também exercem influência na velocidade dos processos de iluviação. Os horizontes argílicos que são dominados por materiais de granulação maior (ex. seixos ou areia) diferem enormemente de solos caracterizados por materiais mais finos (GILE; GROSSMAN, 1968), e a translocação de argila procede de maneira mais rápida (GILE, 1975), devido ao aumento na permeabilidade do solo (MCFADDEN; WELDON, 1987). Estes autores comentam que os revestimentos de argilas são mais espessos, na medida que aumenta o diâmetro dos grãos, ou conforme ocorre a migração de argila no interior do solo (REHEIS et al., 1992). Essas superfícies são consideradas mais estáveis para acumulação de argila iluvial.

Por outro lado, McFadden et al. (1992) atribuíram baixos índices de desenvolvimento pedogenético dos horizontes argílicos em solos constituídos por frações grossas, pois diminui a capacidade de armazenamento de água no solo e intensifica a velocidade da infiltração, assim promovendo a translocação de argila em profundidades maiores.

Outros autores reconheceram os processos iluviais em horizontes argílicos, porém não identificaram quaisquer formas de revestimentos de argila associados a estes (BUOL; YESILSOY, 1964; NETTLETON; FLACH; BRASHER, 1969; MAHJOORY, 1975; GILE,

1977; REHEIS, 1987; DAN, 1990; SLATE et al., 1991; BLANK; YOUNG; LUGASKI, 1996; WOOD; GRAHAM; WELLS, 2005; PARAHYBA; SANTOS; NETO, 2009).

Assim, é perceptível que a ocorrência de feições produzidas pela movimentação e deposição da argila é evidência comum em horizontes Bt/argílicos de regiões áridas/semiáridas, mas, geralmente, alguns autores atribuem a formação destas a períodos pretéritos mais úmidos, de maior índice de pluviosidade, de modo que sejam consideradas como características reliquiais (DREGNE, 1976; GILE; GROSSMAN, 1968; NETTLETON et al., 1975; BACHMAN; MACHETTE, 1977; GILE, 1977; WELLS; MCFADDEN; DOHRENWEND, 1987; NETTLETON et al., 1989; GRAHAM; FRANCO-VIZCAÍNO, 1992; EGHBAL; SOUTHARD, 1993a; KHADEMI; MERMUT; 2003; KHORMALI et al., 2003; KHORMALI; ABTAHI; STOOPS, 2006; KHRESAT; QUDAH, 2006; FARPOOR et al., 2012; MUHAIMEED; AZIZ; AMIN, 2013).

#### 7.1.1.2 Alteração *in situ* da argila

Nikiforoff (1937) identificou um horizonte com alto conteúdo de argila, avermelhado, designando-o como *claypan*. Atribuiu-se a sua formação provavelmente ao resultado da decomposição hidrolítica de minerais (hidrólise), principalmente feldspatos e hornblendas, ou seja, alteração *in situ*, seguida de desidratação destes durante os períodos quentes e secos. Outros *claypan* foram analisados por Brown e Drosdoff (1940), que corroboraram as afirmações de Nikiforoff (1937) a respeito da formação por hidrólise dos minerais primários do solo.

Smith e Buol (1968) interpretaram a maior intensidade do intemperismo químico dos horizontes argílicos em relação ao material subjacente, como resultante da formação *in situ* da argila, mas concluíram que os índices de intemperismo mais elevados ocorreram nos horizontes superficiais, baseado no aumento das relações molares de  $\text{CaO}/\text{ZrO}_2$  com a profundidade. A distribuição total de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mantida quase constante com a profundidade, também pode revelar que a argila foi formada por intemperismo *in situ* (NETTLETON et al., 1975).

Em relação ao conteúdo mineralógico, Ducloux et al. (1995) verificaram enriquecimento de argila devido ao aumento das frações de argila fina de esmectita, provavelmente originada da dissolução do material de origem. De acordo com Khormali e Abtahi (2003), em climas áridos, a formação de esmectita *in situ* é favorecida em solos bem drenados, com maior umidade disponível no solo, que propicia um ambiente com potencial de

lixiviação para liberação de potássio dos minerais de mica (principalmente a illita), em ambientes calcários com elevado teor de  $Mg^2$  e alta mobilidade da Si.

O intemperismo das biotitas e dos feldspatos também têm sido relacionados como a fonte primária ou secundária no aumento do conteúdo de argila nos horizontes argílicos (GUNAL, RANSOM, 2006ab). A respeito disso, Parahyba, Santos e Neto (2009) atribuíram o surgimento de contrastes texturais significativos à formação de argilas através da alteração da biotita.

Outro aspecto considerado na formação *in situ* da argila são os solos como baixa permeabilidade, que potencializam a hidrólise devido a influência direta no tempo que a umidade do solo é retida e assim provocando o aumento da capacidade de alteração química, favorecendo a formação de argila (MCFADDEN; WELDON, 1987; REHEIS, 1990). Southard e Southard (1985) acrescentam que nos horizontes argílicos, a presença de argila apenas em alguns poros sugere pouca contribuição dos processos iluviais e atribuem o aumento da argila às alterações químicas *in situ* das partículas na fração silte.

Blank, Young e Lugaski (1996), Elliot e Drohan (2009), Bétard et al. (2009), Câmara (2016) também assinalaram que à formação *in situ* de minerais de argila pode contribuir no desenvolvimento de horizontes argílicos.

Embora os trabalhos mencionados acima considerem que o processo pedogenético discutido aqui é contemporâneo a formação dos solos, por outro lado, outros autores como Southard e Southard (1985), McFadden, Wells e Dohrenwend (1986) e Bronger e Bruhn (1990) associaram a formação de horizontes argílicos à ocorrência de regimes climáticos mais úmidos do que os atuais, que favoreceram as alterações *in situ* através de índices de lixiviação mais intensos.

#### 7.1.1.3 Elutriação

A elutriação é o processo de remoção do material fino do horizonte superficial através da drenagem, que provoca um gradiente textural no solo entre os horizontes A e B (KÄMPF; CURI, 2012).

O contraste textural resultado da erosão diferencial dos horizontes superficiais em relação ao subsuperficiais é uma explicação utilizada com frequência por pesquisadores que trabalharam com horizontes Bt no Nordeste do Brasil (MOTA; OLIVEIRA; GENHARD, 2002; OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009; CÂMARA, 2016). Considerando os eventos de precipitação torrencial no semiárido nordestino (CHAVES; FREIRE; AMORIM NETO, 1985), associados a baixa condutividade hidráulica que potencializa o escoamento

superficial, esses autores explicam que ocorre a remoção das frações mais finas, como a argila. Essa interpretação é corroborada por Parahyba, Santos e Neto (2009), que concluíram que as diferenciações texturais na quantidade de argila entre os horizontes estão associadas com maiores ou menores perdas laterais em superfície, por dissolução e/ou por arraste mecânico.

#### 7.1.1.4 Transporte eólico de argila

As adições eólicas são frequentemente relatadas como importante fonte de material argiloso para a formação de horizontes argílicos. Gile (1975, 1977) observou que em materiais de origem com textura grossa, parte da argila iluviada é derivada do transporte eólico de partículas.

Considerando a disponibilidade dos elementos químicos nos solos, Ruhe (1984) considera que horizontes Bt com elevada saturação por bases indicam ausência de intemperismo intenso, logo a argila que compõe esses horizontes foi originada por fontes externas, provavelmente poeira eólica.

No entanto, a distinção da argila formada por intemperismo químico, em relação à proveniente de adição de material eólico é difícil (MCFADDEN; WELDON, 1987). Esses autores consideram a incorporação de poeira eólica como uma das mais importantes variáveis no desenvolvimento dos solos, o qual é fonte primária de silte, óxidos de ferro e argilas. A acumulação desses elementos interfere na redução da permeabilidade, que associado com a lixiviação forte e pH ácido, impulsionam intemperismo químico, e conseqüentemente a formação de argilas (MCFADDEN; WELDON, op cit.; WELLS; MCFADDEN; DOHRENWEND, 1987; REHEIS et al., 1995).

A respeito do conteúdo de argilominerais, Elliot e Drohan (2009) concluíram que a adição eólica foi reconhecida como uma importante fonte de material para a formação de illita e vermiculita em horizontes Bt em climas secos. Outros autores como Reheis (1988), Holliday (1990), Wells, McFadden e Schultz (1990), Nettleton, Price e Bowman (1990), Dan (1983, 1990), McFadden et al. (1992), Reheis et al. (1992), Reid et al. (1993), Gunal e Ransom (2006b), Khresat e Qudah (2006) também sustentam a importância dos processos eólicos no fornecimento de argila para a formação de horizontes argílicos.

#### 7.1.1.5 Herança de argila do material de origem

As argilas herdadas da rocha matriz podem ser um fator responsável no aumento do conteúdo de argila e formação de horizontes Bt/argílicos, quando os minerais primários,

com exceção da biotita, estarão apenas levemente intemperizados (NETTLETON; PRICE; BOWMAN, 1990).

Considerando a presença dos argilominerais caulinita e paligorsquita, Khormali e Abathi (2003) concluíram que suas ocorrências são devido à herança de rochas do Cretáceo e de solos dos platôs de regiões áridas, respectivamente. Do mesmo modo, Gunal e Ransom (2006a) também atribuíram a presença de caulinita e esmectita a herança das rochas matriz.

Outras evidências que suportam esse processo de acordo com Ozaytekin, Mutlu e Dedeoglu (2012) são as taxas de intemperismo e anomalias de Ce e Eu (utilizados como indicadores de intemperismo e condições de oxidação nos solos) muito próximas, o que indicam que as argilas foram herdadas e não originadas por neoformação.

#### 7.1.2 Rompimento, deformação ou ausência de feições de argilas

Os solos Bt/argílicos que ocorrem em regiões áridas/semiáridas estão sujeitos à perturbação ou obliteração de suas feições argílicas devido ações de ordem natural (presença de bioturbações), química (conteúdo de carbonato de cálcio) ou propriedades do solo (atividades de contração e retração).

##### 7.1.2.1 Bioturbações

Hugie e Passey (1963) verificaram que o movimento das cigarras (fase ninfa) no solo, produzem tocas preenchidas por material autóctone, denominadas de *krotovinas*, que afetam as estruturas dos solos, o que restringe o desenvolvimento de horizontes Bt e evita a formação de argilãs (revestimentos de argila) nos *peds* e poros no interior de um determinado horizonte. Ou seja, as feições produzidas pela orientação das argilas podem ser afetadas pelas atividades biológicas. Tal fato é corroborado por outros autores, como Buol e Yesilsoy (1964) que atribuem a ausência de películas de argila a distúrbios físicos e mistura de caráter natural do material do solo.

As películas de argila que ocorrem em horizontes argílicos com pouca profundidade estão mais susceptíveis ao rompimento pelas raízes e fauna (GILE; GROSSMAN, 1968), ou sua formação pode ser amplamente restringida devido à atividade de minhocas (GRAHAM; WOOD, 1991). Nesse sentido, Eghbal e Southard (1993b) identificaram horizontes Btk alterados pela ação da fauna, mais especificamente, de roedores.

##### 7.1.2.2 Carbonato de cálcio

Para Gile e Grossman (1968), Gile (1975) e Khardemi e Mermut (2003) a acumulação de carbonato de cálcio pode obliterar quaisquer películas de argila e ainda

complementam que os revestimentos de argila sobre superfícies de materiais com frações granulométricas maiores, como seixos ou areia, tendem a acumular carbonatos preferencialmente. Em seções delgadas esses rompimentos podem ser verificados através de revestimentos descontínuos sobre os grãos.

Ocorre também a coexistência de carbonato de cálcio e feições de argila, na qual a cimentação carbonática se conecta ao horizonte argílico, impedindo que a água do solo percole livremente e, conseqüentemente, a formação de revestimentos de argila (GILE; PETTERSON; GROSSMAN, 1966; GILE; GROSSMAN, 1968; REHEIS, 1987).

Outros autores como Khormali et al. (2003), identificaram horizontes argílicos em solos ricos em carbonato de cálcio, com vários canais de revestimentos de argila cobertos por depósitos de calcita, como resultado do processo de decalcificação (períodos menos áridos) e recalcificação (períodos mais secos).

É admitido comumente que a ocorrência simultânea de processos de iluviação e de acumulação carbonática são contraditórios, pois a liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  pode causar a floculação da argila, e conseqüentemente redução da iluviação (DREGNE, 1976; REHEIS, 1990; KHADEMI; MERMUT, 2003; GUNAL; RANSOM, 2006a; ELLIOT; DHOHAN, 2009).

Nos climas áridos/semiáridos a coexistência de horizontes Bt/argílicos e cálcicos (Bk) é recorrente e possui interpretações distintas sobre o comportamento dos processos pedogenéticos, ou ainda, a respeito das características paleoambientais vigentes.

Contrariamente aos autores supracitados, Reheis (1988) observou em horizontes Btk a resistência de revestimentos de argila de grãos, em oposição à fração grossa durante a substituição pelo carbonato de cálcio, devido à composição mineralógica dos grãos ser mais vulnerável ao intemperismo. A ocorrência conjunta entre feições argílicas e calcíticas foi mencionada por Ransom e Bidwell (1990), que identificaram horizontes com acumulação de carbonato constituídos por argilãs revestidos por calcãs, porém, sem evidências de obliteração nas feições. A respeito disso, Pal, Srivastava e Bhattacharyya (2003) também contestaram que a abundância de carbonato poderia prevenir o desenvolvimento de horizontes argílicos. Em vez disso, consideraram que a precipitação de  $\text{CaCO}_3$  criou um ambiente de carbonato e bicarbonato de sódio que facilitou a defloculação das partículas de argila e sua subsequente deposição nas partes inferiores do solo. Gunal e Ransom (2006a) também identificaram iluviação de argila e acumulação carbonática em horizontes Btk, e verificaram a sobreposição dos carbonatos em relação aos filmes de argila, sem rompimento das feições.

Com relação às inferências paleoambientais sobre o período de formação desses horizontes, Reheis (1987) e Birkeland et al. (2003) interpretaram a acumulação de carbonato de cálcio em horizontes argílicos como resultado de mudanças climáticas, para a predominância de condições mais áridas que permitiram a precipitação dos carbonatos nos horizontes que a argila foi formada ou iluviada, ou então devido ao impedimento da percolação livre da água quando a parte inferior do horizonte argílico é cimentada pelos carbonatos.

Khademi e Mermut (2003) sugerem estágios múltiplos de pedogênese na paisagem, desenvolvida sob condições climáticas mais úmidas, com maior disponibilidade de precipitação, que permitiu a eluviação dos carbonatos da parte superior do perfil, para formar os horizontes argílicos.

#### 7.1.2.3 Contração e expansão das argilas

Os horizontes com potencial elevado de contração e expansão (*shrink-swell potencial*) da argila, decorrente dos ciclos de dessecação e umectação (*drying-weting cycles*) do solo, podem prevenir a formação de feições de argila ou destruir quaisquer preexistentes nos horizontes Bt/argílicos.

O processo de expansão e contração das argilas, que é característico de ambientes com oscilação nos índices de umidade, pode obliterar parcial ou totalmente as feições argílicas (NETTLETON et al., 1975; LEVINE; HENDRICKS, 1990; KHORMALI; et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2008).

Para Gile e Grossman (1968) as superfícies das estruturas sofrem desgaste durante a expansão e novas superfícies surgem com a contração, em que os filmes de argilas antigos podem ser incorporados no interior da estrutura, formando revestimentos sobre os grãos. Nettleton, Flach e Brasher (1969) complementam que os horizontes argílicos que possuem estruturas instáveis e submetidas a muitos ciclos de umectação e ressecamento, dificilmente desenvolveram películas de argila.

Além disso, as fábricas birrefringentes de reorientação de argila ao redor dos grãos e poros, como na fábrica birrefringente estriada cruzada, são evidências de rompimento das películas de argila devido à atividade intensa da expansão e contração de argilas, provocada pelos recorrentes ciclos de umectação e ressecamento do solo (SMITH; BUOL, 1968; GUNAL; RANSOM, 2006a).

## 7.2 Paleossolos com horizontes Bt/argílicos

### 7.2.1 Formação e desenvolvimento dos paleossolos com horizontes Bt/argílicos

Os processos de iluviação têm sido atribuídos com frequência à gênese dos paleossolos (GILE, 1979; RUHE, 1984; HOLLIDAY, 1990), que podem ser confirmados por características macromorfológicas, como a presença de revestimentos de argila dispostos nas faces das estruturas (KLEBER, 2000; BASILICI; DAL' BÓ, 2010) e/ou aumento no percentual desses revestimentos comparando-se com o horizonte subjacente (BUCK; MACK, 1995; GOSH, 1997).

Entretanto, são as análises micromorfológicas que têm sido utilizadas substancialmente para conhecer os processos pedogenéticos envolvidos na formação dos paleossolos. Admite-se a influência da iluviação na formação de horizontes Bt/argílicos através da identificação de revestimentos de argila livres (HOLLIDAY, 1985b; QUADE; CERLING, 1995; BUCK; MACK, 1995; HOLLIDAY; RAWLING, 2006; DAL' BÓ, 2008; DAL' BÓ et al., 2009), ou impregnadas nos grãos (HOLLIDAY, 1985a; BUCK; MACK, 1995; NETTLETON; CHADWICK, 1996; BASILICI; DAL' BÓ, 2010; PEREIRA, 2014; PEREIRA; BATEZELLI; LADEIRA, 2015; SILVA, 2016; BATEZELLI et al., 2018; NASCIMENTO; BATEZELLI; LADEIRA, 2019), ou de poros (HENDRICKS, 1974; NETTLETON; CHADWICK, 1996; RANSOM; BIDWELL, 1990; DAL' BÓ, 2008; DAL' BÓ et al., 2009; NASCIMENTO; LADEIRA; BATEZELLI, 2017; BATEZELLI et al., 2018).

A fábrica granoestriada indica orientação por estresse da fração fina, causada pela contração e expansão das argilas, a partir dos ciclos de dessecação e umectação do solo (NETTLETON; FLACH; BRASHER., 1969), que pode ser reforçada pela presença de argilões de grãos irregulares (RANSOM; BIDWELL, 1990). A respeito disso, Eghbal e Southard (1993a) e Bronger, Brhun-Lobin e Heinkele (1994) entendem que a ausência desses argilões orientados nos paleossolos com horizontes Bt/argílicos pode ser indicativa de formação de argila por intemperismo *in situ* e/ou devido a obliteração das feições propriamente ditas, seja por movimentos de expansão e contração das argilas (HENDRICKS, 1974; ALLEN; GOSS, 1974) ou a precipitação de carbonatos (ALLEN; GOSS, op cit.). A argila originada por intemperismo *in situ* também pode ser verificada através do aumento nos valores das relações molares de  $Al_2O_3/SiO_2$  (SRIVASTAVA et al., 2013).

A adição de argila por transporte eólico e infiltração mecânica no solo posteriormente, também pode contribuir para o desenvolvimento dos paleossolos com horizontes Bt/argílicos (HOLLIDAY, 1985a). Outro indicativo de deposição eólica nesses

horizontes é o aumento do conteúdo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (MCFADDEN; WELLS; DOHRENWEND, 1986).

Contudo, McFadden et al. (1992) afirmam que o desenvolvimento desses paleossolos sob materiais com granulação de cascalho é comprometido devido sua elevada permeabilidade, que implica em translocação profunda das partículas eólicas e solutos. Por outro lado, horizontes argílicos impregnados por carbonato de cálcio possuem uma capacidade de infiltração no solo significativamente limitada, que causa o aumento no escoamento superficial (WELLS et al. 1985). Eghbal e Southard (1993b) consideram que os horizontes Bt que estão localizados próximos às drenagens são mais atingidos pela erosão, sobretudo em terrenos com declividade, e podem atuar diretamente na redução do conteúdo de argila desses paleossolos.

Também ocorrem frequentemente a presença de paleossolos com horizontes Btk, isto é, que possuem acumulação de argila e enriquecimento com carbonato de cálcio. Para alguns autores a justificativa desses horizontes deve-se aos processos de decalcificação e recalcificação (GOSS; SMITH, STEWART, 1973; ALLEN; GOSS, 1974), ou por um ocasional rebaixamento do lençol freático (HOLLIDAY, 1985a), ou a iluviação de argila precede o “engolimento” pelo carbonato de cálcio, assim preservando as feições argílicas (ALLEN; GOSS, 1974; MCFADDEN; WELLS; DOHRENWEND, 1986; HOLLIDAY, 1990; RANSOM; BIDWELL, 1990; EGHBAL; SOUTHARD, 1993a, 1993b; KLEBER, 2000).

A coexistência de propriedades calcíticas e argílicas pode ser evidenciada micromorfologicamente através de revestimentos de argila e ferro intercalados/recobertos por revestimentos de calcita, que geralmente são associadas às oscilações dos períodos úmidos e secos (DAL' BÓ, 2008; BASILICI; DAL' BÓ; LADEIRA, 2009; DAL' BÓ et al., 2009). A superimposição dos óxidos de ferro sobre a cimentação carbonática, também pode revelar a ordem cronológica desses eventos, inicialmente representada pela obliteração das distribuições relativas porfíricas e posterior substituição pelas distribuições enáulicas (SILVA, BATEZELLI; LADEIRA, 2017a), que poderiam estar associadas as condições climáticas de menor aridez, seja localmente ou regionalmente (SILVA, BATEZELLI; LADEIRA, 2017b). Entretanto, Goss, Smith e Stewart, 1973, Aguilar et al. (1983) e Holliday (1985b) afirmam que é possível a ocorrência simultânea de argila iluvial com carbonato de cálcio em materiais calcários de granulação média.

### 7.2.2 O paleoclima da Formação Marília baseado em análises paleopedológicas

Os paleossolos que evoluíram sob paleoclima árido e/ou semiárido, caracterizados por horizontes Bt/argílicos, revelam informações significativas a respeito dos paleoambientes vigentes, considerando que condições climáticas áridas/semiáridas podem dificultar enormemente o desenvolvimento desses horizontes.

Os paleossolos com horizontes Bt/argílicos têm sido considerados como importantes indicativos de períodos longos de estabilidade da superfície deposicional ou não-deposição, que resultam na preponderância dos processos pedogenéticos, e também à maior disponibilidade de umidade, sob climas áridos/semiáridos propriamente (ALLEN; GOSS, 1974; HOLLIDAY, 1990; EGHBAL; SOUTHARD, 1993a; LADEIRA, 2001; LADEIRA; SANTOS, 2005; LOURENÇO, 2007; DAL' BÓ, 2008; DAL' BÓ et al., 2009; BASILICI; DAL' BÓ; LADEIRA, 2009; DAL' BÓ; BASILICI; ANGÉLICA, 2010; BASICILI; DAL' BÓ, 2010; VILELA, 2010; DAL' BÓ; BASILICI, 2011; PRANDI, 2012; GALHARDO, 2012; PEREIRA, 2014; ALVES, 2014; PEREIRA; BATEZELLI; LADEIRA, 2015; BASILICI; DAL' BÓ; OLIVEIRA, 2016; SILVA, 2016; NASCIMENTO; LADEIRA; BATEZELLI, 2017; SILVA; BATEZELLI; LADEIRA, 2017ab; SILVA; BATEZELLI; LADEIRA, 2018), ou então, climas mais úmidos (MCFADDEN; WELLS; DOHRENWEND, 1986; BRONGER; BRUHN-LOBIN; HEINKELE, 1994; BUCK; MACK, 1995; KLEBER, 2000; KEMP; ZÁRATE, 2000), indicando uma evolução num período climático diferente.

Diante disso, muitos autores utilizaram cálculos para estimar as médias anuais de paleoprecipitação que ocorreram durante a formação dos paleossolos, para corroborar a associação de períodos mais úmidos, ainda sob climas áridos/semiáridos, durante a evolução desses horizontes Bt/argílicos. Os índices de paleoprecipitação são estimados através da equação apresentada por Sheldon, Retallack e Tanaka (2002):  $MAP \text{ (mm)} = 221e^{0,0197(CIA-K)}$ , que possui  $R^2 = 0.72$  (coeficiente de determinação) e  $s = \pm 182$  mm (desvio padrão). Os índices de alteração química (CIA), originalmente definido por Nesbit e Young (1982), são obtidos pela seguinte equação:  $CIA = 100 \times [(Al_2O_3)/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O)]$ . Posteriormente, foi modificado para CIA-K, o qual o potássio foi desconsiderado devido à possibilidade de adição por metassomatismo (MAYNARD, 1992).

A respeito desses trabalhos, a Formação Marília possui vários registros das estimativas de paleoprecipitação que vigoraram durante a formação desses horizontes. Nos paleossolos identificados no estado de São Paulo, em Duartina, obteve-se valores de 850 mm/ano (PAVIA JUNIOR, 2001), em Monte Alto, 100 a 200 mm/ano (DAL' BÓ; LADEIRA, 2006), e 570 a 870 mm/ano em *Aridisols* (DAL' BÓ; BASILICI, 2010), em Marília, 922 a

1018 mm/ano em *Aridisols* (DAL' BÓ; BASILICI, 2010), em Piratininga, 881 mm/ano e Garça, 605 mm/ano (SILVA; BATEZELLI; LADEIRA, 2016; SILVA, 2016). Em Itajá (GO) as médias variam entre 518 e 1078 mm/ano (*Aridisol*) e 843 e 962 mm/ano (*Alfisol*) (DAL' BÓ; BASILICI; ANGÉLICA, 2010; DAL' BÓ; BASILICI, 2010). Em Campina Verde (MG), foram verificados valores médios de 490 mm/ano (PEREIRA, 2014; PEREIRA; BATEZELLI; LADEIRA, 2015) e 330 e 431 mm/ano (ALVES, 2014).

No entanto, é importante perceber que os índices de paleoprecipitação dispostos acima não revelam a predominância de paleoclimas áridos ou semiáridos, ao contrário, poderiam indicar classificações climáticas mais úmidas. Para Silva (2016) e Silva, Batezelli e Ladeira (2016) o uso dessas metodologias em estudos com enfoque paleopedológico não pode ser considerada isoladamente, para evitar interpretações equivocadas ou incompatíveis com a evolução climática da Formação Marília, logo devem ser complementares às análises macro-micromorfológicas e mineralógicas, incluindo os processos pedogenéticos que ocorrem ao longo das vertentes.

### 7.3 Síntese – Solos e paleossolos de climas áridos e semiáridos

A origem e evolução dos horizontes Bt/argílicos em solos e paleossolos sob climas áridos e semiáridos têm sido baseadas na sucessão ou simultaneidade de processos pedogenéticos distintos (perfis poligenéticos).

A iluviação de argila é um dos processos pedogenéticos mais frequentes na formação desses horizontes, que normalmente é confirmada pela deposição de argila orientada, na forma de filmes, películas ou revestimentos, embora não sejam indicativos absolutos de iluviação quando ocorrem restritamente na fração grossa (GILE; GROSSMAN, 1968), ou dissociadas de outras propriedades pertinentes ao horizontes Bt, como grau de desenvolvimento das estruturas, disposição das argila orientadas (HOLLIDAY, 1990; EMANDI et al., 2008), distribuição de argila no solo (SMITH; BUOL, 1968; NETTLETON et al., 1975; HOLLIDAY, 1985c; SOUTHARD; SOUTHARD, 1985; KHADEMI; MERMUT, 2003), quantidade de óxidos em profundidade (NETTLETON et al., op cit.) e granulometria dominante (GILE; GROSSMAN, 1968; GILE, 1975; MCFADDEN; WELDON, 1987).

No entanto, todas essas características também são relevantes na alteração química dos minerais, e subsequente formação de argila *in situ*. Os contrastes texturais verificados e a oscilação (ou não) da quantidade de  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$  entre os horizontes A e B podem estar enormemente associados ao intemperismo mais elevado (NETTLETON et

al.,1975), assim como a permeabilidade maior ou menor do solo, que pode (ou não) aumentar a lixiviação dos minerais herdados das rochas (MCFADDEN; WELDON, 1987; KHORMALI; ABTAHI, 2003). Porém, a alteração do contraste textural também pode estar relacionada aos processos de elutriação como resultado da erosão diferencial entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, isto é, sem associação com o intemperismo químico (MOTA; OLIVEIRA; GENHARD, 2002; OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009; CÂMARA, 2016).

Do mesmo modo, a contribuição de argila por transporte eólico ocorrente em solos caracterizados por materiais de granulação grossa pode aumentar a translocação de argila (GILE, 1975; 1977) e, conseqüentemente, o conteúdo e deposição desta no horizonte, ou acumular-se o suficiente para impulsionar a formação de argila *in situ* (MCFADDEN; WELDON, 1987; WELLS; MCFADDEN; DOHRENWEND, 1987; REHEIS et al., 1995).

Reconhecer a interação dos processos supracitados é imprescindível para entender a gênese dos horizontes Bt/argílicos, mesmo que haja o predomínio de um processo pedogenético na formação desses horizontes, ainda é natural que haja a influência de outros processos, embora a diferenciação das feições produzidas por cada um poderá ser excessivamente difícil ou irrealizável, considerando a possível sobreposição, ou também, a obliteração parcial ou total destas feições, devido a natural mudança dos fatores que controlam a formação dos solos, que estão sujeitos à causalidade da paisagem. Ou seja, parte da história evolutiva desses horizontes pode ser omitida devido a maior influência das atividades biológicas (fauna e flora) (HUGIE; PASSEY; 1963; BUOL; YESILSOY, 1964; GILE; GROSSMAN, 1968; EGHBAL; SOUTHARD, 1993b), acumulação de carbonato (GILE; GROSSMAN, 1968; GILE, 1975; KHARDEMI; MERMUT, 2003), expansão e contração das argilas (NETTLETON et al., 1975; LEVINE; HENDRICKS, 1990; KHORMALI; ABTAHI, 2003; OLIVEIRA et al., 2008), provocando o rompimento e desorganização das argilas orientadas, ou então, impedindo sua formação.

Muitos autores entendem que os perfis poligenéticos revelam mudanças tanto paleoclimáticas, baseadas na disponibilidade maior de umidade no ambiente, mesmo que seja temporária, ou uma alternância climática propriamente, como também paleoambientais, mediante estabilidade da paisagem maior ou menor em relação à sedimentação, que interfere diretamente no grau de desenvolvimento dos solos. Em contrapartida, outros autores interpretam a coexistência de propriedades do solo que teoricamente têm sido atribuídas a condições climáticas e ambientais discrepantes (ex. propriedades argílicas e calcíticas num mesmo horizonte), como efetivamente possíveis (GOSS; SMITH; STEWART, 1973;

AGUILAR et al., 1983; HOLLIDAY, 1985b; RANSOM; BIDWELL, 1990; GUNAL; RANSOM, 2006a), ou até mesmo necessárias para a melhor exposição das feições (PAL; SRIVASTAVA; BHATTACHARYYA, 2003).

## 8. RESULTADOS

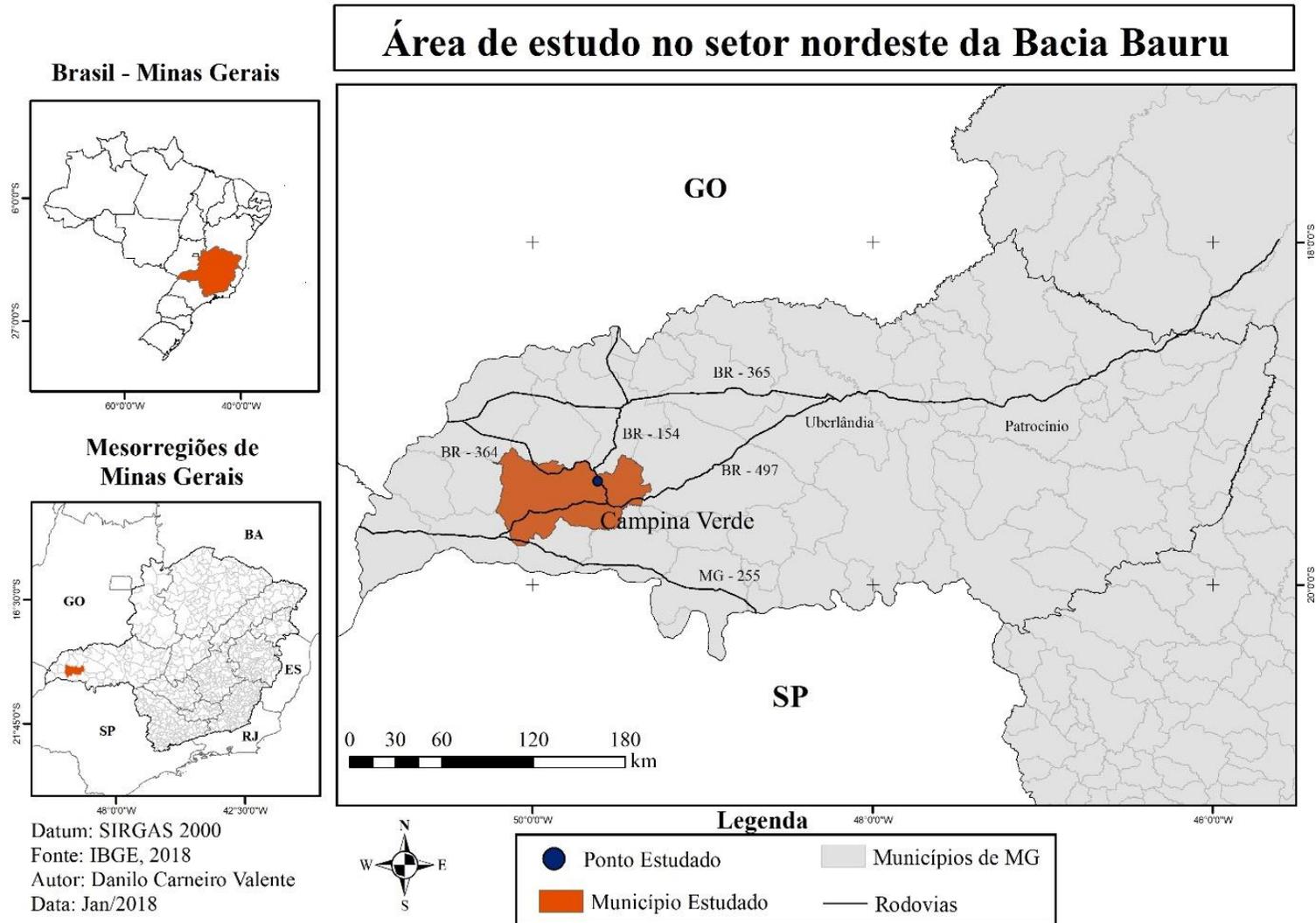
As características macromorfológicas (Apêndice B), micromorfológicas (Apêndice C) e químicas (Apêndice D) dos perfis de paleossolos levantados da Formação Marília foram organizados conforme a localização no interior da Bacia Bauru, assim como nas descrições a respeito da litologia e paleoambiente, subdividindo-a nos setores sudeste, noroeste e nordeste.

### 8.1 Caracterização macromorfológica dos paleossolos

#### 8.1.1 Setor nordeste da Bacia Bauru

O setor nordeste corresponde aos registros encontrados no estado de Minas Gerais, que ocorrem exclusivamente no município de Campina Verde (Figura 8.4).

Figura 8.4: Área de estudo no setor nordeste da Bacia Bauru.



Fonte: IBGE, 2018.

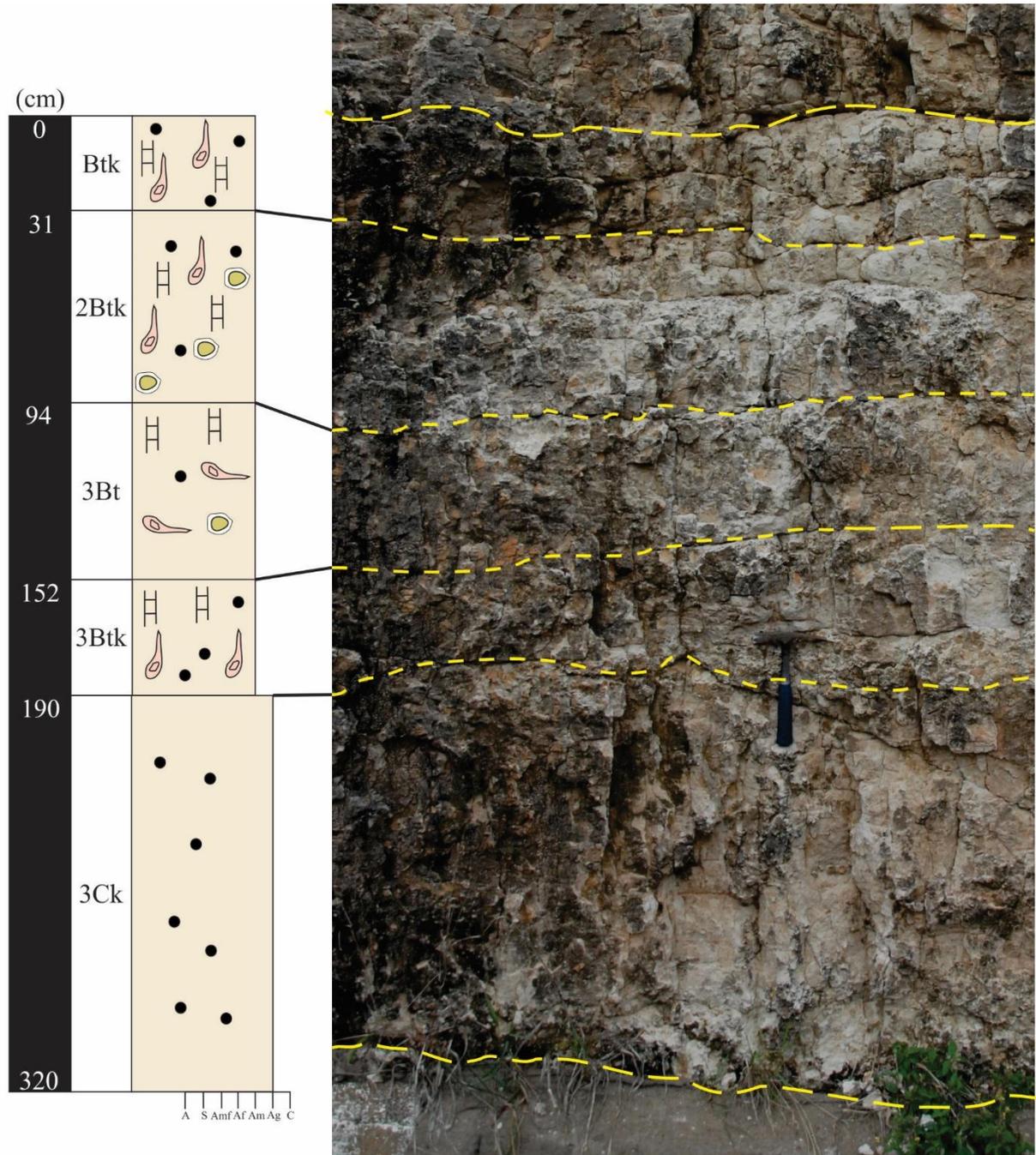
#### 8.1.1.1 Campina Verde (MG)

Identificou-se um perfil de paleossolo com 3,20 m de espessura, composto pela sequência de horizontes Btk, 2Btk, 3Bt, 3Btk e 3Ck (Figura 8.5). Ao longo do perfil, a cor que predomina nos horizontes é 10YR8/1 (branco), com nódulos 10YR5/8 (bruno-amarelado), revestimentos de calcita brancos, bioturbações 10R6/6 (vermelho-claro) e, eventualmente, partes mais claras ou escuras indefinidas. As texturas arenosas são preponderantes nos horizontes.

As estruturas pedogenéticas são prismáticas, muito grandes, com variação no comprimento entre 20 e 13 cm e na largura de 14 a 9 cm, em geral, fortemente desenvolvidas (Figura 6).

A cerosidade é representada pela presença de revestimentos de calcita brancos nos horizontes 2Btk e 3Bt, e ocorrem de forma abundante e rara, respectivamente. As atividades biológicas foram reconhecidas em todos os horizontes, com exceção do horizonte 3Ck. No horizonte 3Btk, as bioturbações estão alongadas preferencialmente na horizontal. Observou-se a ocorrência de nódulos carbonáticos nos horizontes, que se concentram mais próximo da base, nos horizontes inferiores 3Btk e 3Ck, de maneira geral dispostos em formato esférico e irregular (Figura 8.6).

Figura 8.5: Perfil de paleossolo em Campina Verde (MG).



Legenda

 Bioturbações     
  Nódulos carbonáticos     
  Estrutura prismática

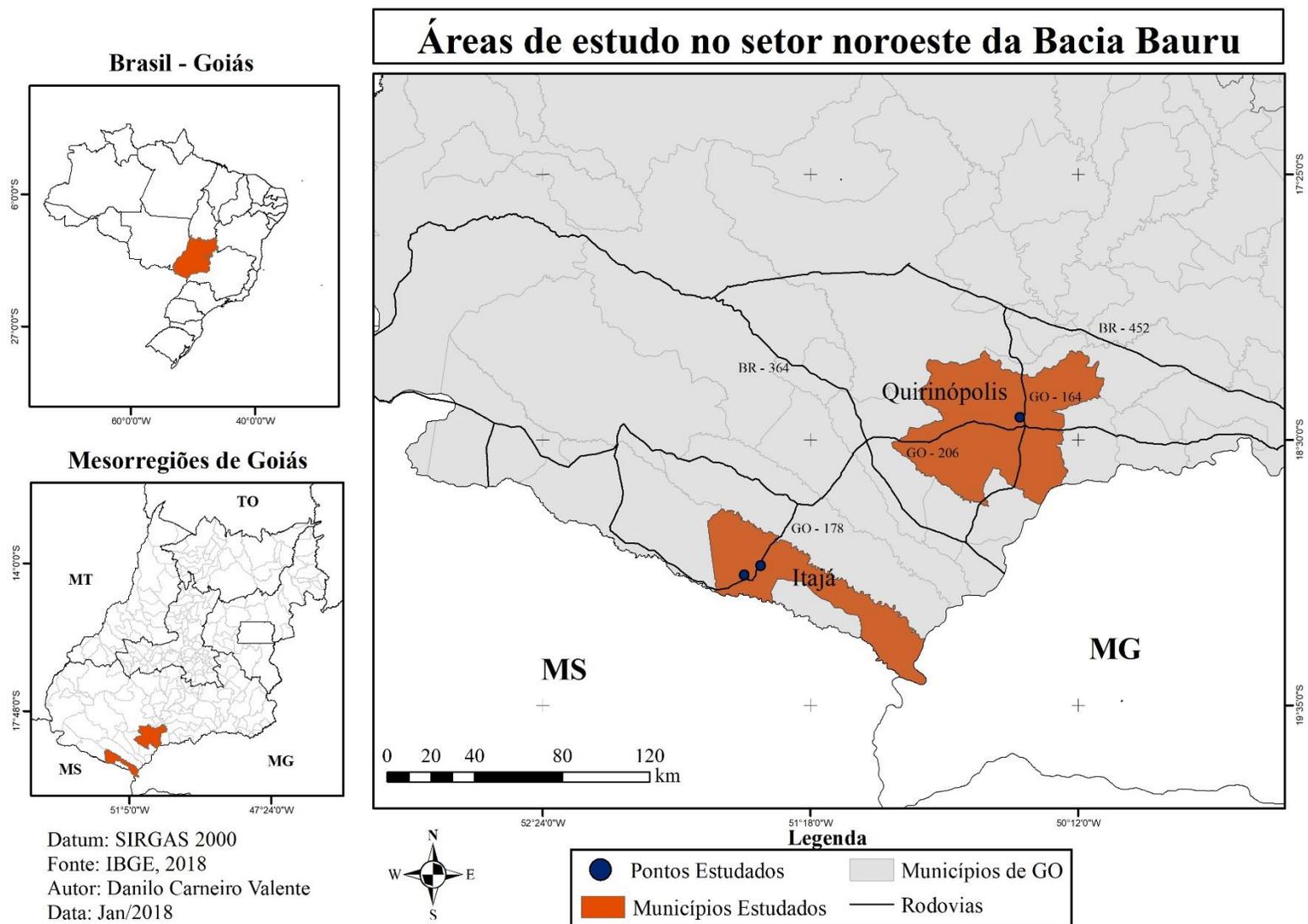
Figura 8.6: Estruturas prismáticas (setas vermelhas) e nódulos carbonáticos irregulares e/ou esféricos (setas amarelas).



#### 8.1.2 Setor noroeste da Bacia Bauru

O setor noroeste contempla os afloramentos no estado de Goiás, situados nos municípios de Itajá e Quirinópolis (Figura 8.7).

Figura 8.7: Áreas de estudo no setor noroeste da Bacia Bauru.



Fonte: IBGE, 2018.

### 8.1.2.1 Itajá (GO)

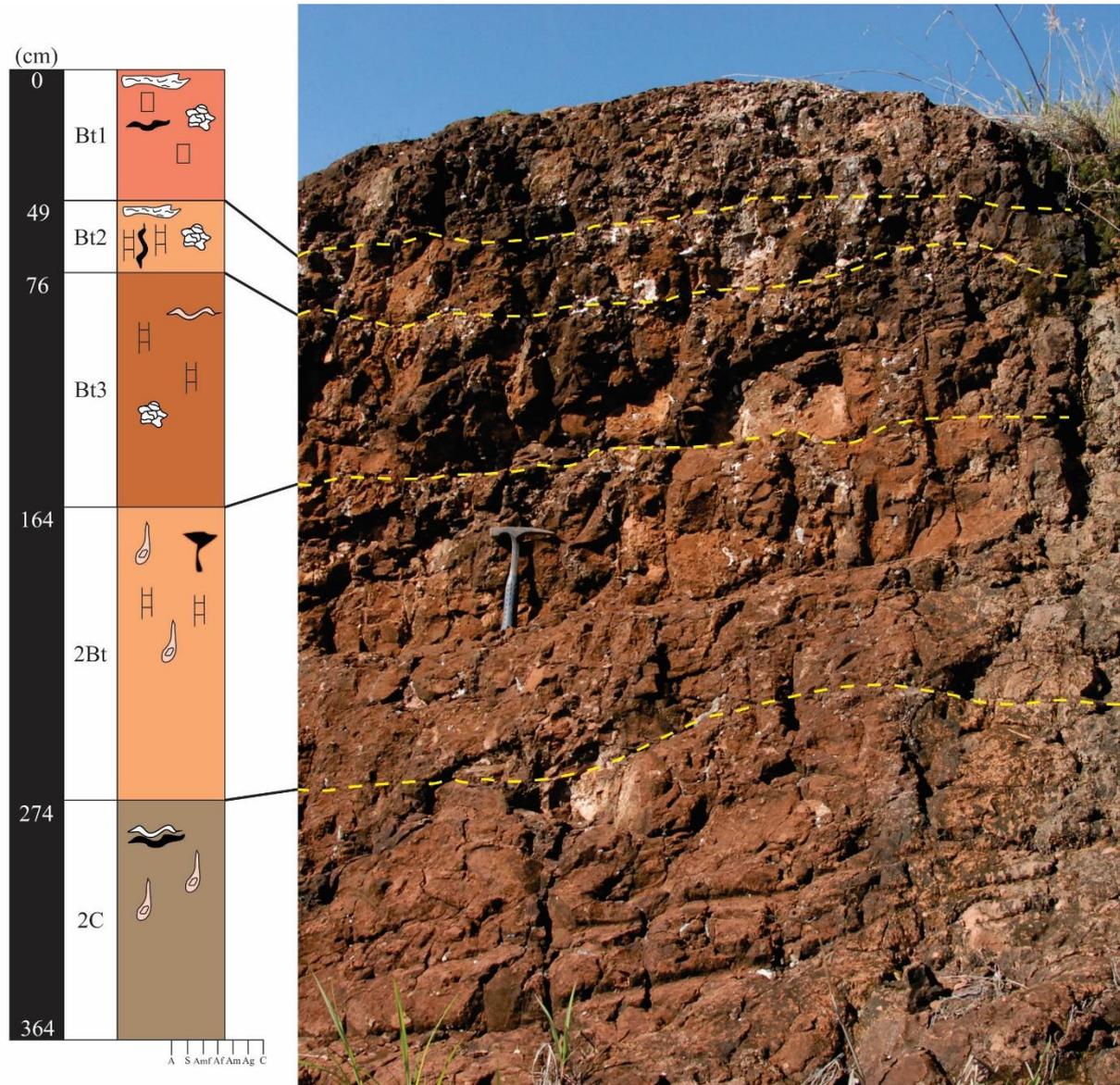
Em Itajá foi descrito um perfil de paleossolo localizado em afloramento próximo à estrada não pavimentada, que fica localizada à aproximadamente 4 km da cidade. O perfil possui 3,64 metros de espessura e apresenta a seguinte sequência de horizontes: Bt1, Bt2, Bt3, 2Bt e 2C (Figura 8.8). As cores identificadas são 10R6/8, 10R6/6 ambas vermelho-claro, 10R4/3 (vermelho-acinzentado), além de cores variegadas 10R5/8 (vermelho) com 10R5/2 (vermelho-acinzentado) e 10R5/2 (vermelho-acinzentado) com 10R6/6 (vermelho-claro), cimento carbonático 10R8/1 (branco) (Bt1) e 5YR8/1 (branco) (Bt2), bioturbações 5YR5/6 (vermelho-amarelado) e películas pretas e brancas. Todos os horizontes apresentam textura arenosa.

As estruturas pedogenéticas estão presentes em todos os horizontes, exceto no horizonte 2C. Verificou-se estrutura em blocos, grandes, de 3 a 5 cm de comprimento, fortemente desenvolvidos, e estruturas prismáticas, muito grandes a médias, com variações nas medidas entre 5 e 30 cm de comprimento, e 7 a 18 cm de largura, todas estas fortemente desenvolvidas (Figura 8.9-A).

Observou-se películas pretas e brancas, semelhantes a cerosidade e, pontualmente, no horizonte Bt2, revestindo as superfícies das unidades estruturais. A transição entre os horizontes Bt2 e Bt3 é marcada por cimentação carbonática incipiente intergranular, sem formação de nódulos.

As evidências de atividade biológica ocorrem em todos os horizontes, com dimensões entre 5 a 8 mm. No horizonte 2Bt foi verificado uma cavidade na posição vertical, sem ramificações, com o interior preenchido por calcita esparítica (Figura 8.9-B). Todas as bioturbações presentes no perfil de paleossolo possuem preenchimento por calcita.

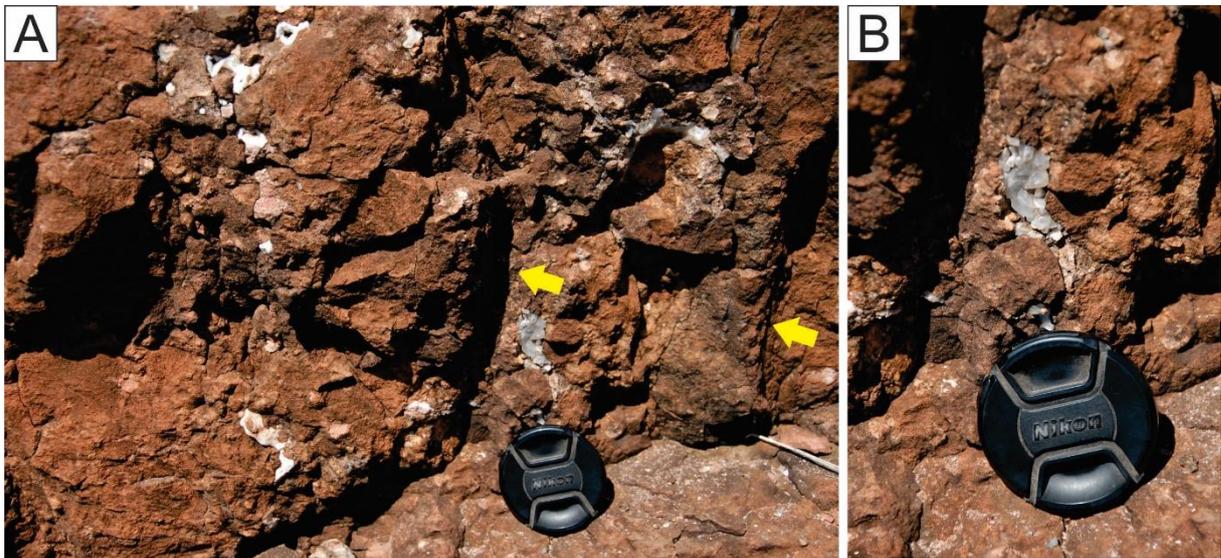
Figura 8.8: Perfil de paleossolo em Itajá (GO).



Legenda

- |  |   |   |  |
|--|---|---|--|
|  Bioturbações |  Cimento carbonático |  Estrutura em blocos |  Estrutura prismática |
|  Cristalárias |  Películas           |  Cavidades           |  |

Figura 8.9: A) Horizontes 2Bt. Estruturas prismáticas muito grandes (setas amarelas); B) Horizonte 2Bt. Cavidade preenchida por calcita esparítica.



#### 8.1.2.2 Quirinópolis (GO)

O afloramento selecionado no município de Quirinópolis está localizado em corte exposto na Estrada da Serra, que permite o acesso às antenas que fazem parte da rede de distribuição dos serviços de telecomunicações da cidade. Possui espessura de 32,45 metros. Trata-se de uma sucessão sedimentar composta pela sobreposição vertical de paleossolos e depósitos.

Identificou-se 11 perfis de paleossolos, geralmente referentes a horizontes C, sem evidências de formação de horizontes Bt. Apenas nos perfis 5 e 11 (horizontes Bt e Bss, respectivamente), foram reconhecidas características macromorfológicas indicativas de horizontes Bt, como desenvolvimento de estruturas e cerosidade. A seguir a descrição tratará estritamente dos perfis 5 e 11, devido o escopo desse trabalho.

O perfil de paleossolo 5 apresenta espessura de 3,80 m (Figura 8.10). A sequência de horizontes do topo para a base é Bt1, Bt2 e C. As cores variam entre 10YR5/4 (bruno-amarelado) e 10R6/3 (vermelho-claro-acinzentado), com películas 10R8/1 (branco) e bioturbações 7,5YR8/2 (branco-rosado). As texturas arenosas são preponderantes. As estruturas pedogenéticas nos horizontes Bt, são blocos muito grandes, com 12 cm de comprimento e 12 cm de largura, prismáticas, muito grandes, de 16 cm de comprimento, todos estas fortemente desenvolvidas, e compostas por blocos, que variam entre muito grande e grande, entre 4 e 6 cm de comprimento, também, fortemente desenvolvidos (Figura 8.11). A presença de cerosidade verificada é forte e abundante, a partir de películas brancas de argilas,

que eventualmente recobrem as unidades estruturais. Entre os horizontes Bt1 e Bt2 observou-se aumento gradativo em profundidade, em relação ao conteúdo de calcita espática no contato entre as estruturas. Em todos os horizontes as atividades biológicas são comuns, com diâmetro entre 4 a 8 mm e preenchimento por carbonatos.

Figura 8.10: Perfil de paleossolo 5 em Quirinópolis (GO).

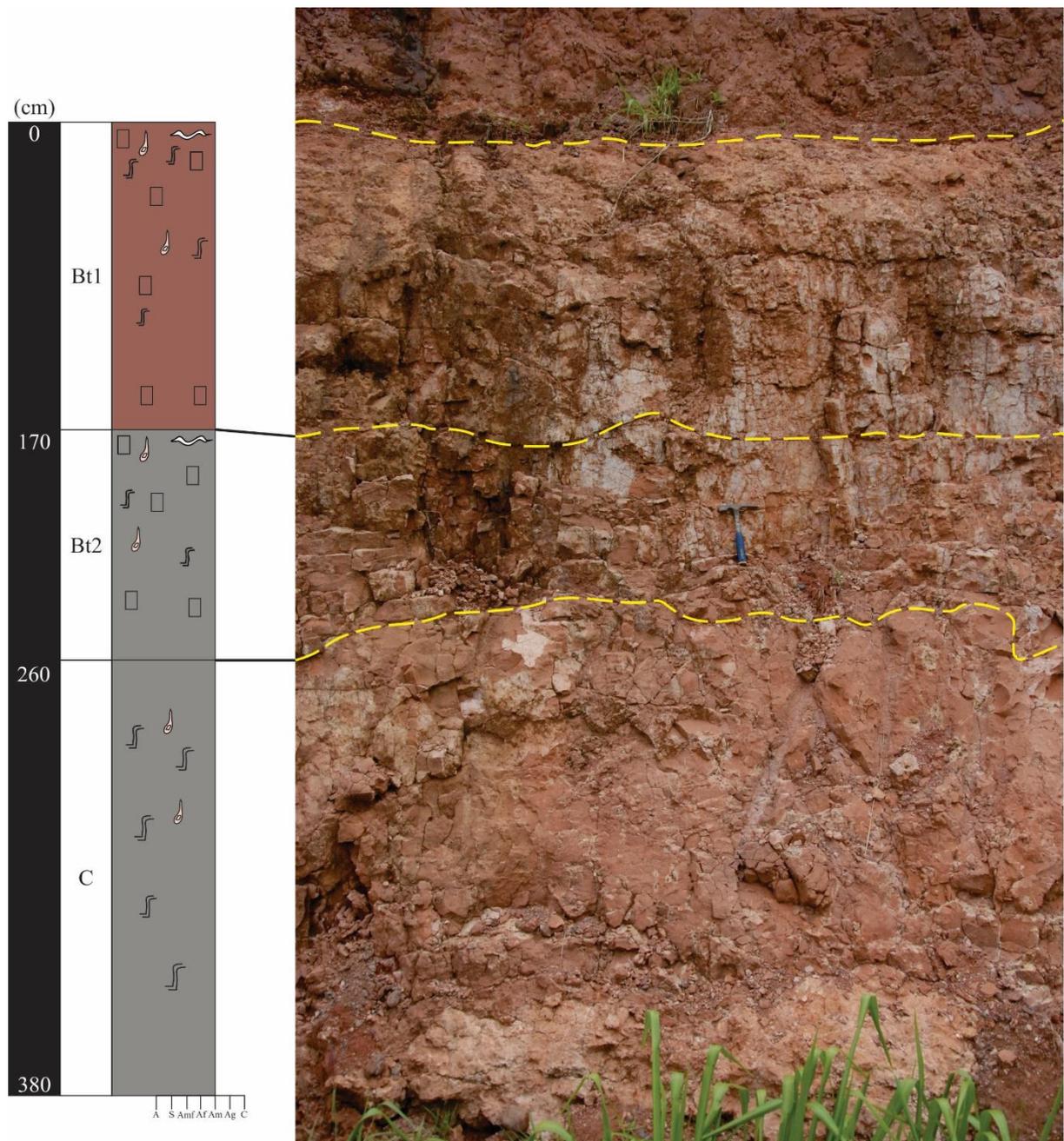
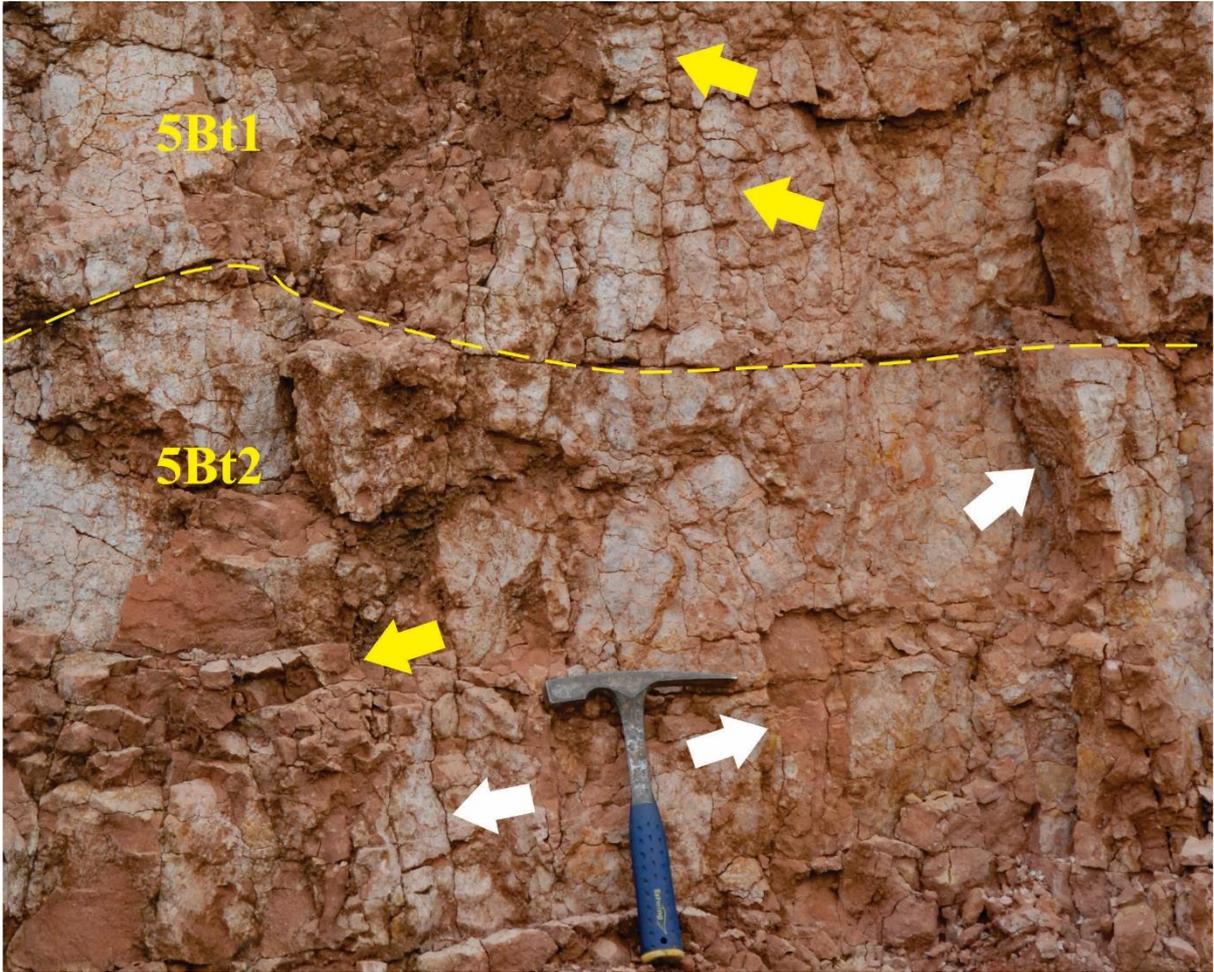
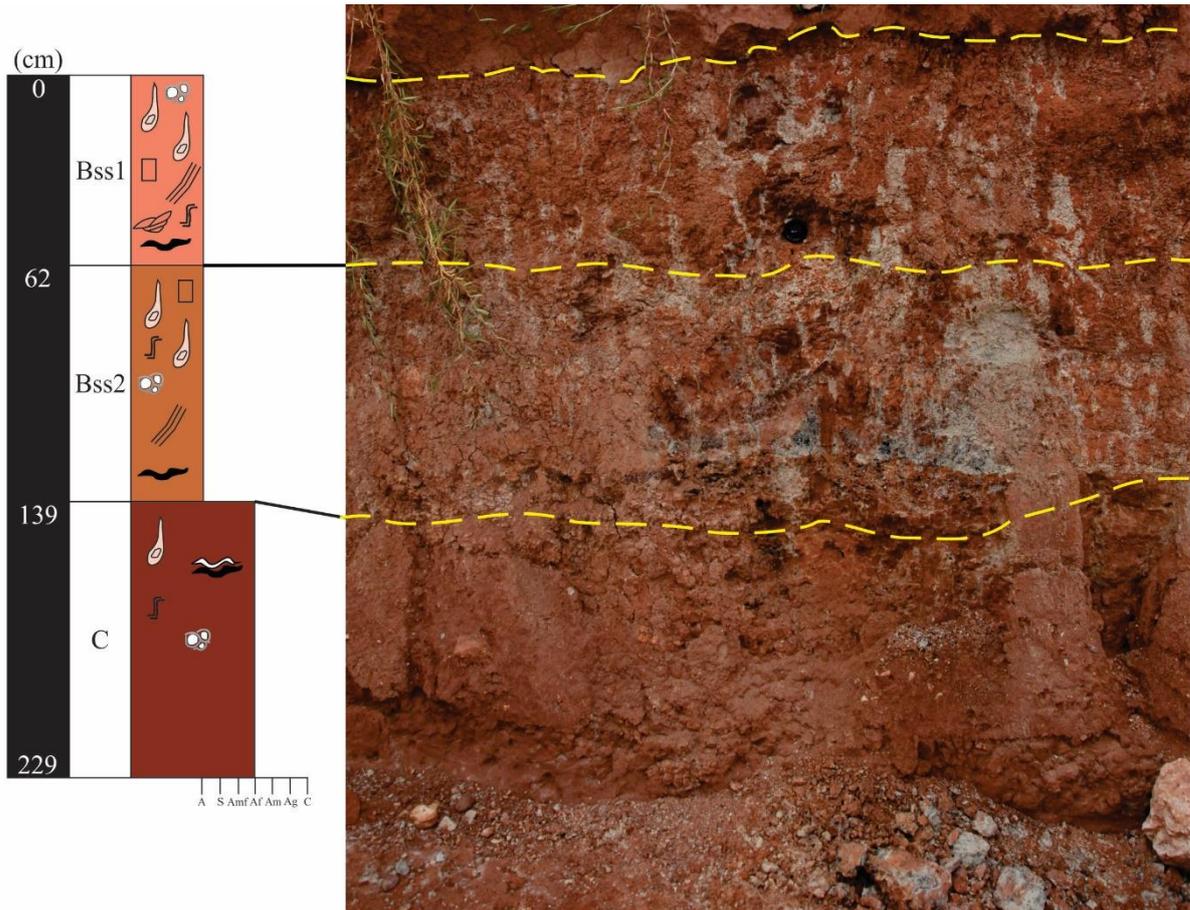


Figura 8.11: Estruturas em blocos (setas amarelas) e prismáticas (setas brancas).



O perfil de paleossolo 11 possui espessura de 2,29 m (Figura 8.12). Descreveu-se três horizontes na seguinte sequência, do topo para a base: Bss1, Bss2 e C. As cores presentes são 10R4/8 (vermelho), 10R5/4 (vermelho-acinzentado), 10R6/8 (vermelho-claro) e 10R5/8 (vermelho), com películas pretas e brancas, marcas de redução 7,5YR8/1 (branco) (Figura 8.13-A) e mosqueamento 10YR8/1 (branco) (Bss2). A textura é areno-argilosa no horizonte C e argilosa nos horizontes superiores Bss. As estruturas pedogenéticas são cuneiformes, que variam entre muito grandes e grandes, composta por blocos, com tamanhos grandes a pequenos, todos moderadamente desenvolvidos (Figura 8.13-B). Nos horizontes Bss foram observadas superfícies de *slickensides* associadas as unidades estruturais, fortemente desenvolvidos. As evidências de bioturbações estão dispostas em todo o perfil, e possuem halos de redução associados, entre 2 e 5 mm de diâmetro e preenchimento por areia.

Figura 8.12: Perfil de paleossolo 11 em Quirinópolis (GO).



Legenda

- |  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  Bioturbações     |  Estrutura cuneiforme |  Estrutura em blocos |  Cerosidade |
|  Halos de redução |  Slickensides         |  Películas           |  |

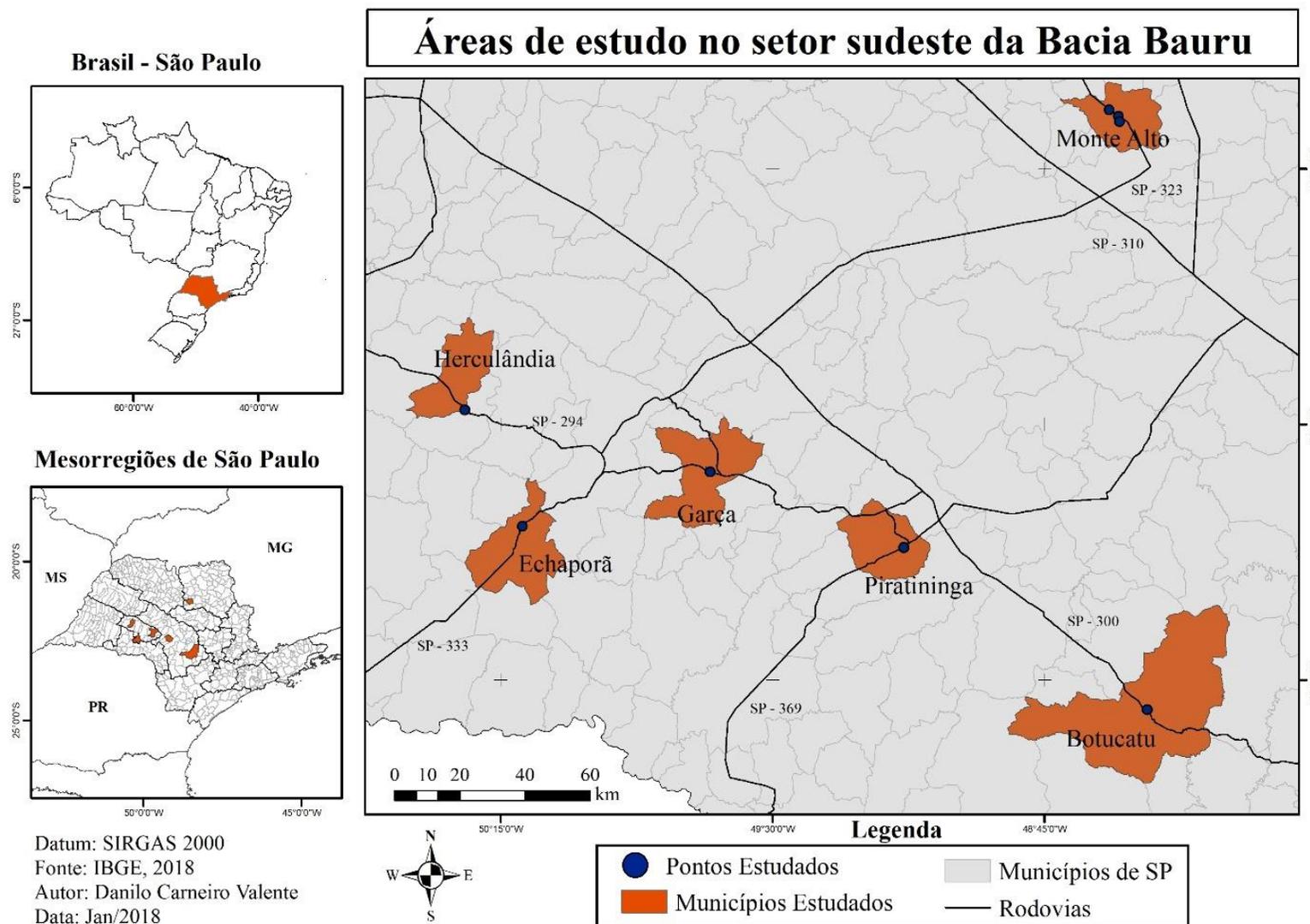
Figura 8.13: Horizonte Bss1. A) Parte mais interna do horizonte, mostrando espaço ocupado por estrutura em blocos e evidências de redução associadas (setas amarelas); B) Estrutura em blocos grande.



### 8.1.3 Setor sudeste da Bacia Bauru

O setor sudeste é representado pelos afloramentos no estado de São Paulo, mais precisamente, nos municípios de Botucatu, Echaporã, Garça, Herculândia, Monte Alto e Piratininga (Figura 8.14).

Figura 8.14: Áreas de estudo no setor sudeste da Bacia Bauru.



Fonte: IBGE, 2018

### 8.1.3.1 Botucatu (SP)

O perfil de paleossolo em Botucatu foi identificado nas margens da rodovia estadual Marechal Rondon, nas proximidades da área urbana da cidade.

O perfil possui 1,75 cm de espessura e a sequência de horizontes é Bt, 2Btk e 2Bt/C (Figura 8.15). As cores predominantes são 5YR8/1 (branco) e 7,5YR8/1 (branco), com mosqueamento nas cores 5YR8/3 (rosado) e 5YR8/4 (rosado). As texturas são arenosas em todos os horizontes.

As estruturas pedogenéticas identificadas são em blocos angulares, grandes a muitos grandes, com 5 a 10 cm de comprimento e fracamente a fortemente desenvolvidas, e prismáticas, grandes a muito grandes, com tamanhos que variam entre 20 a 30 cm de comprimento e 10 a 12 cm de largura.

Em todos os horizontes ocorrem nódulos carbonáticos, mas parte destes podem corresponder a rizólitos, devido a morfologia e concentração. Esses nódulos são abundantes, esféricos, com dimensões entre 0,5 a 2,5 cm. Há também a presença de clastos de quartzo e argila na cor vermelha (2,5YR4/6), que variam entre 3 mm a 4 cm de diâmetro (Figura 8.16). Os registros de bioturbações são abundantes nos horizontes superiores (Bt e 2Btk) e raros no horizonte 2Bt/C. Em geral, possuem diâmetro entre 4 e 6 mm e preenchimento por areia ou calcita espática.

Figura 8.15: Perfil de paleossolo em Botucatu (SP).

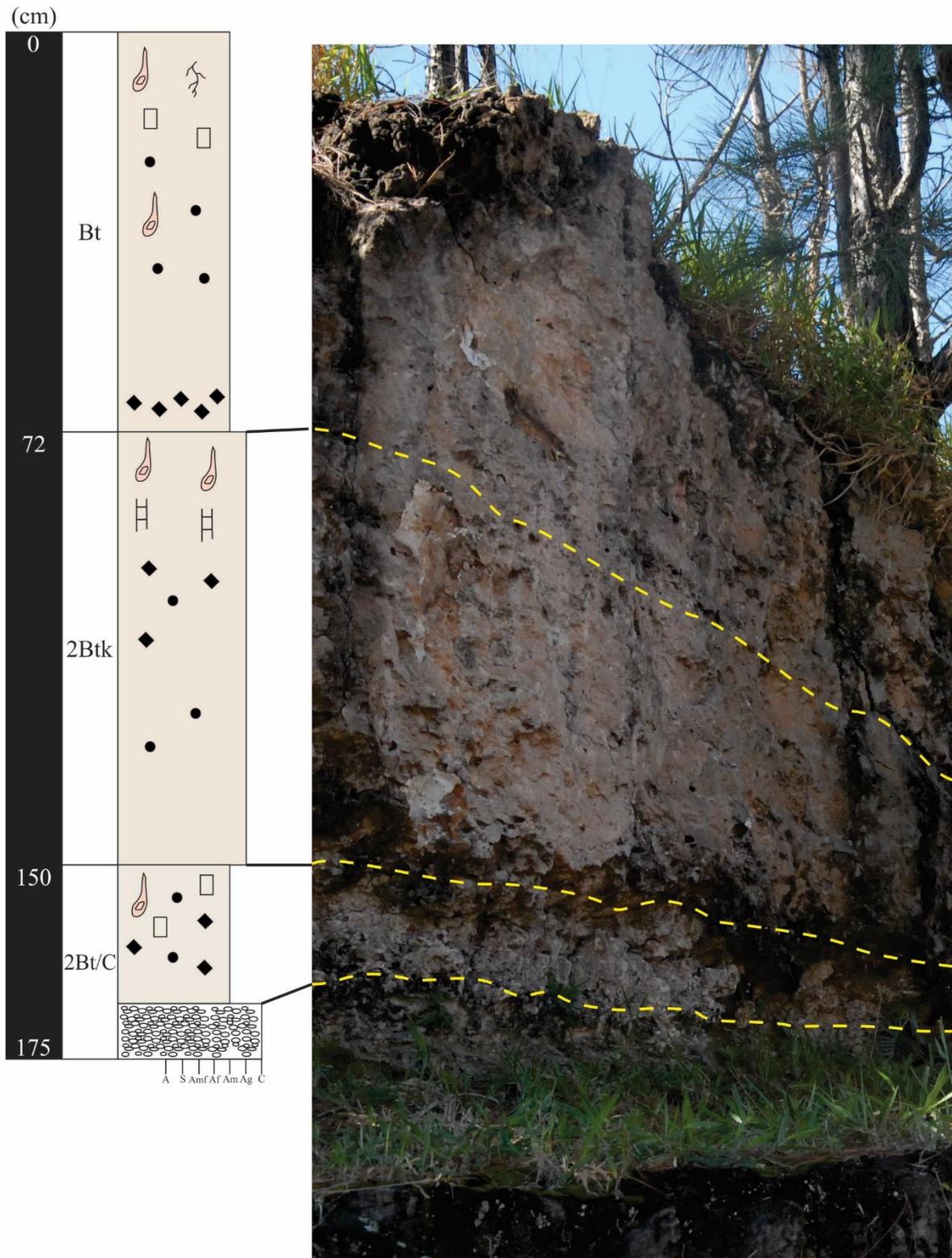
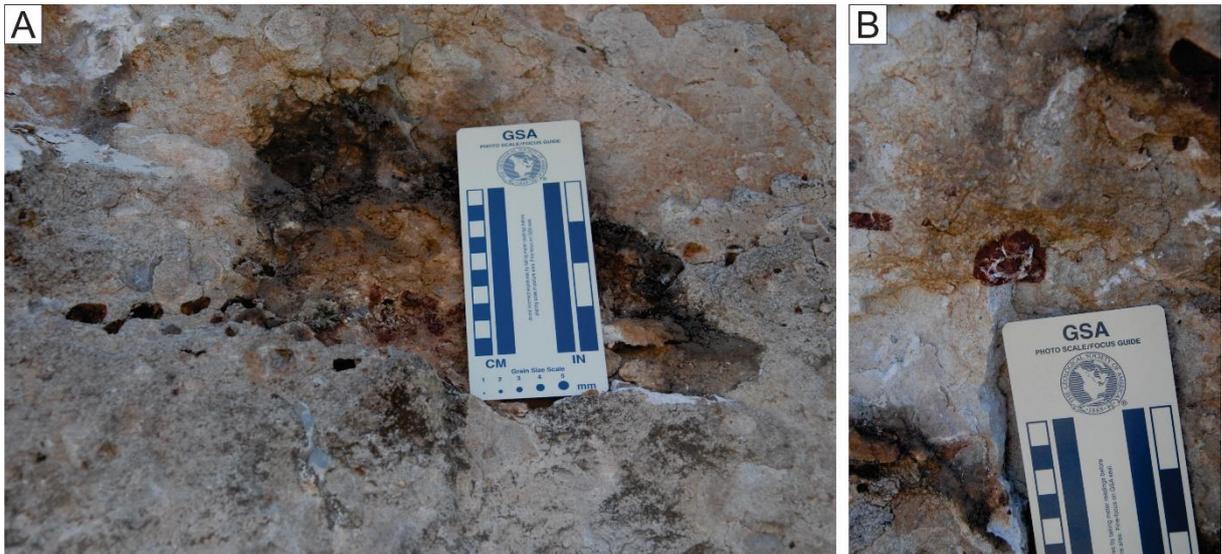


Figura 8.16: Horizonte Bt. A) Nível de clastos de argila; B) Detalhe do clasto de argila.



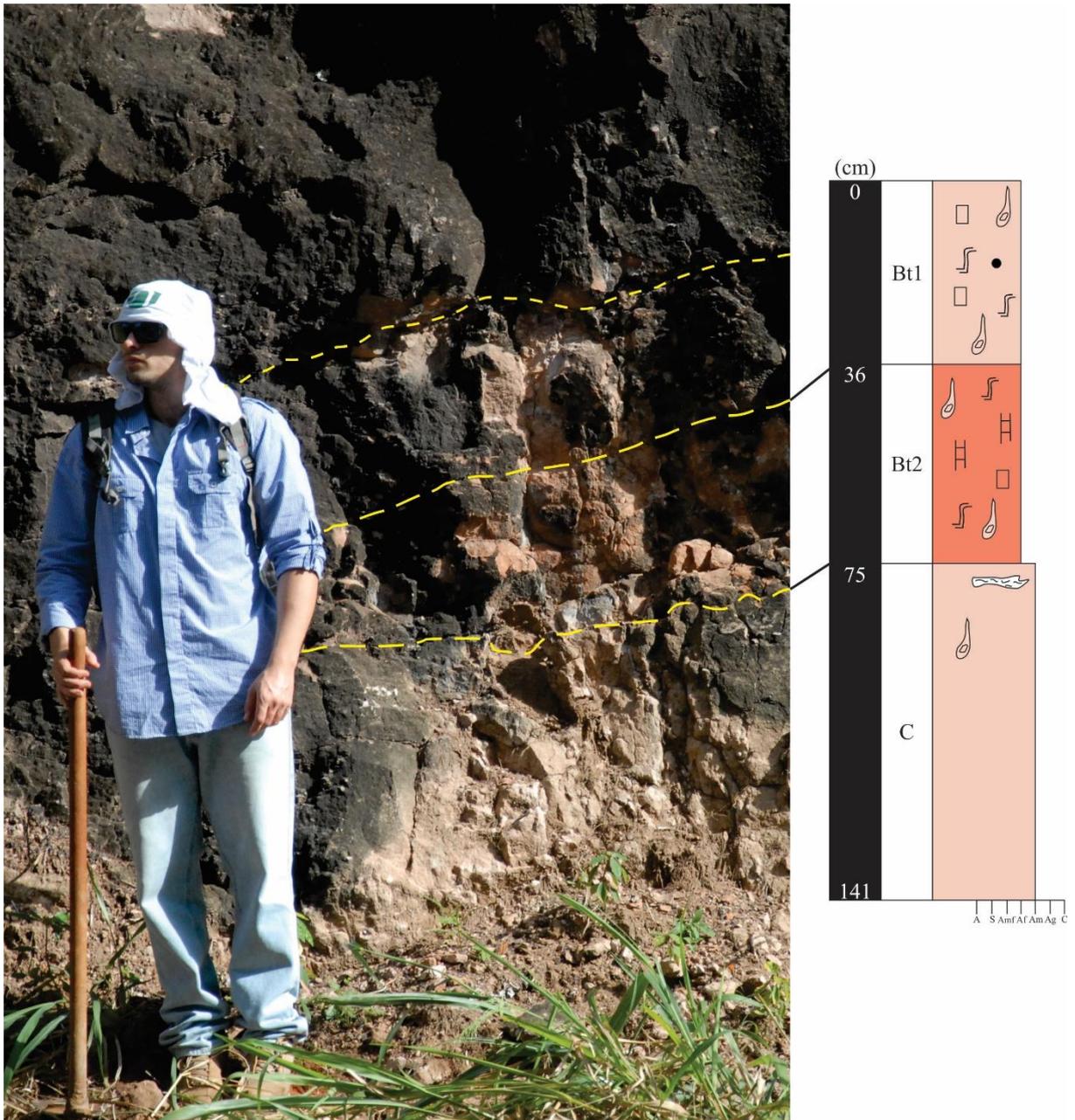
#### 8.1.3.2 Echaporã (SP)

O perfil está localizado na Serra de Echaporã e possui 1,40 m de espessura, sendo composto por horizontes Bt1, Bt2 e C (Figura 8.17). Identificou-se as cores 10R8/4 (rosado), 10R/6/8 (vermelho-claro) e cores variegadas 10R8/4 (rosado) e 10R8/2 (branco-rosado), cerosidade 10R8/2 (branco-rosado) e manchas isoladas 10R8/4 (rosado) no horizonte Bt2. A textura arenosa é predominante no perfil.

As estruturas estão presentes apenas nos horizontes Bt, na forma de blocos (Bt1), muito grandes, com comprimento entre 7 e 15 cm, fortemente desenvolvidos, e prismáticas (Bt2), muito grandes, com 23 cm de comprimento, por 16 cm de largura, fortemente desenvolvidos, que se desfazem em blocos, muito grandes, fortemente desenvolvidos (Figura 8.18).

Nos horizontes Bt verificou-se cerosidade forte e abundante. Identificou-se nódulos carbonáticos, raros, de 3 mm, apenas nos horizontes Bt1 e C, este último fortemente cimentado por carbonato de cálcio. As bioturbações foram encontradas em todo o perfil, mas a frequência oscila entre os horizontes, dispendo-se de forma comum (Bt1), abundante (Bt2) e rara (C). As dimensões variam entre 1 e 6 mm, com preenchimento por areia ou cimento carbonático.

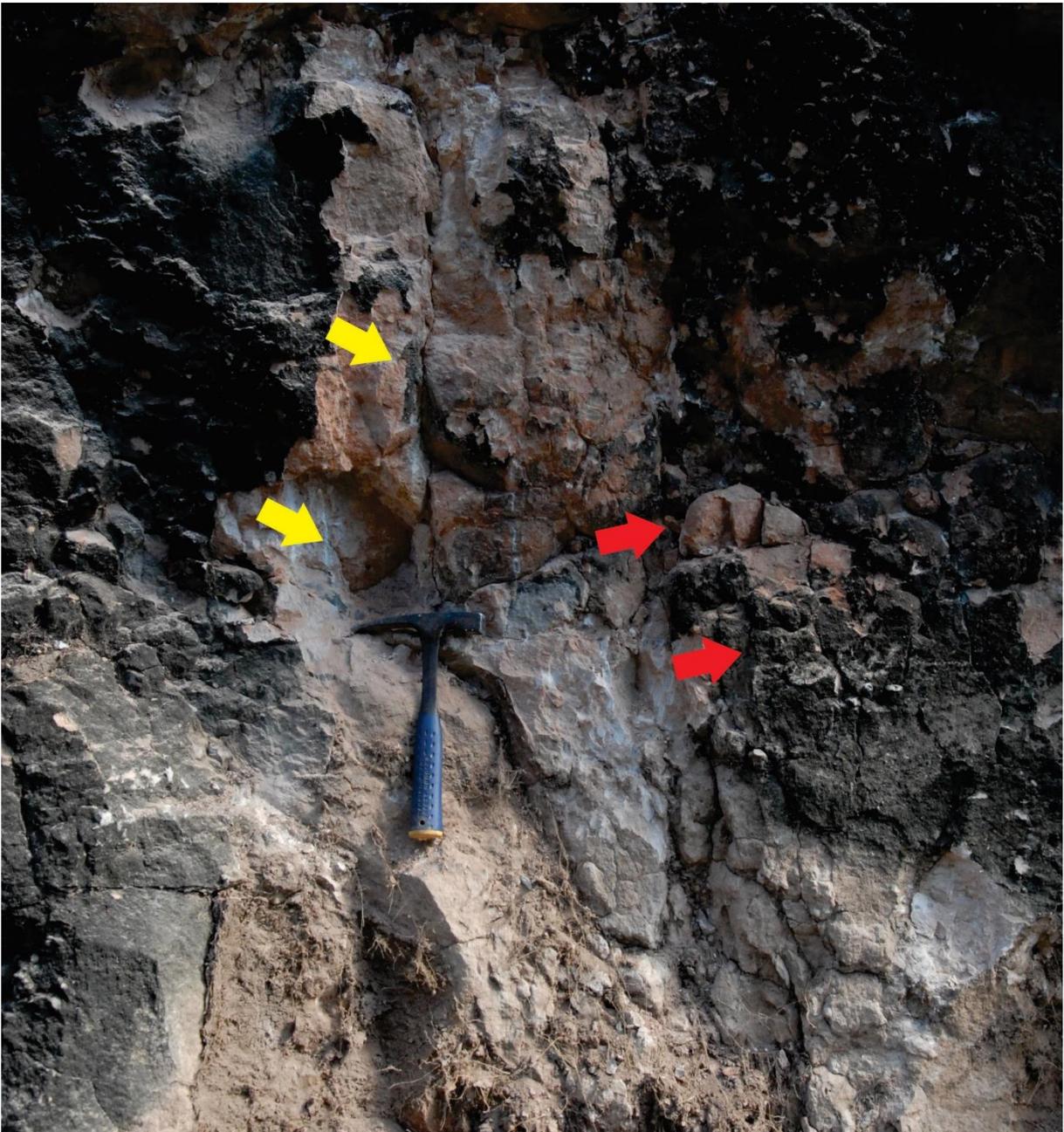
Figura 8.17: Perfil de paleossolo em Echaporã (SP).



## Legenda

- 👤 Bioturbações      • Nódulos carbonáticos      □ Estrutura em blocos      H Estrutura prismática  
 👤 Cimento carbonático      S Cerosidade

Figura 8.18: Horizonte Bt1 e Bt2. Estruturas prismáticas (setas amarelas) e blocos (setas vermelhas).



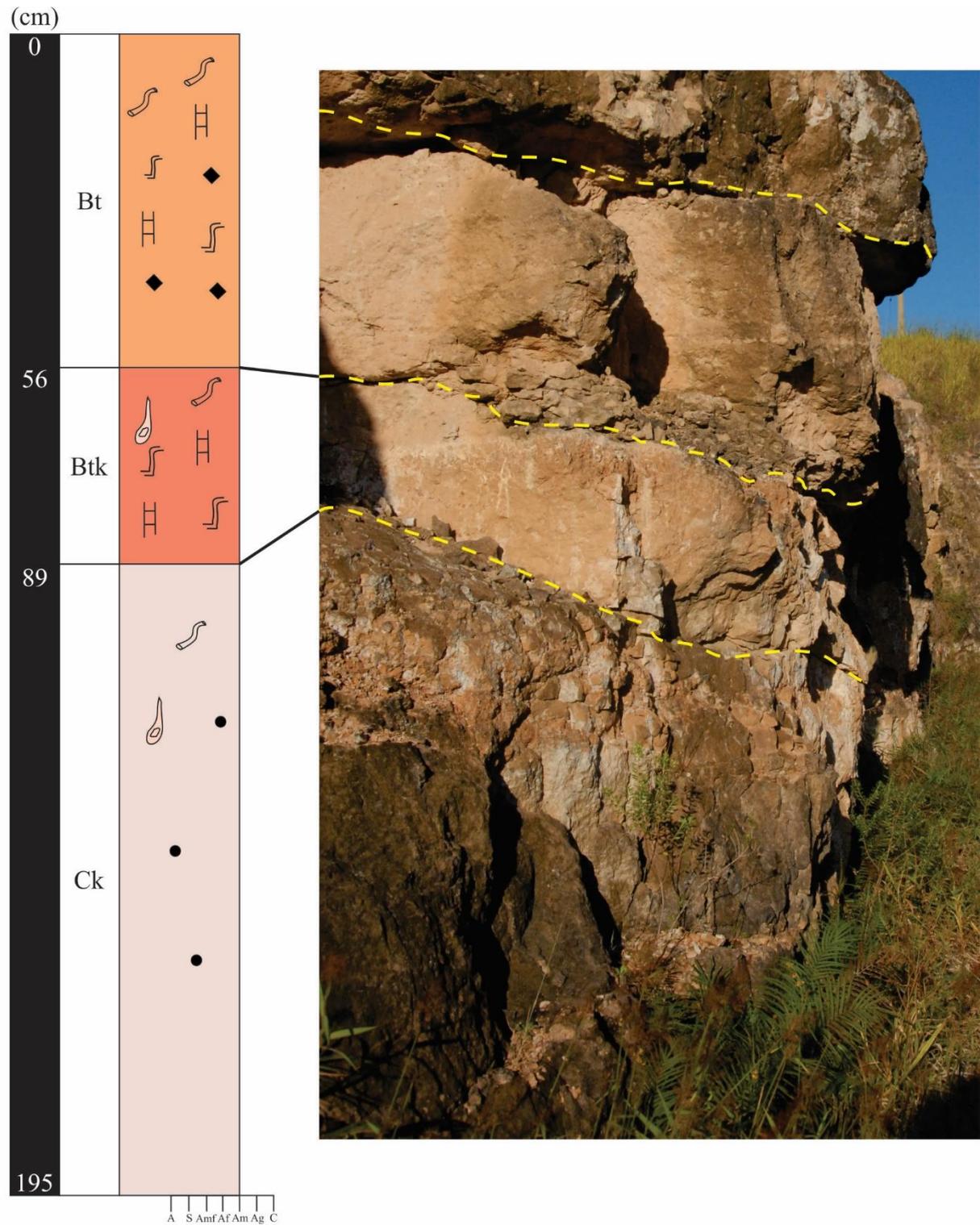
### 8.1.3.3 Garça (SP)

Esse perfil de paleossolo está localizado numa interseção que conecta as rodovias estaduais SP-294 e SP-349, próximo a cidade de Garça. O perfil possui 1,95 m de espessura, com sequência de horizontes Bt, Btk e Ck (Figura 8.19). As cores variam entre 10R6/6, 10R6/8 (vermelho-claro), 10R8/2 (branco-rosado) e 10R7/4 (vermelho-claro-acinzentado), cerosidade 10R8/1 (branco). A textura dos horizontes é arenosa.

As estruturas pedogenéticas ocorrem exclusivamente nos horizontes Bt e Btk, e consistem em estruturas prismáticas, muito grandes, com dimensões que variam entre 19 e 15 cm de comprimento e 11 e 10 cm de largura. Ainda nesses horizontes foi observado a presença de cerosidade forte e abundante.

No horizonte Ck identificara-se nódulos carbonáticos, comuns e 5 cm de diâmetro. No horizonte Bt há clastos de quartzo e argila. Em todos os horizontes há registros de atividade biológica, mais precisamente, na forma de *krotovinas*, com frequência comum, com diâmetros que 5 a 8 mm, e no horizonte Ck estão alongadas na vertical. O preenchimento das bioturbações é por calcita.

Figura 8.19: Perfil de paleossolo em Garça (SP).



## Legenda

-  Bioturbações   
  Estrutura prismática   
  *Krotovinas*   
  Clastos de argila  
 Nódulos carbonáticos   
 Cerosidade

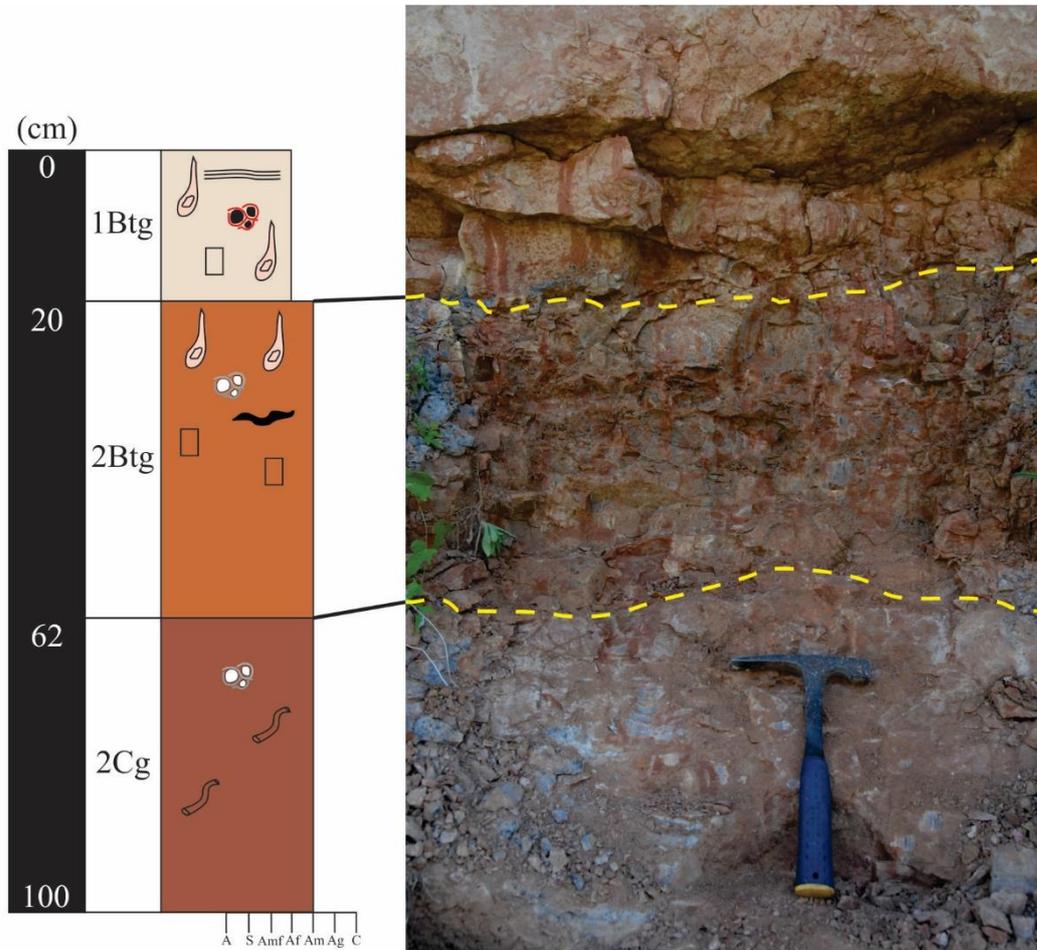
#### 8.1.3.4 Herculândia (SP)

O perfil de paleossolo descrito no município de Herculândia possui 1 metro de espessura e sequência de horizontes 1Btg, 2Btg e 2Cg (Figura 8.20). As cores predominantes são 2,5YR8/2 (branco-rosado), 10R5/8 (vermelho), 10R4/6 (vermelho), com mosqueamento 2,5YR6/6 (vermelho-claro) e 10R8/2 (branco-rosado), manchas 10R8/2 (branco-rosado), além de eventuais películas pretas, com provável composição por manganês. As texturas variam de arenosa nos horizontes 1Btg e 2Cg a argilo-arenosa no 2Btg.

As estruturas pedogenéticas identificadas são laminares (1Btg), muito grandes, com 30 cm de comprimento e 10 cm de largura, fortemente desenvolvidas, compostas por blocos, muito grandes, de aproximadamente 10 cm, moderadamente desenvolvidos e, também, estruturas em blocos (2Btg), muito grandes, com 6 cm de comprimento, fortemente desenvolvidos (Figura 8.21-A).

As atividades biológicas ocorrentes são abundantes nos horizontes 1Btg e 2Btg, com diâmetros que variam entre 1 e 8 mm, e no horizonte 2Cg são comuns, e tratam-se de *krotovinas*. Todas as bioturbações possuem preenchimento por areia. Observou-se halos de oxidação (1Btg) e redução (2Btg e 2Cg) associados as bioturbações (Figura 8.21-B).

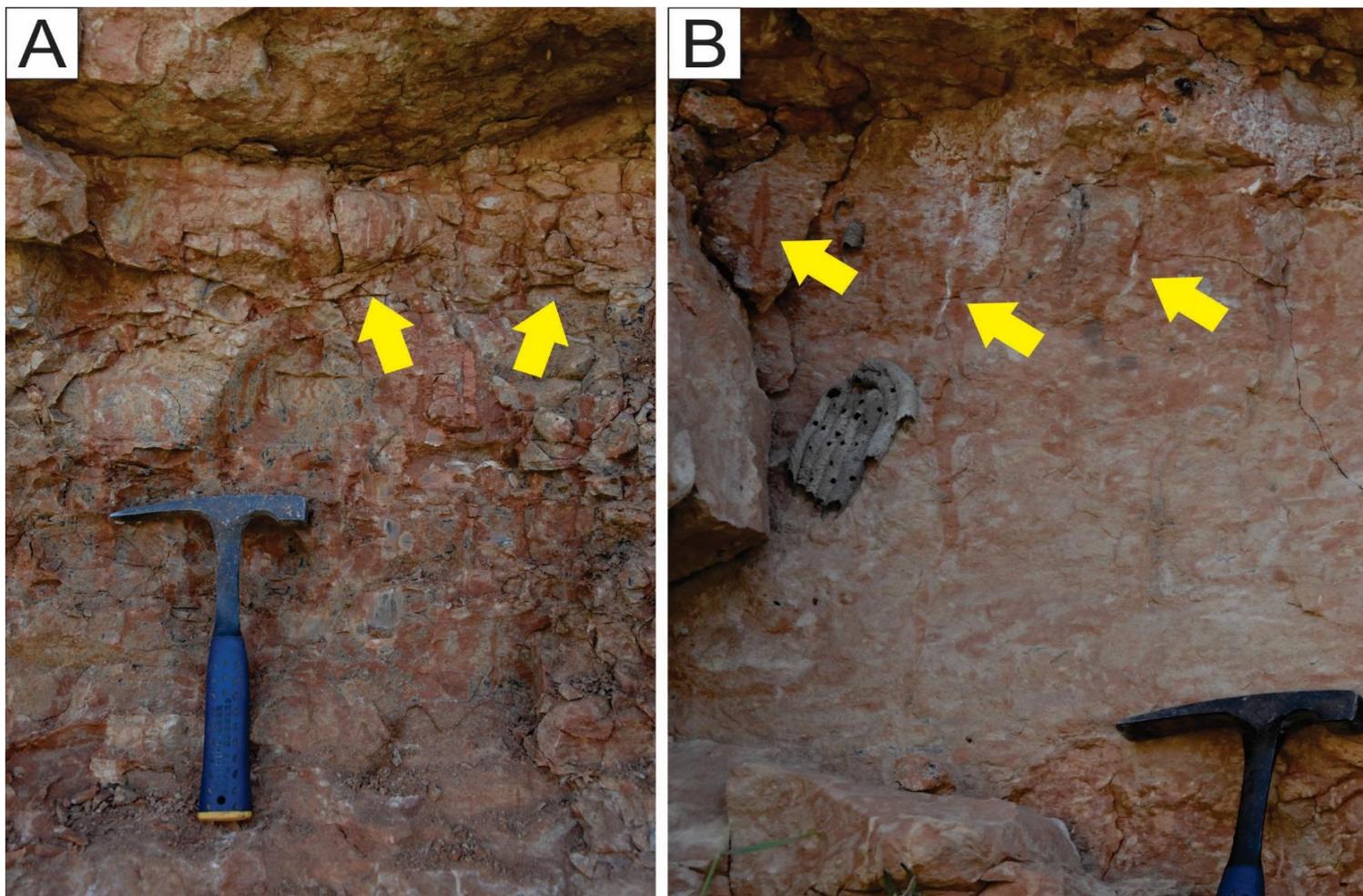
Figura 8.20: Perfil de paleossolo em Herculândia (SP).



### Legenda

-  Bioturbações    
  Estrutura em blocos    
  Estrutura laminar  
 Halos de redução    
  Halos de oxidação    
  Películas  
 *Krotovinas*

Figura 8.21: A) Horizonte 1Btg. Detalhe para as estruturas em blocos (seta amarela); B) Transição entre horizontes 1Btg e 2Btg. Atividade biológica com halos de oxidação associados (seta amarela).



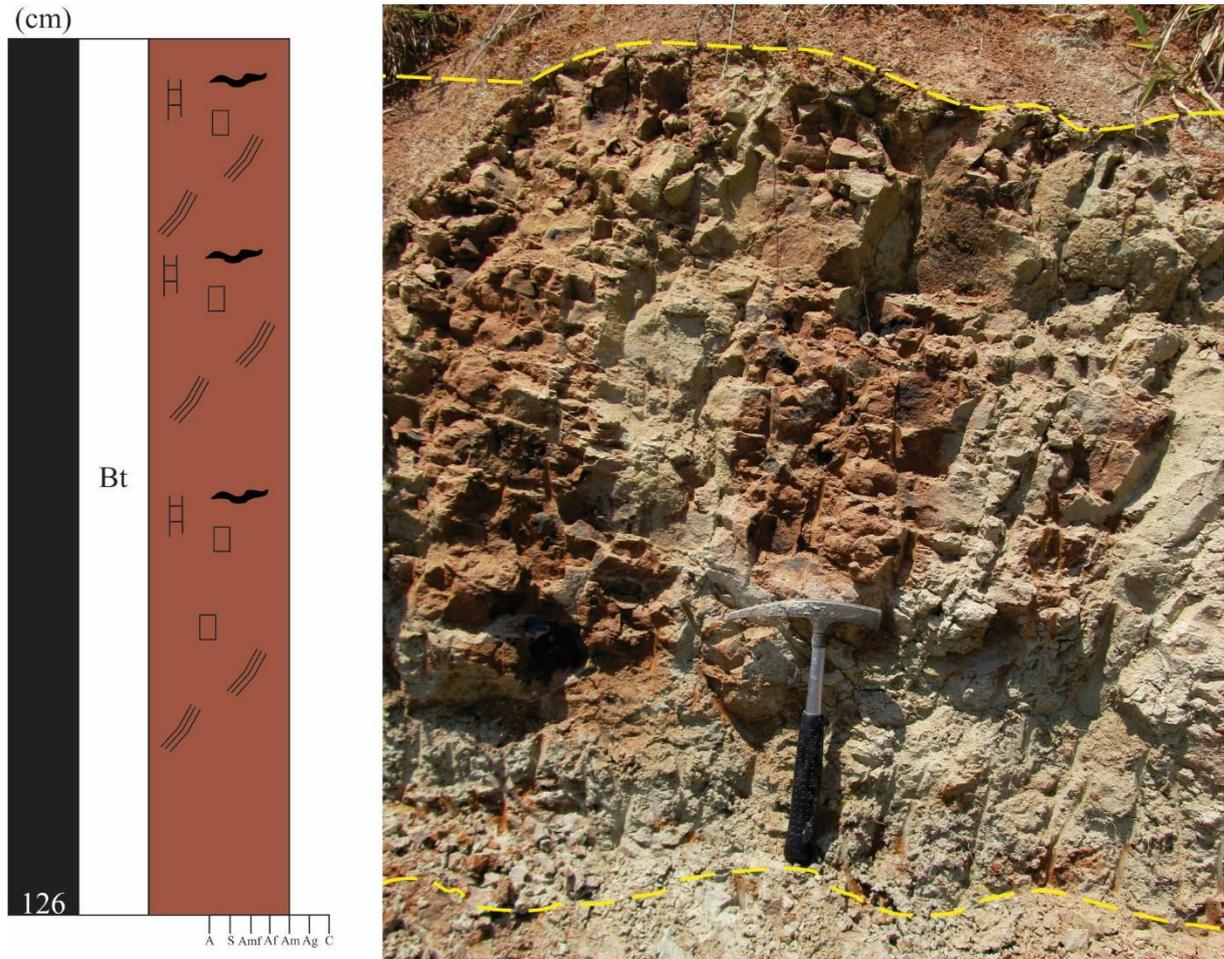
#### 8.1.3.5 Monte Alto (SP)

Em Monte Alto foram descritos 3 perfis de paleossolos. O perfil 1 possui 1,26 m de espessura (Figura 8.22) e exibe apenas um horizonte Bt. As cores variam de 10R6/4 (vermelho-claro-acinzentado) a 2,5YR4/8 (vermelho) em partes isoladas. As texturas arenosas são predominantes.

As estruturas identificadas são blocos, com tamanhos grandes a muito grandes e desenvolvimento forte, e prismáticas, grandes a muito grandes e desenvolvimento forte (Figura 8.23). Observou-se no horizonte que as dimensões e faces das estruturas se alteram em profundidade no perfil, de modo que na parte superficial o material retirado se fragmenta em blocos e primas com as faces arestadas, de 4 a 8 cm, e removida a parte externa, no interior do perfil surgem blocos e prismas muito grandes, com as faces arredondadas, de 10 a 40 cm. As estruturas possuem planos com películas negras de manganês.

Nesse perfil ocorrem superfícies curvas de *slickensides* associadas as partes argilosas vermelhas (2,5YR4/8) e as películas de manganês. Não foram verificadas evidências de bioturbações. A base desse perfil, sem evidências de desenvolvimento pedogenético é composta por sedimentos da Formação Marília, que estão intensamente cimentados por carbonato de cálcio.

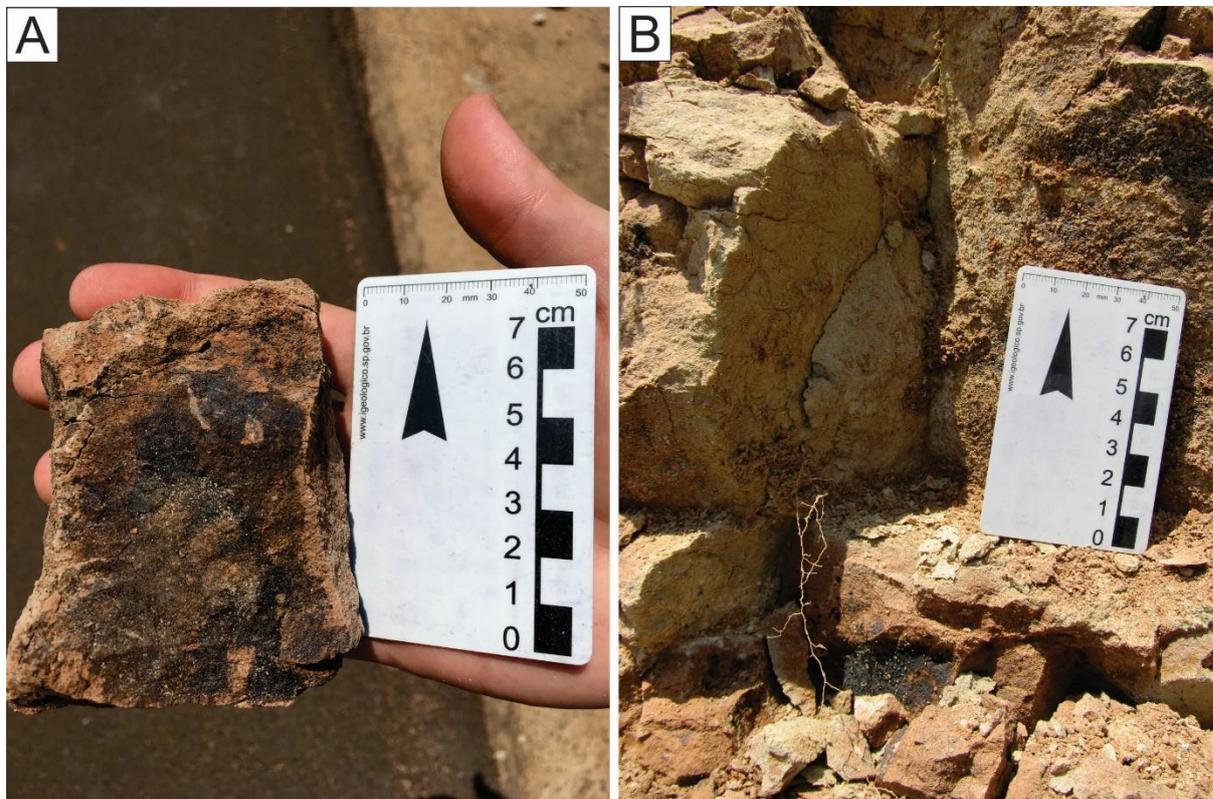
Figura 8.22: Perfil de paleossolo 1 em Monte Alto (SP).



Legenda

-  Estrutura prismática    
  Estrutura em blocos    
  Películas    
  Slickensides

Figura 8.23: Horizonte Bt. A) Estrutura prismática grande (parte externa); B) Parte mais interna do horizonte, mostrando espaço ocupado por estrutura prismática muito grande com revestimento de películas de argila.



O perfil 2 tem 1,19 metros de espessura (Figura 8.24) e possui sequência de horizontes Bk, C e 2Bt. As cores são 10R5/6 (vermelho) (Bk), 10R6/8 (vermelho-claro) (C) e 10R7/8 (vermelho-claro) (2Bt). As texturas arenosas são predominantes.

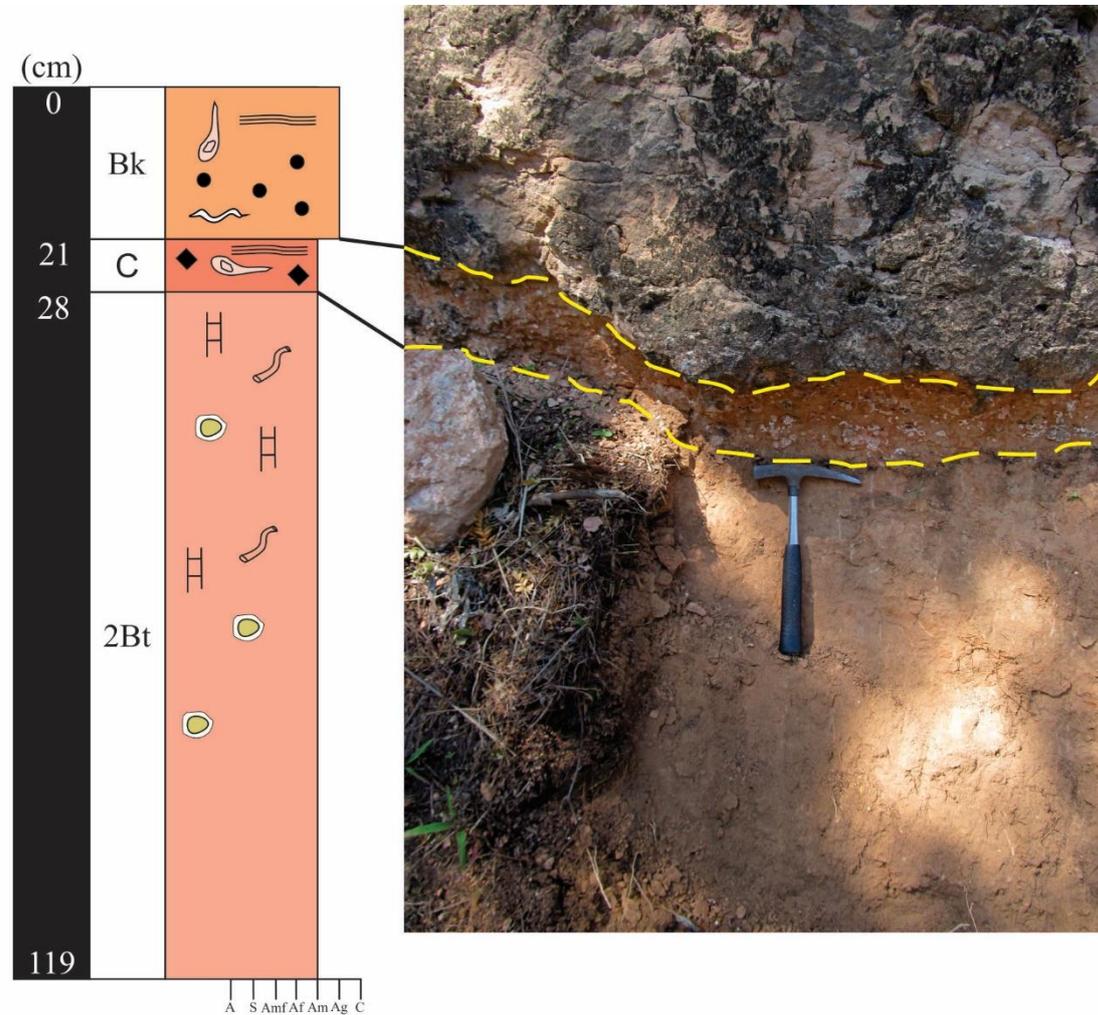
As estruturas estão dispostas apenas nos horizontes Bk e 2Bt, classificadas como laminares, grande e forte, e prismática, grande a muito grande e forte (Figura 8.25-A). No horizonte Bk, as estruturas laminares possuem poros interagregados cimentados por carbonato de cálcio. No horizonte 2Bt foi observado que a ausência de estruturas em profundidade (sentido horizontal) no perfil, de modo que com a retirada da camada mais superficial, foi observado que o material que ocupa a parte interior do horizonte apresenta caráter maciço. Identificou-se revestimentos de calcita associados as estruturas prismáticas.

Nos horizontes Bk ocorrem nódulos carbonáticos (1 a 3 cm de diâmetro), com centro preto e córtex vermelho (10R5/8). No horizonte C há clastos de argila conectados por veios de calcita (Figura 8.25-B).

As evidências de atividade biológica estão dispostas em todos os horizontes. Nos horizontes Bk e C são raras, com 4 cm de comprimento e preenchimento por carbonato de

cálcio. No horizonte 2Bt correspondem a *krotovinas*, que possuem comprimento entre 1 e 3 cm, e são preenchidas por areia vermelha.

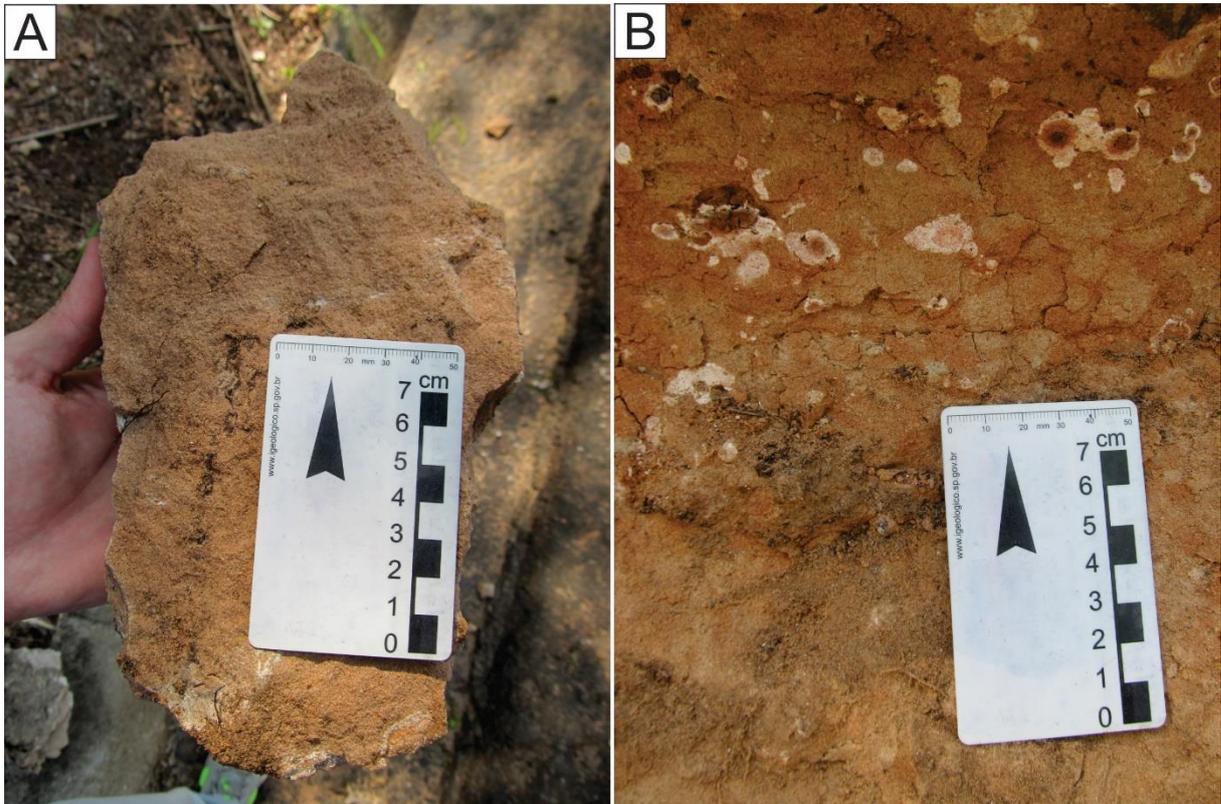
Figura 8.24: Perfil de paleossolo 2 em Monte Alto (SP).



#### Legenda

- |  |                      |  |                      |  |                   |
|--|----------------------|--|----------------------|--|-------------------|
|  | Bioturbações         |  | Nódulos carbonáticos |  | Clastos de argila |
|  | Estrutura prismática |  | Estrutura laminar    |  | <i>Krotovinas</i> |
|  | Películas            |  | Calcês               |  |                   |

Figura 8.25: A) Horizonte 2Bt. Estrutura prismática muito grande (parte superficial); B) Horizonte C. Clastos de argila estão circundados e/ou conectados por veios de calcita.

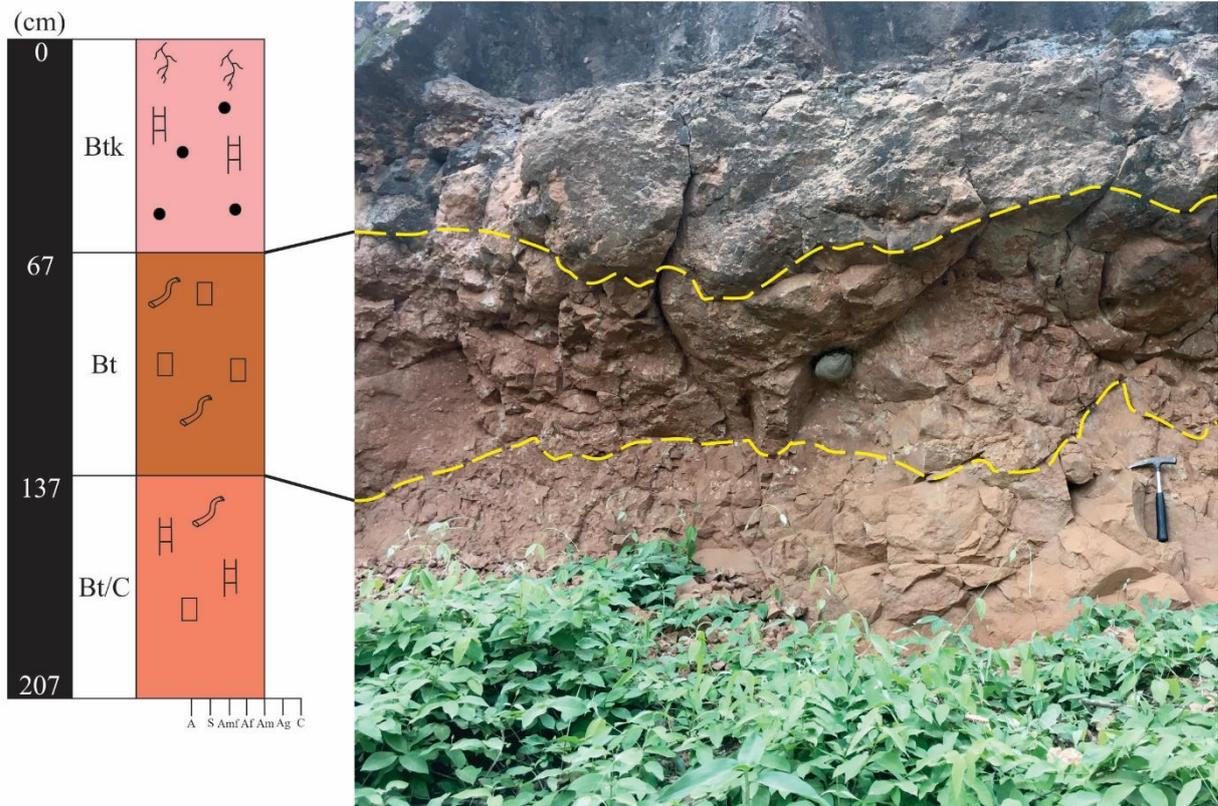


O perfil 3 tem 2 metros de espessura (Figura 8.26), e composto por horizontes Btk e Bt e Bt/C. As cores variam de 10R7/4 (vermelho-claro-acinzentado), 10R5/8 (vermelho) e 10R6/8 (vermelho-claro). Todas as texturas são arenosas.

As estruturas são prismáticas, muito grandes, com 17 a 20 cm de comprimento e 15 cm de largura, fortemente desenvolvidas, estruturas prismáticas composta com blocos, muito grande a grande (Figura 8.27-A), com 18 e 5 cm de espessura e 12 e 6 cm de largura, respectivamente, ambas fracamente desenvolvidas, e estruturas em blocos, grande a muito grandes, entre 7 e 15 cm de comprimento, fortemente desenvolvidos. No horizonte Bt as estruturas em blocos ainda foram verificadas após a retirada das feições mais superficiais, ou seja, estas também ocupam as partes interiores do horizonte (Figura 8.2-B).

Apenas o horizonte Btk possui nódulos carbonáticos brancos, com córtex 10R4/8, e 4 cm de diâmetro. As evidências de atividade biológica são abundantes nos horizontes Btk e Bt e raras no horizonte Bt/C, frequentemente classificadas como rizólitos, todas com 5 mm de diâmetro e preenchimento por carbonato de cálcio.

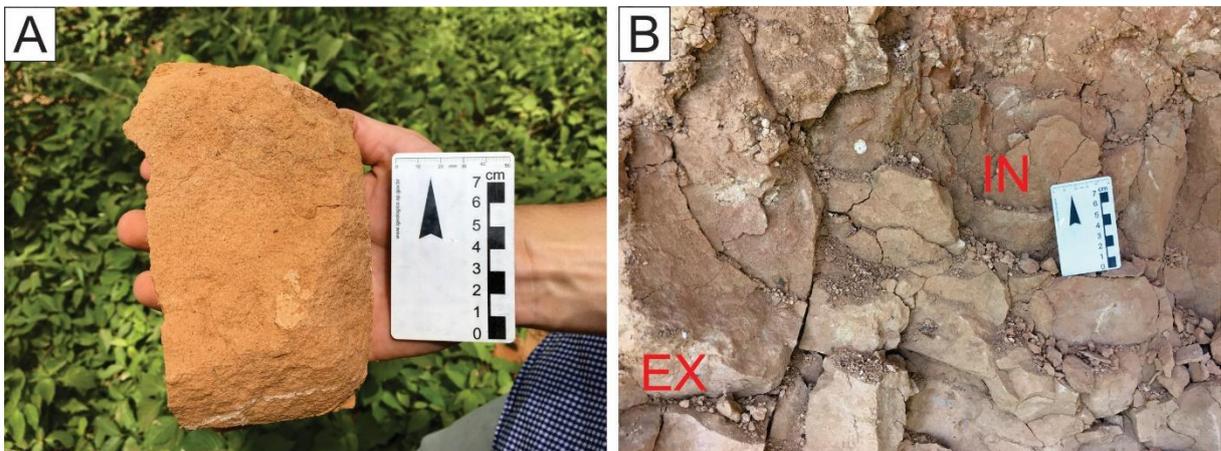
Figura 8.26: Perfil de paleossolo 3 em Monte Alto (SP).



Legenda

- Rizólitos    
 Krotovinas    
 Estrutura prismática    
 Estrutura em blocos  
 • Nódulos carbonáticos

Figura 8.27: A) Horizonte Btk. Estrutura prismática muito grande; B) Horizonte Bt. Detalhe para disposição (externa e interna) das estruturas em blocos no horizonte (destaque vermelho).



#### 8.1.3.6 Piratininga (SP)

Em Piratininga, o perfil de paleossolo está situado nas proximidades da rodovia federal BR-369, entre os municípios de Bauru e Santa Cruz do Rio Pardo.

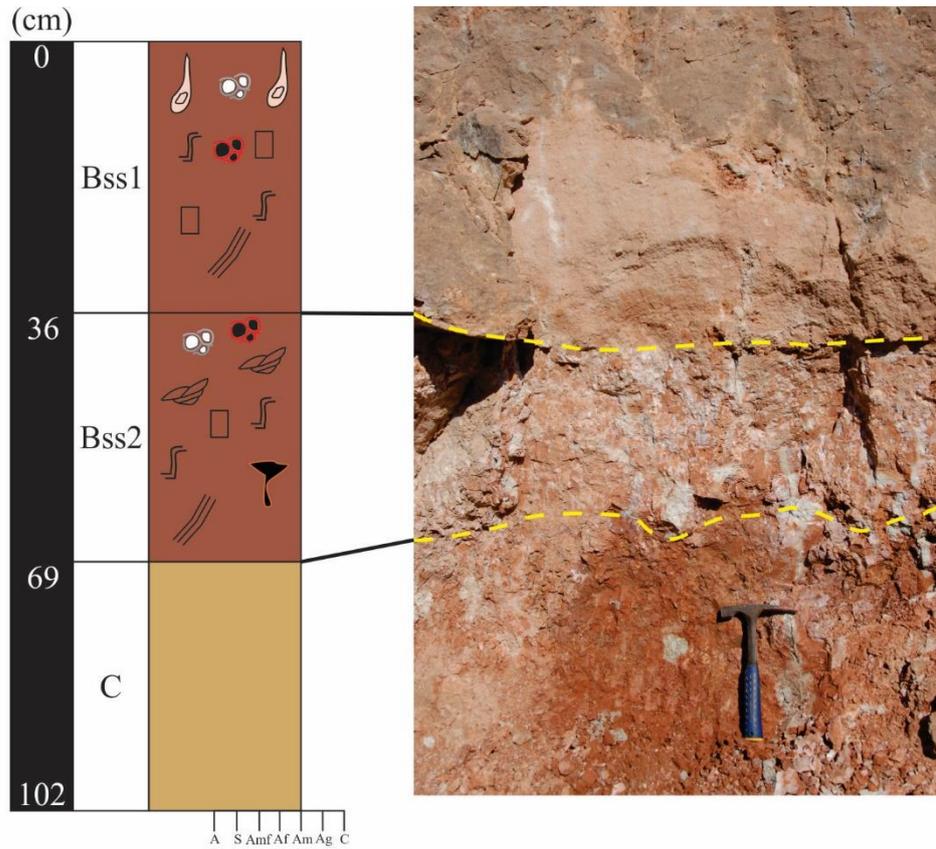
O perfil apresenta espessura de 1 m e possui sequência de horizontes Bss1, Bss2 e C (Figura 8.28). As cores principais variam entre 10R4/6 (vermelho) e 10R5/8 (vermelho), com evidências de oxirredução associadas as marcas de raízes G2 8/5GB (cinzento-esverdeado-claro) e G2 8/5PB (cinza-azulado-claro) (Bss1) ou ocupando áreas isoladas G1 8/5GY (cinzento-esverdeado-claro) (Bss2) (Figura 8.29-B), e películas de cerosidade na cor branco-rosado (5YR8/2) nos horizontes mais superficiais. As texturas são argilo-arenosas em todo o perfil.

As estruturas ocorrem apenas nos horizontes Bss1 e Bss2, na forma de blocos, muito grandes, com cerca de 15 cm de comprimento, que se desfazem em blocos médios, fortemente desenvolvidos (Bss1), e blocos angulosos, muito grandes, de 10 cm de comprimento aproximado, moderadamente desenvolvidos, juntamente de estruturas cuneiformes.

A cerosidade é forte e abundante, em geral como películas, que no horizonte Bss2 estão verificadas como revestimentos nas estruturas (Figura 8.29-A/B). No horizonte Bss2 também ocorrem superfícies de fricção (*slickensides*) associadas as estruturas cuneiformes.

Não foram identificados nódulos nesse perfil. As atividades biológicas estão concentradas no horizonte mais superior do perfil (Bss1), são comuns, com diâmetro de 5 mm, e associadas a halos de oxirredução.

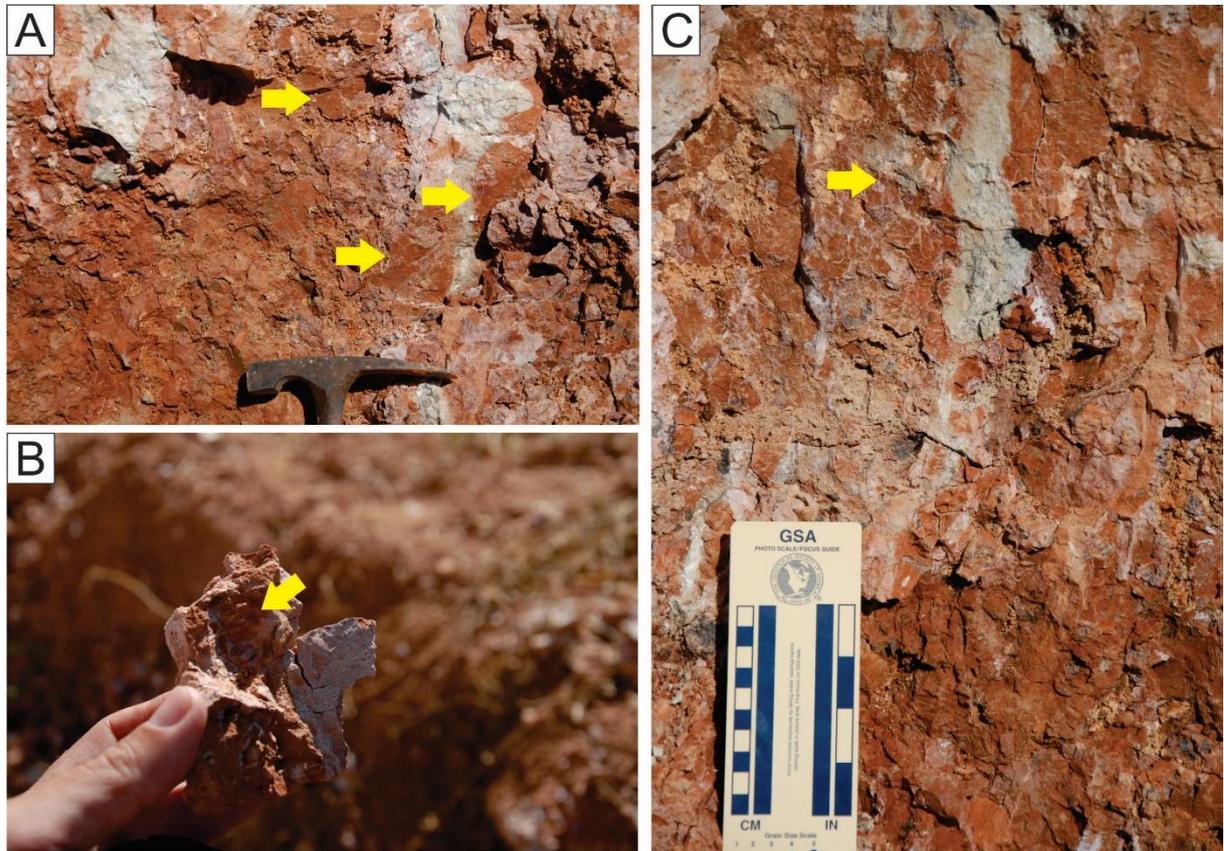
Figura 8.28: Perfil de paleossolo em Piratininga (SP).



Legenda

-  Bioturbações     
  Halos de redução     
  Halos de oxidação  
 Estrutura cuneiforme     
  Estrutura em blocos     
  Cavidades  
 Cerosidade     
  *Slickensides*

Figura 8.29: Horizonte Bss1. A) Superfície com cerosidade na forma de película (setas amarelas); B) Película de cerosidade (seta amarelas); C) Horizonte Bss2. Concentração de áreas com marcas de oxirredução (setas amarelas).



## 8.2 Discussão – Caracterização macromorfológica dos paleossolos

As características macromorfológicas dos perfis de paleossolos estudados apresentaram diferenças significativas considerando cada setor da Bacia Bauru, embora todos os afloramentos estejam localizados nos sedimentos da Formação Marília.

Nos setores sudeste (São Paulo) e noroeste (Goiás) a cor predominante é vermelho, provavelmente devido ao conteúdo de óxidos de Fe, e quando os materiais estão associados a cimentação carbonática (Botucatu, Echaporã e Herculândia, em São Paulo) verificou-se a presença de cores brancas e rosadas. Por outro lado, no setor nordeste, representado por Campina Verde, a cor dominante é branca, devido a expressiva cimentação carbonática.

Em Herculândia os horizontes dispõem de características de acumulação de argila e gleização, com mosqueamentos vermelhos e halos de oxidação no horizonte 1Btg mais superior, enquanto os horizontes 2Btg e 2Cg possuem halos de redução (Figura 8.21-B), o que pode indicar a área de oscilação do antigo lençol freático e maior potencial de drenagem

na parte superior do perfil. Os mosqueamentos são formados nos ciclos recorrentes dos processos de saturação e redução (VEPRASKAS, 2015).

Nos horizontes Bss ocorrem feições redoximórficas que são representadas pelo caráter redóxico. Em Quirinópolis identificou-se processos de oxirredução a partir da segregação de ferro e/ou manganês (Figura 8.13-A), incluindo halos brancos e mosqueamentos, estes últimos apenas no horizonte Bss2, indicando a possibilidade de uma maior saturação de água nesse horizonte, em relação ao Bss1. Em Piratininga a oxirredução está associada às marcas de raízes, com coloração cinza, nos horizontes Bss1 e Bss2 (Figura 8.29). O caráter redóxico pode ocorrer nos horizontes mais superiores do perfil, acima ou no topo de um horizonte B, devido à baixa permeabilidade hídrica e saturação temporária, suficiente para provocar a dissolução do ferro, ou em partes mais profundas do perfil de solo localizadas sob horizontes ou saprólitos pouco permeáveis ou mesmo em rochas (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2018). Embora ambos os perfis de paleossolos estejam decapeados, entende-se que o caráter redóxico é referente a classe de solos endorredóxicos, que é indicado quando as feições redoximórficas são encontradas em profundidades  $> 50$  cm e  $\leq 150$  cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2018).

As estruturas pedogenéticas foram identificadas em todos os horizontes, com predominância de prismáticas e blocos, muitas vezes constituídas por estruturas compostas menores. Em Monte Alto (Perfil 2 - horizonte 2Bt) foi observado que as linhas de fraqueza que separam as interfaces das estruturas não se propagam em direção ao interior do horizonte, que exibem visualmente aspecto maciço, após efetuar-se a retirada do material mais superficial. Nesse caso o material do solo que apresenta inicialmente forma e desagregação em fragmentos típicos de estruturas pedogenéticas pode ter sido formado pela exposição a fenômenos naturais, como as variações das temperaturas e umidades locais e não por processos pedogenéticos.

A cerosidade foi observada associada às unidades estruturais e/ou grãos (Monte Alto - perfil 1 e 2, Piratininga, Garça, Echaporã, Quirinópolis e Campina Verde), manifestando-se na forma de películas de argila ou calcita. Os revestimentos sobre as estruturas pedogenéticas, conforme Gile e Grossman (1968) são indicativos de processos iluviais de argila, considerando que os *peds* são formados durante o desenvolvimento do solo.

A atividade biológica registrada nos perfis de paleossolos, geralmente na forma de marcas de raízes (Monte Alto - perfil 2, Botucatu, Piratininga, Echaporã, Herculândia, Itajá, Quirinópolis e Campina Verde) e/ou *krotovinas* (Monte Alto - perfis 2 e 3, Garça e Herculândia) e/ou rizólitos (Botucatu e Monte Alto - perfil 3) estão presentes na maior parte

dos horizontes, variando entre frequência rara e abundante. As marcas de raízes estão preservadas predominantemente na posição de vida, possuem preenchimento por frações de areia (Botucatu, Echaporã, Herculândia e Quirinópolis), semelhante ao material que compõe o entorno do horizonte, ou por calcita (Botucatu e Itajá) e/ou cimentadas por carbonato de cálcio (Echaporã, Monte Alto - perfil 2, Quirinópolis e Campina Verde) que podem indicar a mudança no regime de disponibilidade de umidade no solo, com menor oferta de água, provocando a precipitação dos carbonatos. Em Campina Verde foi verificada marcas de raízes posicionadas de maneira horizontal no horizonte 3Btk, o que pode inferir possível impedimento na drenagem do horizonte, considerando a elevada acumulação de carbonato de cálcio subsequente.

As *krotovinas* (poros produzidos pela fauna) ou bioporos foram encontradas dispostas nas posições horizontais (Herculândia e Monte Alto) e verticais (Garça), com dimensões entre milímetros e centímetros e preenchimento por areia ou calcita. Diferentemente das marcas de raízes preenchidas por carbonatos de cálcio, que indicam uma possível sucessão de eventos pedogenéticos, as *krotovinas* podem ser formadas por atividade de animais, como roedores, até mesmo em horizontes Btk (EGHBAL; SOUTHARD, 1993b).

As bioturbações apresentaram as seguintes associações: halos de oxirredução em Piratininga (Bss1) que poderia ser resultado de uma drenagem moderada ou baixa com oscilação dos níveis de saturação de água no solo; halos de oxidação (1Btg) e redução (2Btg e 2Cg) em Herculândia, que revelam um solo com provável potencial de drenagem maior na parte superior e menor nos horizontes abaixo; e halos de redução em Quirinópolis (Bss1, Bss2 e C) indicando um solo saturado de água por tempo maior.

Em grande parte dos perfis de paleossolos ocorrem nódulos carbonáticos, na maior parte associados a horizontes com acumulação de carbonato de cálcio, no entanto em Monte Alto (Perfil 3) e Botucatu, foram observados em horizontes Bt e Btk a presença desses nódulos, que poderiam corresponder a rizólitos.

Os rizólitos são estruturas organosedimentares produzidas pelas raízes (KLAPPA, 1980), na forma de tubos posicionados na vertical ou horizontal, com preenchimento por micrita ou microesparita, e eventualmente argila (ALONSO-ZARZA, 1999). Através da movimentação de água descendente e do sistema de raízes disposto verticalmente, os componentes biológicos do solo tornam-se calcificados dando origem a rizólitos, filamentos calcificados e nódulos (ALONSO-ZARZA, 2003). Desta forma, a presença de bioturbações alongadas na horizontal e nódulos carbonáticos concentrados nos horizontes mais próximos

da base dos perfis de paleossolos, evidenciam a zona de oscilação do lençol freático (FREYET, 1973; ALONSO-ZARZA, op cit.).

### 8.3 Caracterização micromorfológica dos paleossolos

#### 8.3.1 Setor nordeste da Bacia Bauru

##### 8.3.1.1 Campina Verde (MG)

O perfil de paleossolo (Btk-2Btk-3Bt-3Btk-3Ck) apresenta textura que varia entre areia média a areia grossa, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade (Apêndice C). No perfil a fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (raro), fragmentos líticos (raro) e minerais pesados (raro). A fração fina é composta por cimento de calcita (predominante) e, pontualmente, no horizonte 2Btk, com argilominerais associados (Figura 8.30-A/C). A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), planares e canais (Figura 8.31-A).

Os padrões de distribuição/orientação são considerados como aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitônica, gefúrica, quito-gefúrica e porfírica (aberta e fechada) (*c/f*), pontualmente justapostas, com grãos aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, com exceção do horizonte 2Btk, que apresenta apenas porfírica (aberta e fechada).

A fábrica birrefringente cristalítica é dominante em todos os horizontes, embora haja partes das lâminas com a presença de fábricas granoestriadas (estriada) (Figura 8.30-G; Figura 8.31-C), exceto no horizonte 2Btk.

As feições pedológicas são revestimentos de calcita, do tipo capeamento de ligação, capeamento e pendente, textura límpida, não laminados e raros a ocasionais, e revestimentos de argila do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros. Apenas os horizontes 2Btk e 3Ck não possuem revestimentos. Nos horizontes 3Bt, 3Btk e 3Ck observaram-se características de estresse. No horizonte 2Btk ocorrem preenchimentos do tipo denso completo, discretos, preenchidos por quartzo, feldspato e acumulações não agregadas de argilominerais, e cimentados por carbonato de cálcio (Figura 8.30-E). Em todo o perfil de paleossolo foi identificado a presença de nódulos carbonáticos, disórticos e órticos, típicos e moderadamente impregnados a fortemente impregnados.

Figura 8.30: A e C) Horizontes Btk e 2Btk, respectivamente. Concentrações de argilominerais deteriorada devido o avanço da cimentação carbonática (PPL - 4x objetiva); B e D) lâminas A e C em XPL; E) Horizonte 2Btk. Preenchimento denso completo constituído por frações grossas, acumulações não agregadas de argilominerais e cimento carbonático (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte 3Bt. Fábrica birrefringente granoestriada e padrões *c/f* quitogefúrica (setas amarelas) (PPL - 10x objetiva); H) lâmina anterior em XPL.

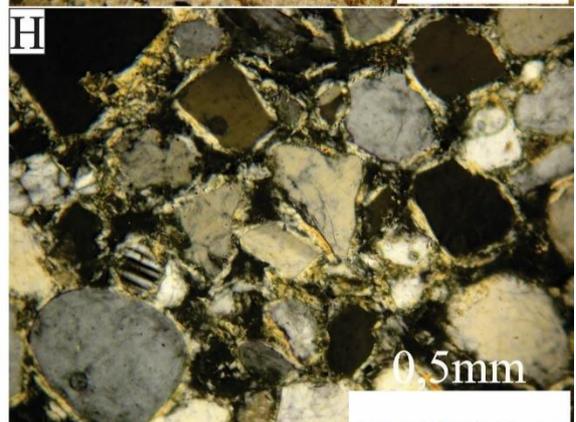
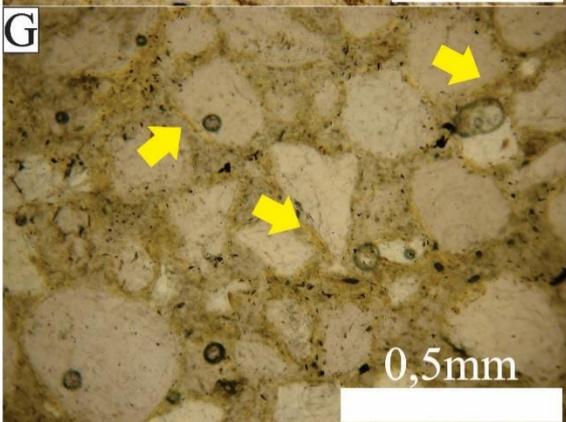
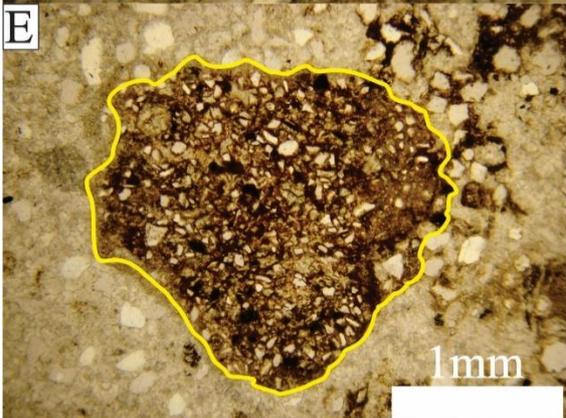
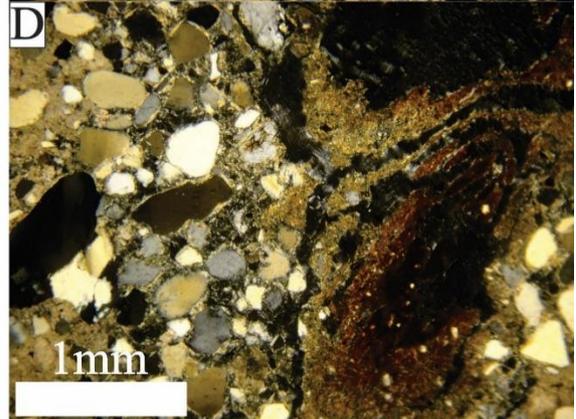
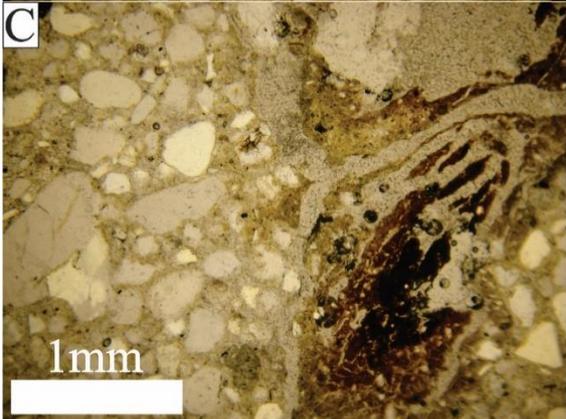
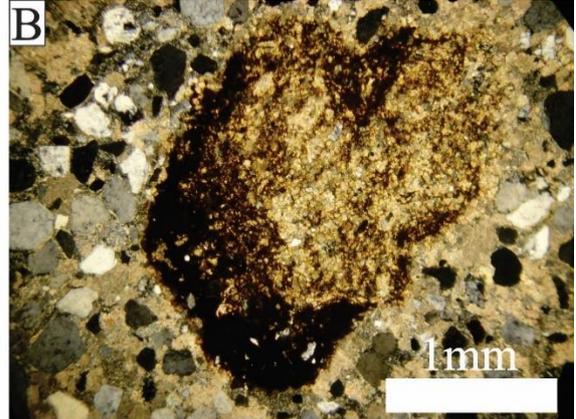
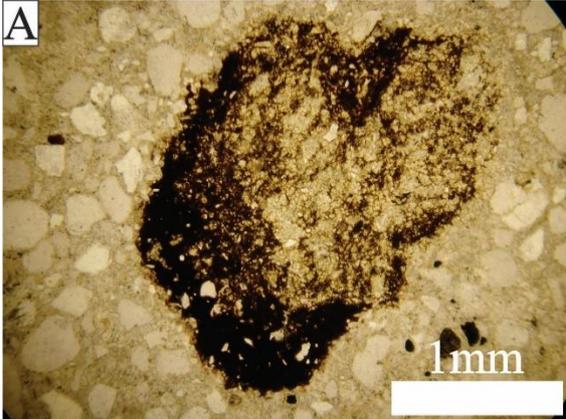
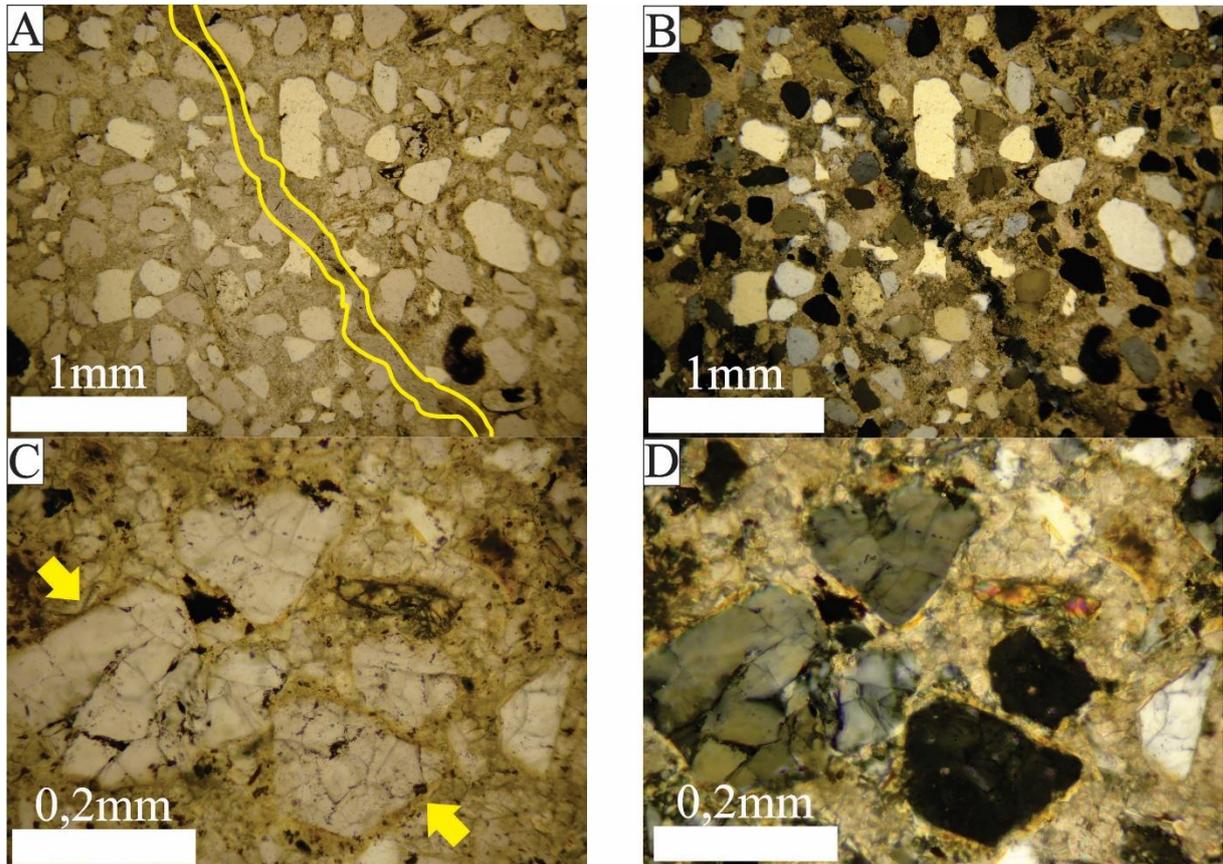


Figura 8.31: A) Horizonte 3Btk. Fábrica birrefringente cristalítica, com porosidade do tipo planar atravessando na direção vertical a lâmina (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 3Ck. Micromassa formada por cimento de calcita esparítica e fábrica birrefringente granoestriada (setas amarelas) (PPL - 20x objetiva); D) lâmina anterior em XPL.



### 8.3.2 Setor noroeste da Bacia Bauru

#### 8.3.2.1 Itajá (GO)

Esse perfil de paleossolo (Bt1-Bt2-Bt3-2Bt-2C) apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a arredondados e baixa esfericidade. A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta e ondulante (comum a predominante), quartzo policristalino (raro), albita (comum a predominante), microclínio (raro a predominante), ortoclásio (raro) e minerais pesados (raro).

A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro e cimento de calcita, este último, nos horizontes Bt3 e 2Bt, ocupa partes isoladas na lâmina e representa uma proporção muito baixa da totalidade do material fino. Em todos os horizontes foram identificados agregados de argilominerais e óxidos, e pouco frequentemente com grãos

associados, avermelhados, com orientação não resolvível e manchada (Figura 8.32-A). A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), compostos, complexos e canais.

Os padrões de distribuição/orientação são aleatória e agrupada/aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica, porfírica (aberta e fechada) e enáulica (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios cintilantes não orientados. A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e cristalítica predominantemente.

Em relação às feições pedológicas, os horizontes apresentam revestimentos de argila do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e muito abundantes (Figura 8.32-C/E). Ainda foram verificados preenchimentos do tipo denso completo, discretos, com forma circular predominante e constituídos por quartzo, feldspato, nódulos oxídicos e microagregados de argila (Figura 8.33-C). Em geral, essas feições estão cimentadas por carbonato de cálcio, com exceção de algumas no horizonte Bt1, que também possui preenchimentos do tipo solto contínuo, aderentes e compostos por grãos de quartzo e nódulos oxídicos (Figura 8.33-A). Não foram constatados preenchimentos nos horizontes Bt3 e 2Bt. Outras feições observadas foram os nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados (Figura 8.32-G).

Figura 8.32: A) Horizonte Bt1. Agregados de argilominerais fraturados, em transição com padrões *c/f* porfírica aberta (destaque em amarelo), posicionada na parte esquerda da lâmina (PPL - 10x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C e E) Horizontes Bt2 e Bt3, respectivamente. Domínios de argilominerais e óxidos (seta amarela) com revestimentos aos grãos associados, conferindo padrões *c/f* enaúlica (PPL - 10x e 20x objetiva, respectivamente); D e F) lâminas C e E em XPL; G) Horizonte 2Bt. Nódulo composto de óxidos de Fe (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); H) lâmina anterior em XPL.

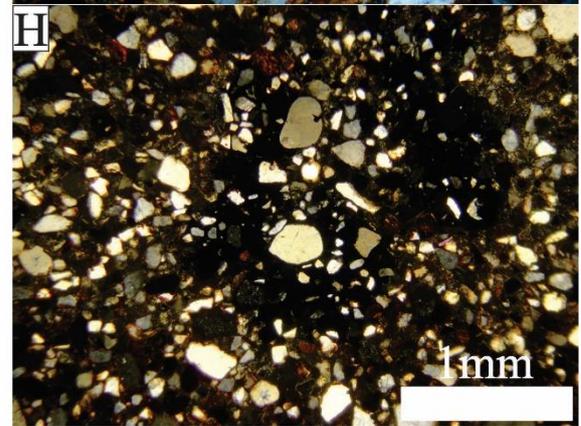
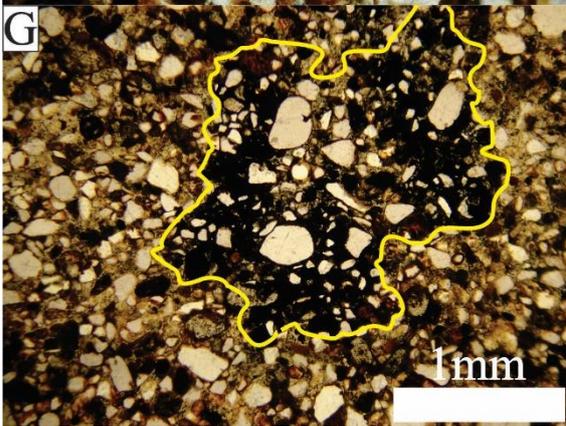
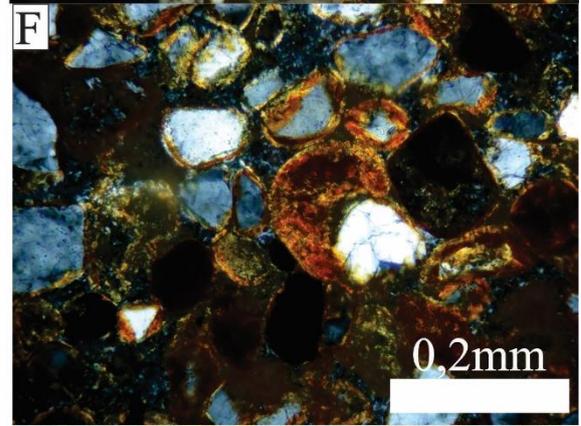
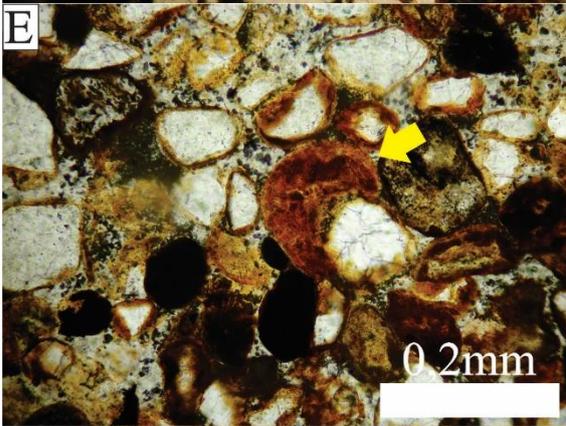
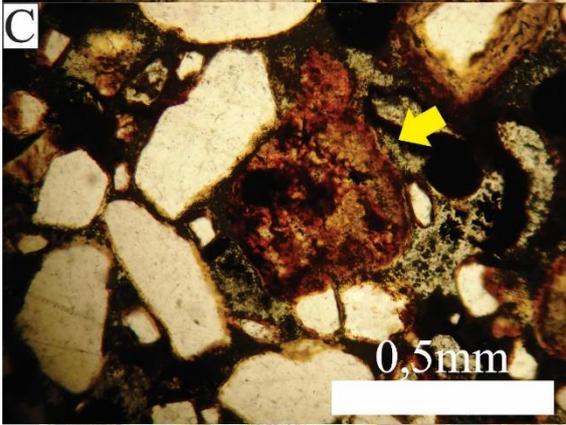
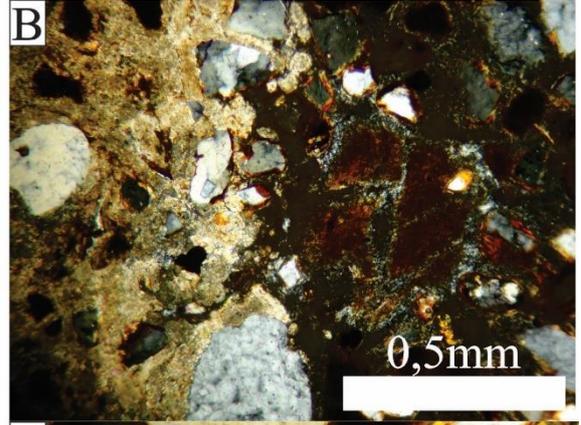
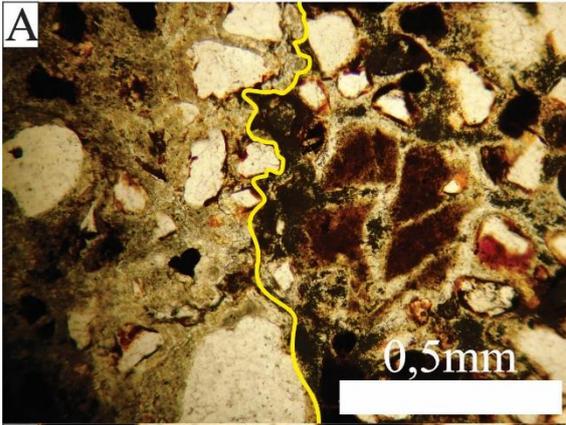
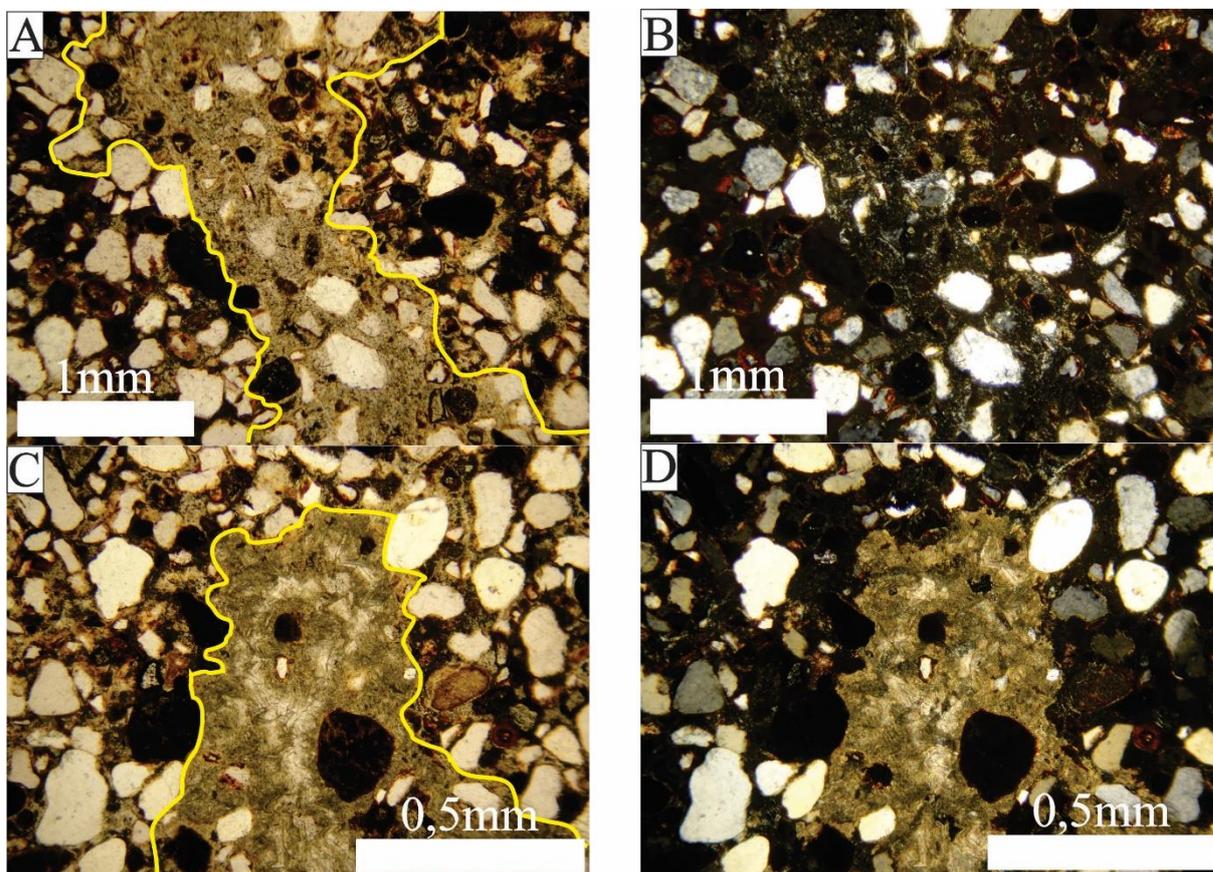


Figura 8.33: A) Horizonte Bt1. Preenchimento solto contínuo composto por quartzos e nódulos oxídicos (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Bt2. Preenchimento denso completo preenchido por cimento de calcita, nódulos oxídicos e raros grãos de quartzo (destaque em amarelo) (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL.



### 8.3.2.2 Quirinópolis (GO)

Realizou-se análises micromorfológicas apenas dos horizontes que compõem o perfil de paleossolo 5, pois não foi possível realizar a confecção de lâminas delgadas do material retirado do perfil de paleossolo 11 devido a elevada desagregação das estruturas pedológicas.

O perfil de paleossolo 5 (Bt1-Bt2-C) tem textura predominante de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a arredondados e baixa esfericidade. A fração grossa é composta por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante) e minerais pesados (raro).

A fração fina é constituída por argilominerais com óxidos de ferro e cimento de calcita (predominante) (Figura 8.34-E). Os agregados são compostos por argilominerais,

óxidos (Figura 8.34-A), e no horizonte C, com grãos da fração grossa associados, com orientação não resolvível e manchada, com cores avermelhadas dominantes. A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), complexos e canais (Figura 8.34-C).

Os padrões de distribuição/orientação são aleatórios (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica, porfírica (aberta e fechada) e enáulica (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos ligados entre si pelo material fino e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio (Figura 8.34-E).

As fábricas birrefringentes são estriadas (granoestriada), que ocupam a maior parte das lâminas, poroestriada e cristalítica, embora esta esteja presente de forma pontual nas lâminas, e não foi verificada no horizonte Bt2.

As feições pedológicas encontradas foram revestimentos de argila, do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e muito abundantes. Também foram identificados nos horizontes Bt1 e C características estresse. Outras feições observadas foram os preenchimentos. No horizonte Bt1 são preenchimentos do tipo denso completo, discretos e constituídos de carbonato de cálcio (Figura 8.35-A), enquanto no horizonte C são preenchimentos do tipo denso completo, aderentes, possuem forma elíptica aproximada, são preenchidos por quartzo e poucos microagregados argilominerais. Além disso, todos os horizontes possuem nódulos oxídicos, órticos e disórticos (Figura 8.35-C), típicos e fortemente impregnados.

Figura 8.34: A) Horizonte 5Bt1. Padrões *c/f* enáulica e quitônica justapostas, caracterizadas por domínios de material fino, fragmentos de quartzo, nódulos oxídicos e revestimentos vinculados a grãos e poros (PPL - 20x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 5Bt2. Padrões *c/f* quito-gefúrica (seta azul) e enáulica (seta amarela) justaposta. Poro planar atravessa toda extensão da lâmina (destaque em amarelo) (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte 5C. Transição entre padrões *c/f* quito-gefúrica (seta azul) e enáulica (seta amarela) com porfírica aberta (PPL - 10x objetiva); F) lâmina anterior em XPL.

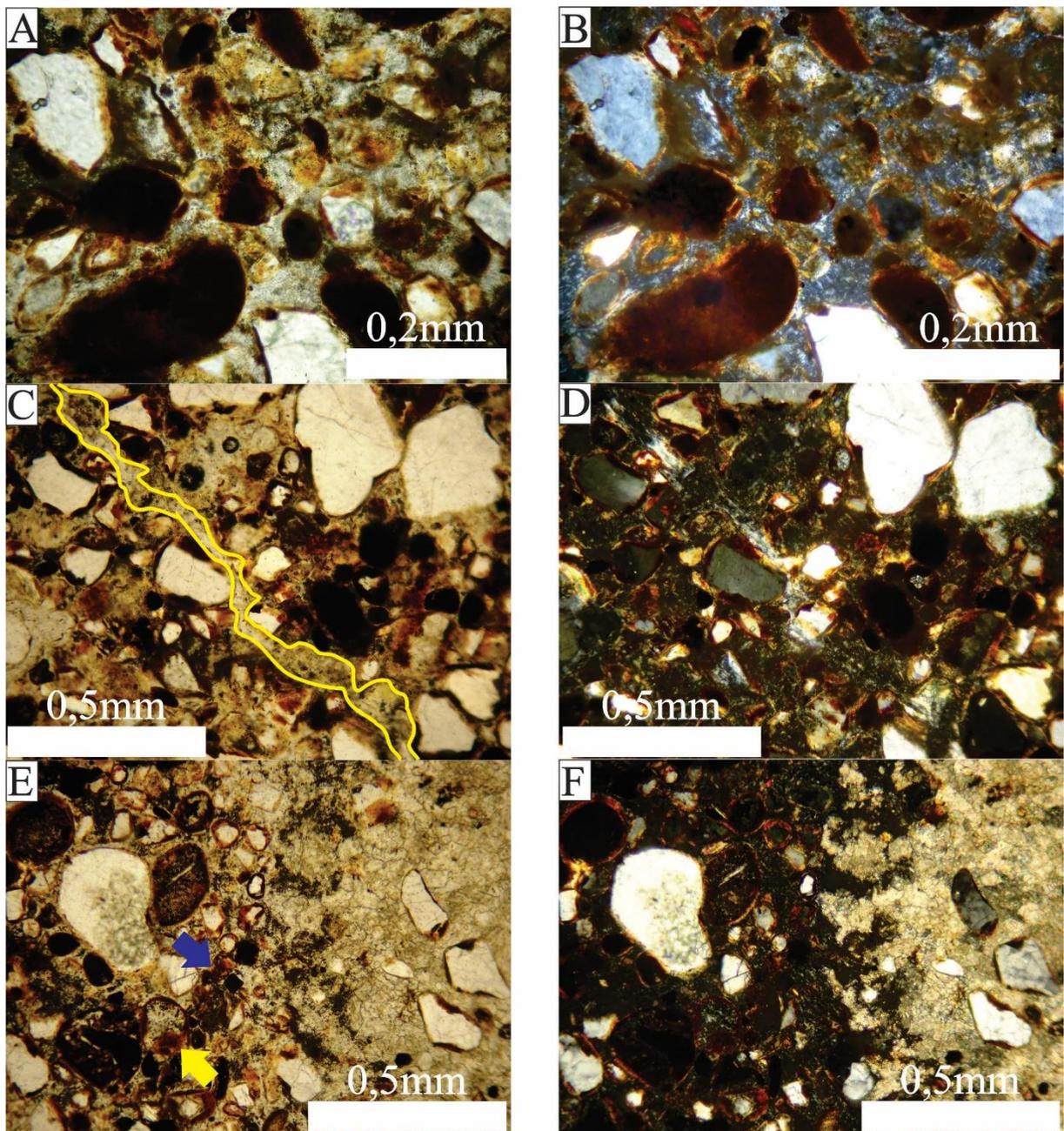
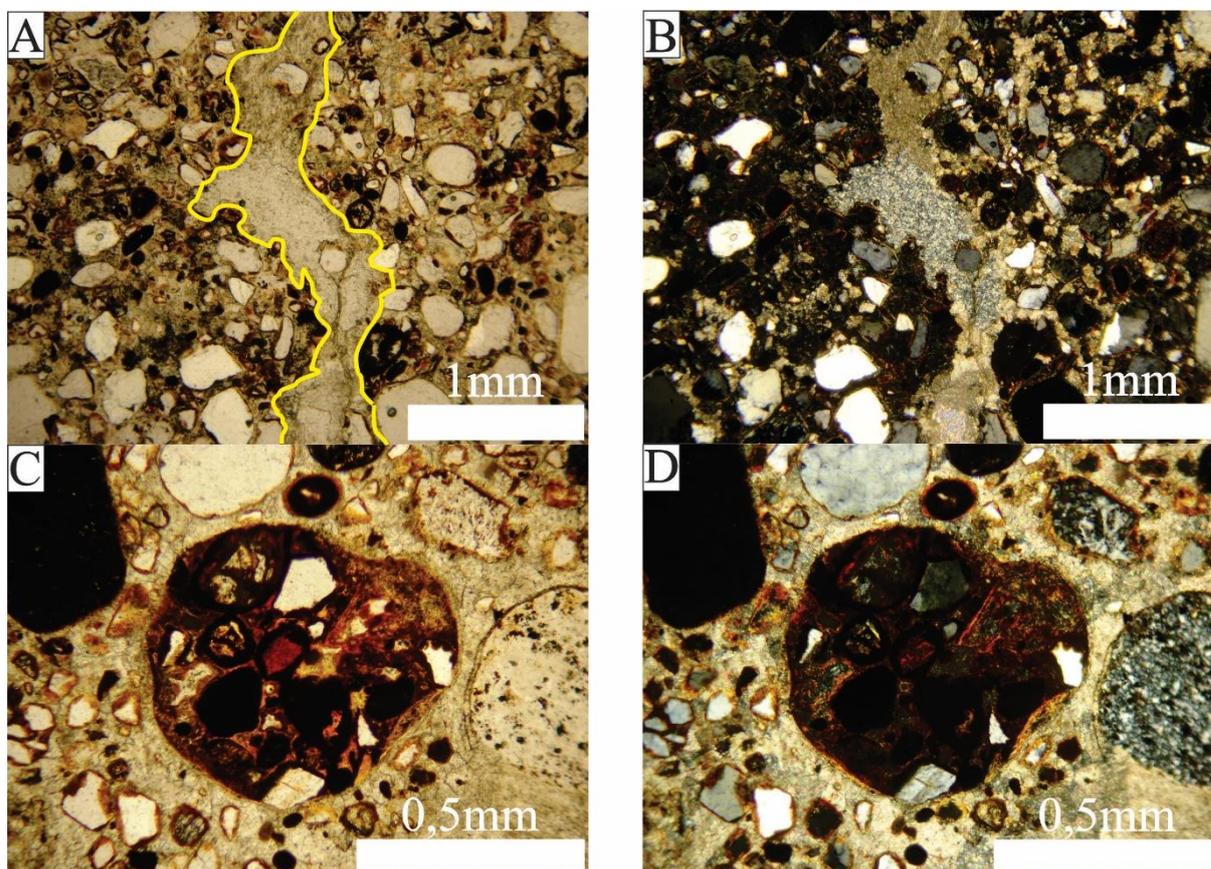


Figura 8.35: A) Horizonte 5Bt1. Preenchimento cimentado por calcita esparítica (destaque amarelo) (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 5C. Nódulos oxídicos disórtico, circundado por micromassa carbonática, argilomineriais e fragmentos de quartzo (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL.



### 8.3.3 Setor sudeste da Bacia Bauru

#### 8.3.3.1 Botucatu (SP)

O perfil de paleossolo (Bt-2Btk-2Bt/C) apresenta texturas que variam entre areia média a grossa, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade. A fração grossa é constituída por quartzo monocristalino com extinção reta (predominante) e ondulante (comum), quartzo policristalino (raro), albita (comum a predominante), microclínio (comum a predominante), pertita (raro), fragmentos líticos (raro) e minerais pesados (raro).

Nos horizontes Bt e 2Btk as frações finas são compostas predominantemente por cimento de calcita, e numa quantidade menor por argilominerais. O horizonte 2Btk não apresenta percentual representativo de material fino no fundo matricial, devido a elevada porosidade, o que impossibilitou o reconhecimento deste. No horizonte Bt foram identificados

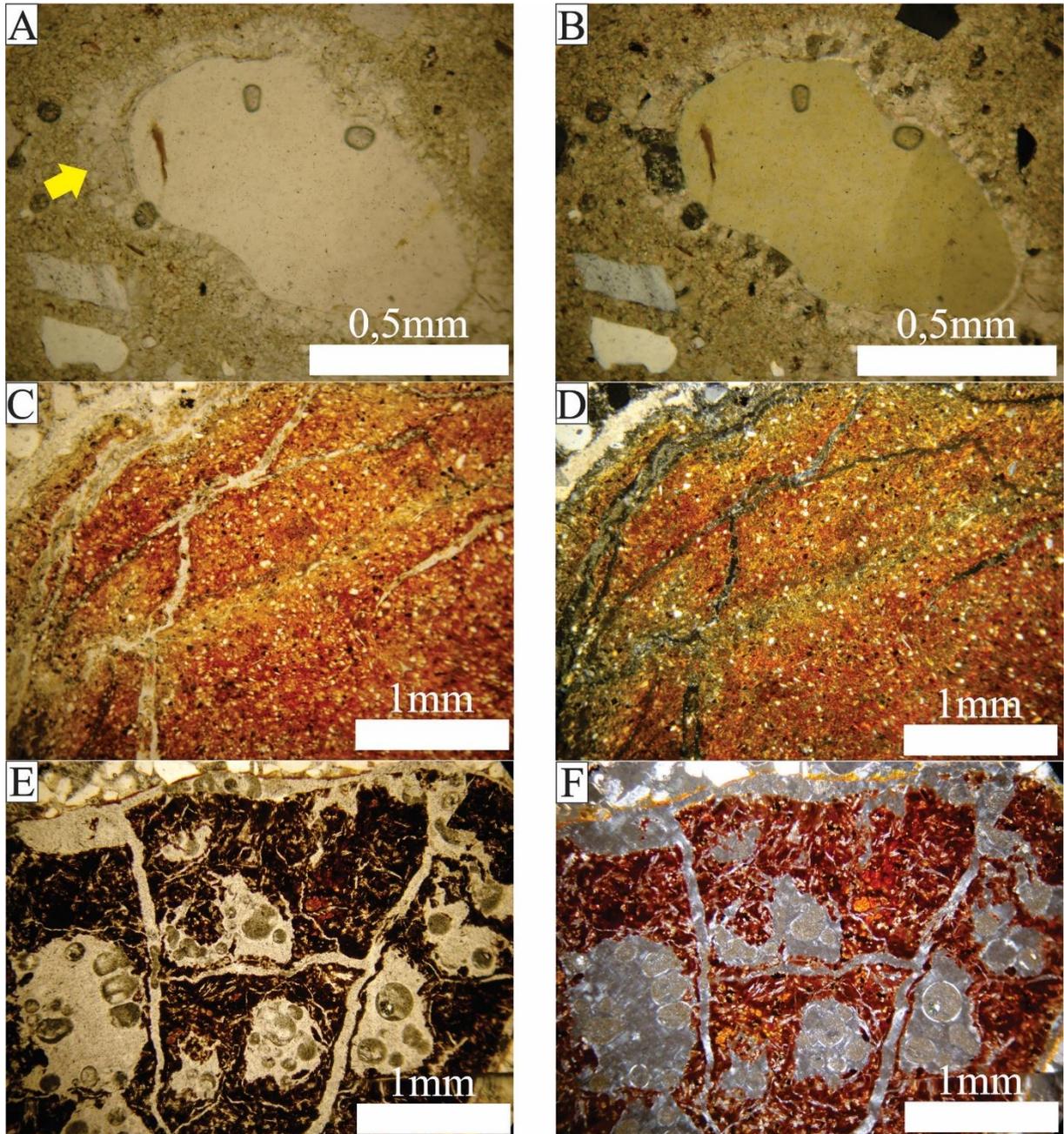
agregados de argilominerais e óxidos, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados e marrons. Nos horizontes 2Btk e 2Bt/C verificou-se a presença de clastos de argila e, provavelmente, com óxidos de ferro associados, com coloração alternando entre vermelho e amarelo (Figura 8.36-A), que haviam sido reconhecidos na descrição macromorfológica. A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), canais, planares e câmaras.

Os padrões de distribuição/orientação são aleatória e agrupada/aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitônica e porfírica fechada (*c/f*), pontualmente transicionais, com grãos circundados por material argiloso ou confinados pela cimentação de carbonato de cálcio. A fábrica birrefringente foi constatada apenas nos horizontes Bt e 2Btk, considerada como granoestriada (estriada) e cristalítica, quando associada a cimentação carbonática.

A respeito das feições pedológicas, restritamente no horizonte Bt e 2Bt/C ocorrem revestimentos de argila, do tipo capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e raros. Em todo o perfil foram observadas características de estresse. Ainda no horizonte Bt, verificou-se intraclastos carbonáticos, com franja de calcita esparítica ocupando o entorno (Figura 8.36-A).

No horizonte mais basal (2Bt/C), descreveu-se dois agrupamentos isolados de feições típicas de excrementos, que se distinguem enormemente das frações grossas e finas que caracterizam a lâmina em sua totalidade (Figura 8.36-E). Tais agrupamentos são compostos por poros em câmaras, que se conectam entre si, ocupados pelos excrementos, e ainda há um material avermelhado (argilominerais) que limita a rede de porosidade e circunda toda a extensão das feições. A descrição dos excrementos é a seguinte: moderadamente selecionado, variabilidade média, acinzentados, contraste proeminente e forte, na forma de glóbulos e cilindros curtos, bem arredondado a arredondado, esférico a subesférico, rugosidade superficial alisada, coalescentes e microagregados muito porosos.

Figura 8.36: A) Horizonte Bt. Intraclastos carbonático com franja de calcita (seta amarela). Padrões *c/f* porfírica aberta (PPL - 10x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 2Btk. Clasto de argila fraturado pela porosidade (PPL - 4x objetiva); objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte 2Bt/C. Feições de excrementos agrupadas, na forma de glóbulos e cilindros curtos, separadas por poros em câmaras que se conectam e com material argiloso associado (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL.



### 8.3.3.2 Echaporã (SP)

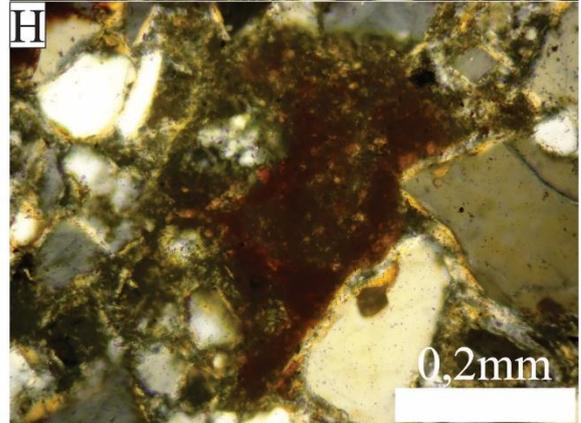
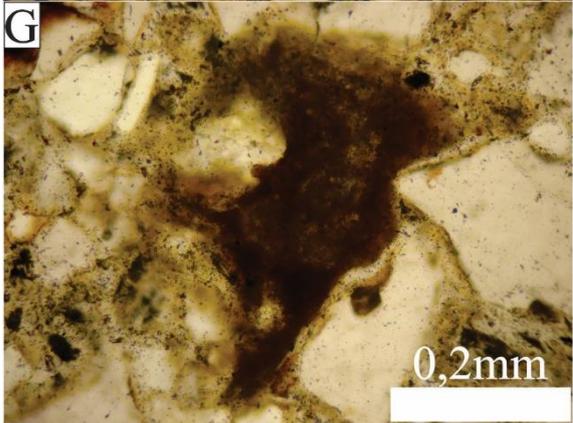
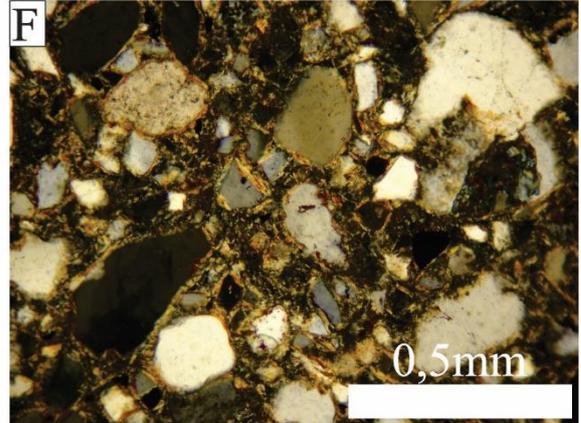
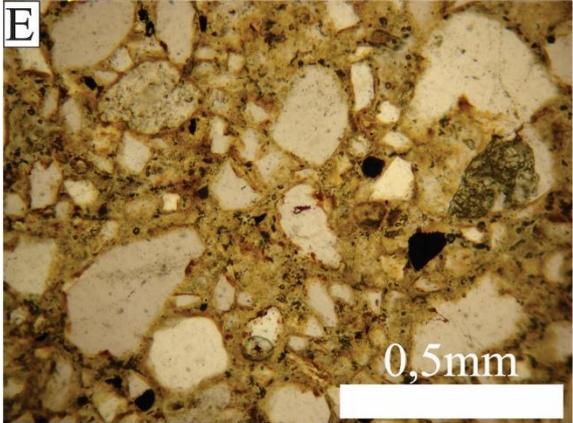
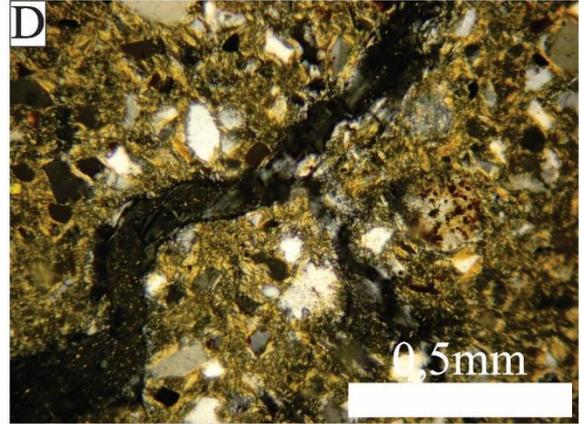
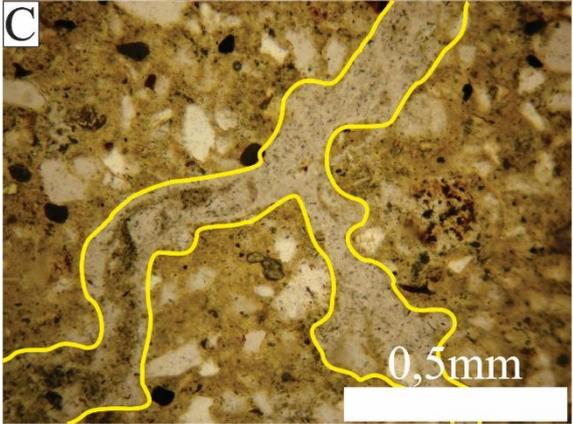
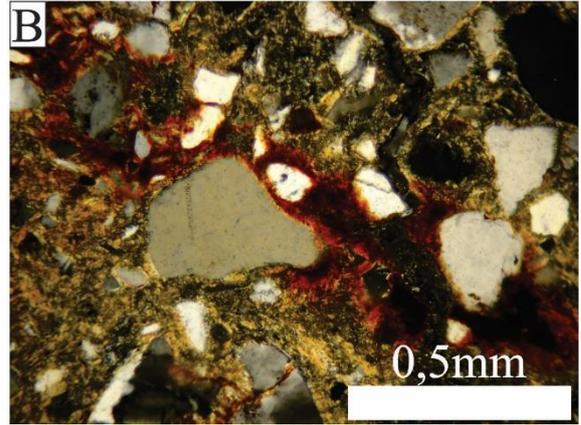
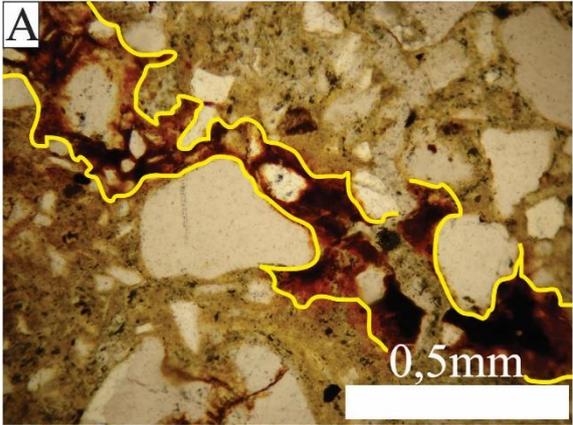
O perfil de paleossolo (Bt1-Bt2-C) tem textura que varia entre areia fina e areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade. A fração grossa corresponde a quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro a comum), albita (predominante), microclínio (predominante), pertita (raro), fragmentos líticos (raro) e minerais pesados (raro).

A fração fina é composta por argilominerais com óxidos em todos os horizontes. Nos horizontes Bt2 e C ocorrem agregados de material fino, avermelhados, com orientação não resolvível e manchada, e ainda outras acumulações pouco agregadas do mesmo material nos horizontes Bt1 e C (Figura 8.37-G). A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e compostos, canais e planares (Figura 8.37-C).

Os padrões de distribuição/orientação verificados são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica (*c/f*), com o material fino concentrado em domínios não orientados e/ou conectando os grãos. A fábrica birrefringente estriada (granoestriada) está presente em todos os horizontes, mas apenas em alguns pontos da lâmina (Figura 8.37-E).

As feições pedológicas identificadas são revestimentos de argila, do tipo capeamento de ligação, típico e pendente, textura de argila turva, não laminados e numerosos, e hiporevestimentos externos, do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros (Figura 8.37-A). Além disso, também foram observadas características de estresse. Outras feições constatadas ao longo do perfil foram nódulos oxídicos, órticos, típicos e concêntricos, e fortemente impregnados.

Figura 8.37: A) Horizonte Bt1. Hiporevestimento de argilominerais e óxidos conectando os grãos de quartzo (destaque em amarelo) (PPL - 10x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Bt1. Poros planares comunicantes (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte Bt2. Fábrica birrefringente granoestriada (PPL - 10x objetiva); F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte C. Acumulação pouco agregada de argilominerais (PPL - 20x objetiva); H) lâmina anterior em XPL.



### 8.3.3.3 Garça (SP)

O perfil de paleossolo (Bt-Btk-Ck) possui textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade. A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (raro a comum), pertita (raro), fragmentos líticos (raro) e minerais pesados (raro).

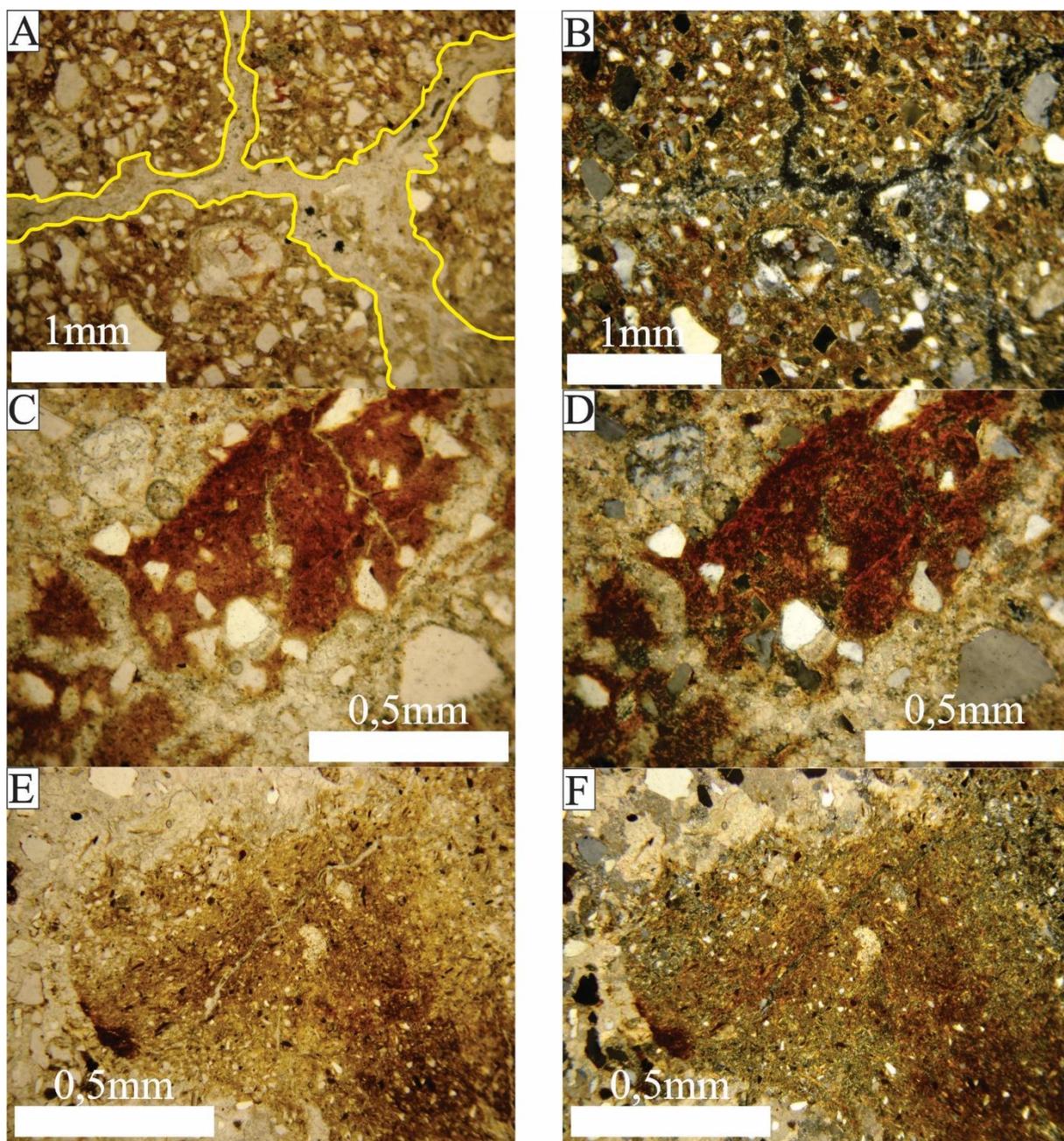
A fração fina predominante é cimento de calcita, mas ocorre também partes constituídas por argilominerais com óxidos de ferro. Observou-se acumulações de argilominerais avermelhadas e pouco agregadas nos horizontes Btk (Figura 8.38-C) e C. A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), compostos e planares.

As microestruturas estão presentes apenas no horizonte Bt (Figura 8.38-A), que possuem formas de blocos subangulares, altamente separados, pedalidade bem desenvolvida, parcialmente acomodados, subarredondados e agrupados. A composição é por grãos de quartzo e argilominerais. A porosidade interagregados é planar, especificamente com poros oblíquos.

Os padrões de distribuições/orientação são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitogefúrica e porfírica (aberta ou fechada) (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos ligados pelo material fino ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio. As fábricas birrefringentes são granoestriada (estriada e poroestriada) e cristalítica, mas esta última com maior frequência (Figura 8.38-E).

Em relação as feições pedológicas, verificou-se revestimentos de argila, do tipo capeamento de ligação, capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e ocasionais a numerosos, e revestimentos de calcita, do tipo capeamento de ligação, textura de argila límpida, não laminados e ocasionais. Também foram observadas nos horizontes características de estresse. Outras feições descritas em todo o perfil foram os preenchimentos, classificados como denso completo, discretos e constituídos por argilominerais, poucos grãos de quartzo (horizonte Bt apenas) e todos cimentados por carbonatos.

Figura 8.38: A) Horizonte Bt. Microestruturas em formato de blocos subangulares, com poros interagregados planares (do tipo oblíquos) associados e compostas por quartzos e argilominerais. (PPL - 4x objetiva). B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Btk. Concentrações de argilominerais fraturada pela cimentação carbonática (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte Ck. Fábrica birrefringente cristalítica compostas por cimento de calcita (parte superior esquerda) e argilominerais com óxidos (parte central e inferior direita) (PPL - 10x objetiva); F) lâmina anterior em XPL.



#### 8.3.3.4 Herculândia (SP)

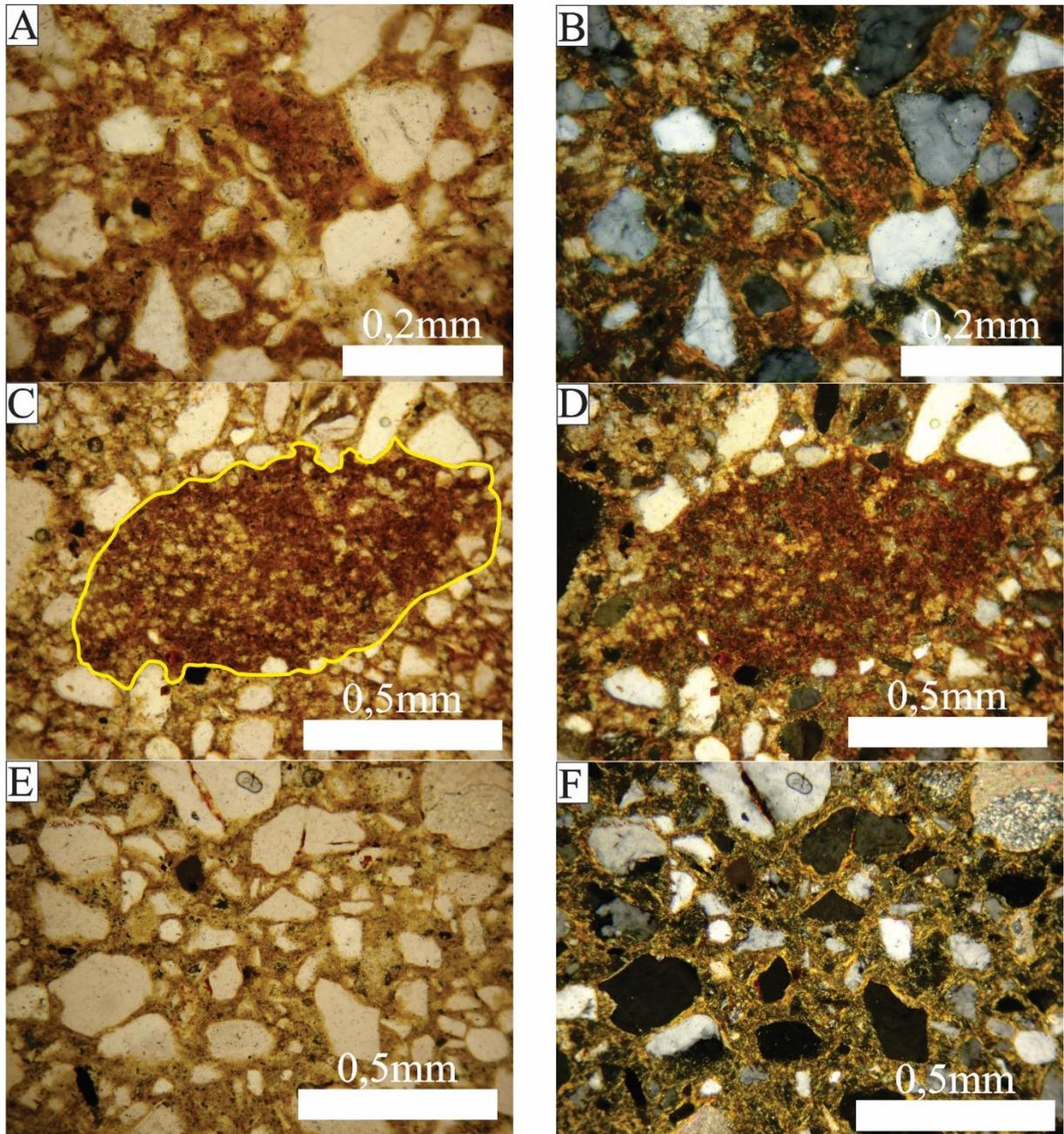
O perfil de paleossolo (1Btg-2Btg-2Cg) apresenta textura de areia fina a média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade. A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (comum), albita (predominante), microclínio (raro a comum), pertita (raro) e minerais pesados (raro).

As frações finas são representadas por argilominerais (Figura 8.39-A), de forma predominante nos horizontes 2Btg e 2Cg, além de partes compostas por cimento de calcita, encontrados em todos os horizontes. A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes), simples e planares.

Os padrões de distribuição/orientação presentes nas lâminas são aleatória (base/orientação), não referida (referida/orientação), gefúrica (exceto no 2Cg) e porfírica fechada (*c/f*), com os grãos da fração grossa aprisionados pela cimentação carbonática. As fábricas birrefringentes são granoestriada (estriada) e cristalítica (Figura 8.39-E).

Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros, e no horizonte 2Cg foram observadas características de estresse. Apenas no horizonte 2Btg foram observados nódulos órticos, típicos e fortemente impregnados, que estão envolvidos pela fábrica do solo (Figura 8.39-C)

Figura 8.39: A) Horizonte 1Btg. Micromassa composta por argilominerais (PPL - 20x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 2Btg. Nódulo com fábrica interna indeferenciada (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte 2Cg. Fábrica birrefringente granoestriada (PPL - 10x objetiva); F) lâmina anterior em XPL.



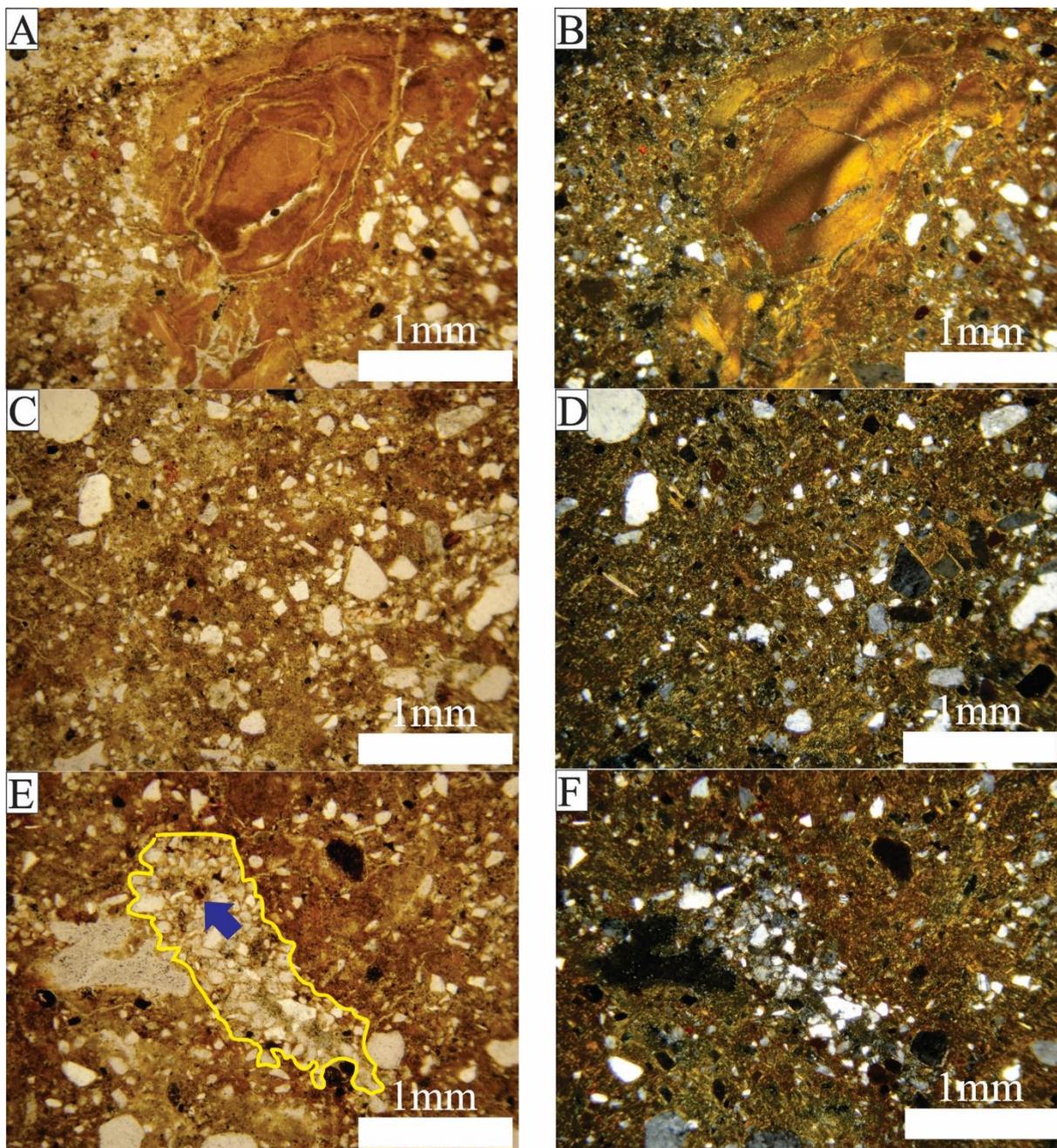
#### 8.3.3.5 Monte Alto (SP)

No perfil de paleossolo 1 (Bt) verificou-se textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade. A fração grossa é composta por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), albita (predominante), microclínio (comum), fragmentos líticos e minerais pesados. As frações finas incluem argilominerais com óxidos de ferro. A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes), simples e planares.

Os padrões de distribuição/orientação observados foram: aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação), porfírica aberta e enáulica (*c/f*), geralmente justapostas. A fábrica birrefringente cristalítica é predominante na lâmina, entretanto, ocorre também partes granoestriadas e poroestriadas (estriada) (Figura 8.40-C).

As feições pedológicas verificadas são revestimentos de argila, do tipo crescente, textura de argila límpida, fábrica interna laminada, orientação das lâminas paralela, extinção das linhas nítidas e abundantes (Figura 8.40-A). Também ocorrem características de estresse. Os preenchimentos são pontuais, do tipo solto contínuo, discretos, forma elíptica aproximada e compostos por quartzos e poucos microagregados de argilominerais e óxidos de ferro (Figura 8.40-E). Outras feições presentes são nódulos oxídicos, órticos, típicos e concêntricos cruzados e fortemente impregnados.

Figura 8.40: Horizonte Bt. A) Seção transversal de canal com revestimento de argila espesso com fissuração pós-deposicional (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Fábrica birrefringente granoestriada e poroestriada (PPL - 4x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Preenchimentos compostos por quartzos e raros microagregados de argilominerais e óxidos indicados pela seta azul (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL.



O perfil de paleossolo 2 (horizontes Bk-C-2Bt) apresentam predomínio da textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade. Nos horizontes a fração grossa é caracteriza por

quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (raro a comum) e minerais pesados (raro). A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro e cimento carbonático (predominante). No horizonte 2Bt foram identificados agregados de argilominerais, avermelhados, com orientação não resolvível e manchada. A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes), simples e planares (Figura 8.41-C).

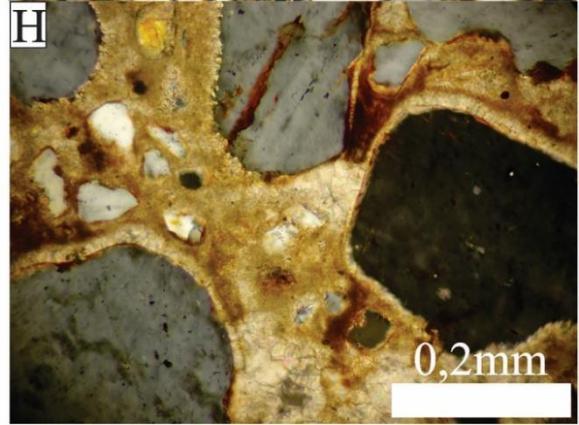
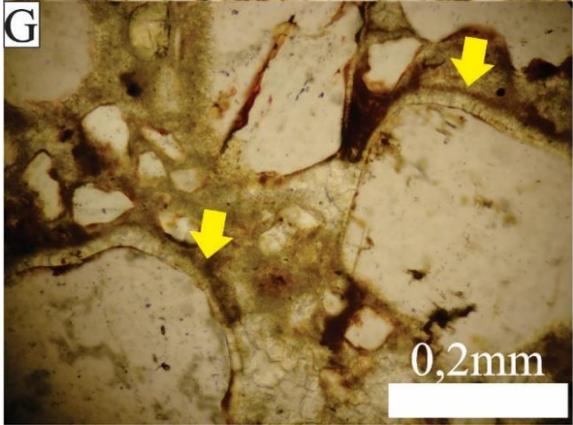
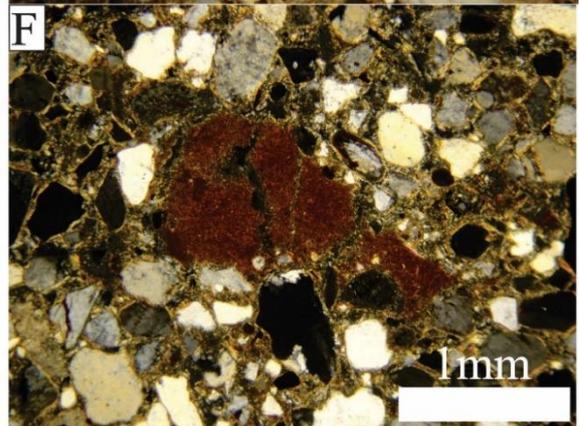
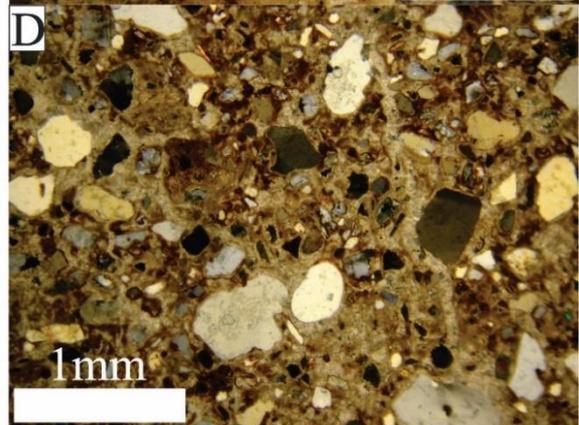
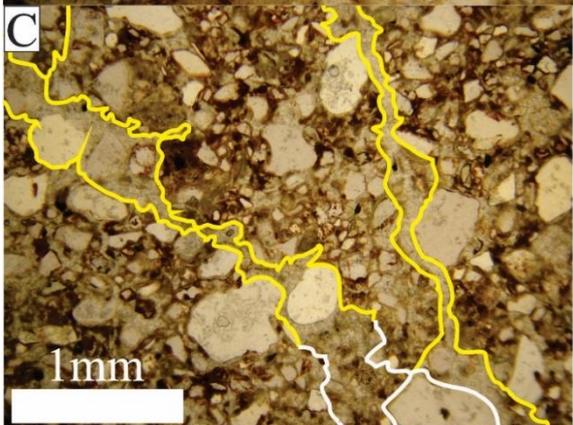
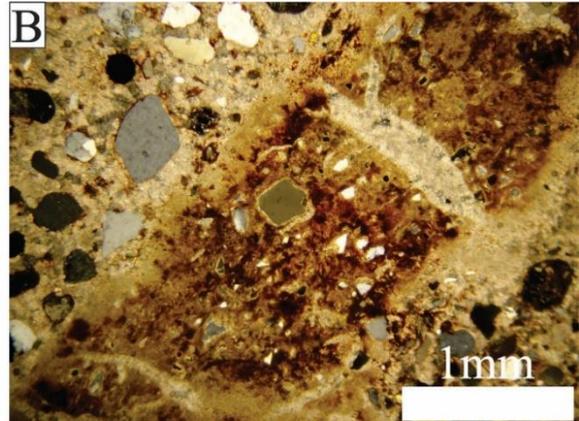
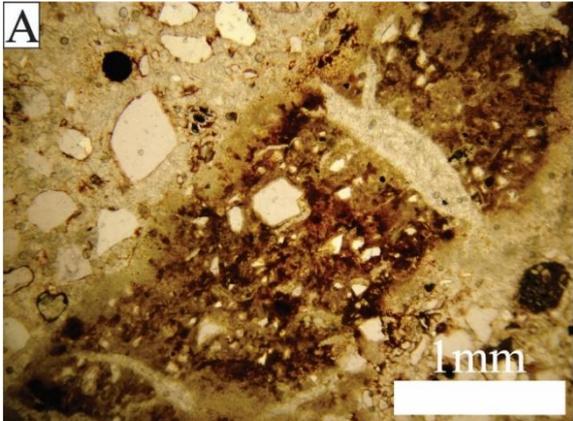
Os padrões de distribuição/orientação são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica, porfírica (aberta e fechada) e enáulica (*c/f*), com exceção do horizonte Bk, disposta de forma justapostas e, também, transicional no horizonte C, com grãos da fração grossa unidos por pontes de argila.

Em geral, a fábrica birrefringente é cristalítica nas partes cimentadas pelo carbonato de cálcio, e nos horizontes Bk e C, quando vinculada ao preenchimento por argilominerais e óxidos de ferro é granoestriada (estriada).

Os revestimentos são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros a muito abundantes. No horizonte 2Bt também ocorrem quasirevestimentos de argila são de grãos externos, do tipo capeamento de ligação e ocasionais (Figura 8.41-G). Apenas no horizonte C foram observados características de estresse.

No horizonte Bk os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos e compostos por argilominerais (com maior agregação em algumas partes), óxidos de ferro, cimento carbonático, e pontualmente por quartzos em algumas feições (Figura 8.41-A). No horizonte 2Bt os preenchimentos são do tipo denso completo, aderentes, devido os limites parcialmente difusos entre os materiais que compõe o fundo matricial, e ainda apresentam cimentação por carbonato de cálcio, e fragmentos de quartzos numa proporção menor. Observou-se no horizonte 2Bt que essas feições estão conectadas entre si em partes isoladas na lâmina. Outra feição identificada apenas no horizonte Bk são os nódulos carbonáticos, disórticos, típicos e fortemente impregnados.

Figura 8.41: A) Horizonte Bk. Preenchimentos compostos por quartzos e cimentados por material carbonático com argilominerais (com maior agregação na parte central) e óxidos de ferro. O preenchimento apresenta fissuração preenchidas pelo material da micromassa (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte 2Bt. Preenchimento cimentado por carbonato de cálcio. As feições se conectam em algumas partes da lâmina (PPL - 4x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte C. Preenchimento de canal por argilominerais (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte 2Bt. quasirevestimentos de argila de grãos externos (setas amarelas). (PPL - 20x objetiva); H) lâmina anterior em XPL.



O perfil de paleossolo 3 (Btk-Bt-Bt/C) possui textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade. A fração grossa é constituída por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro a comum), albita (predominante), microclínio (raro a comum) e minerais pesados (raro).

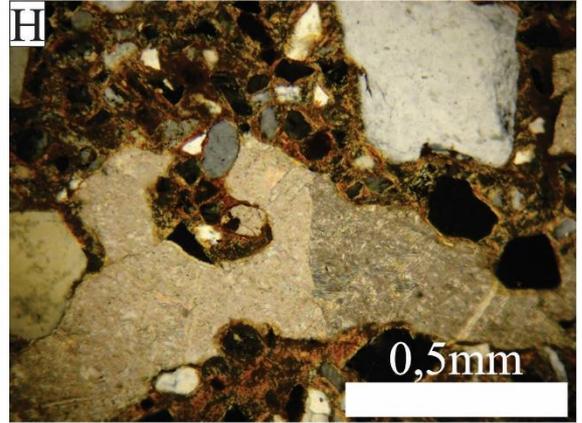
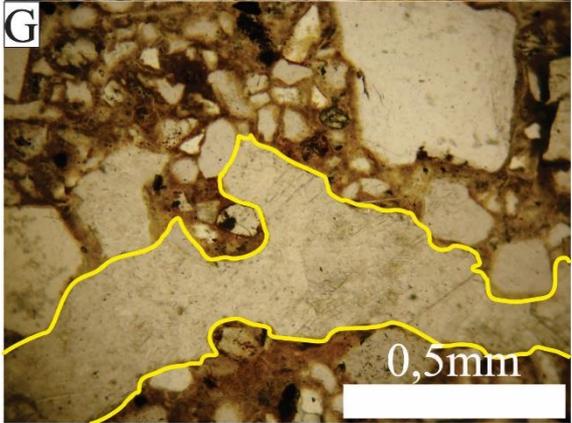
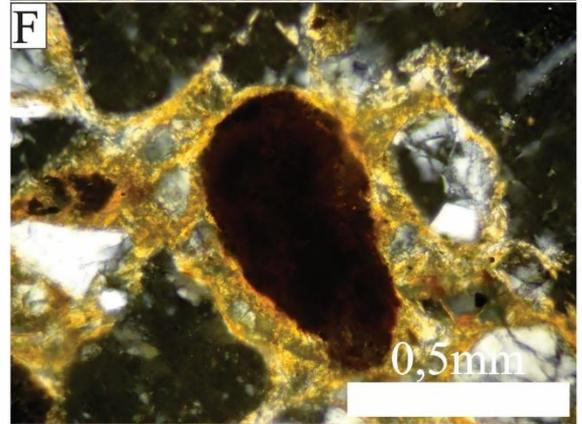
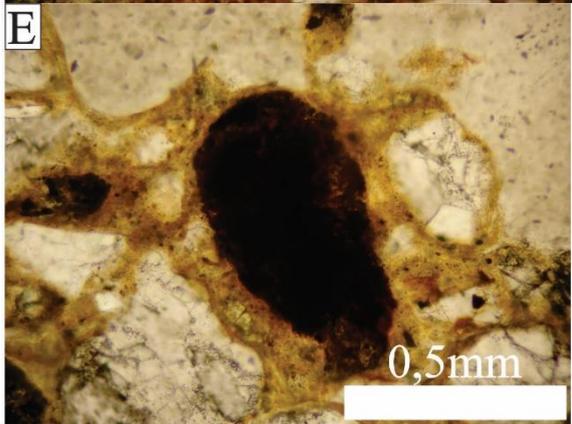
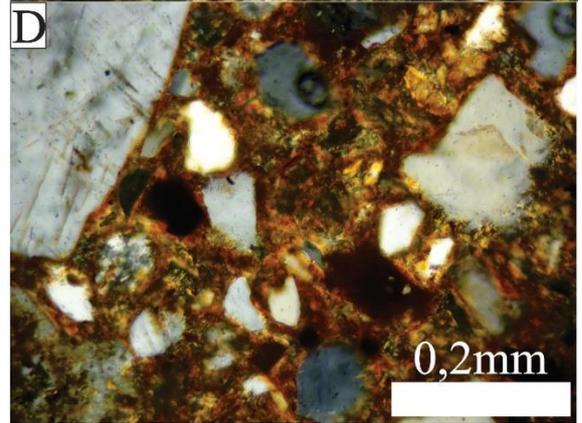
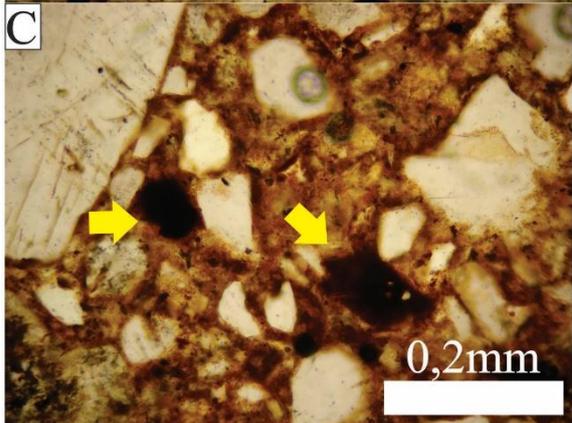
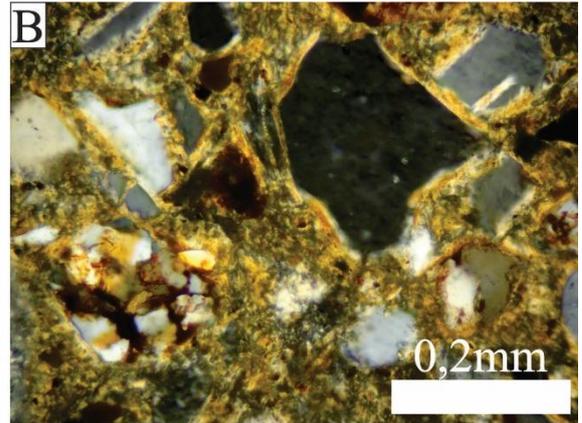
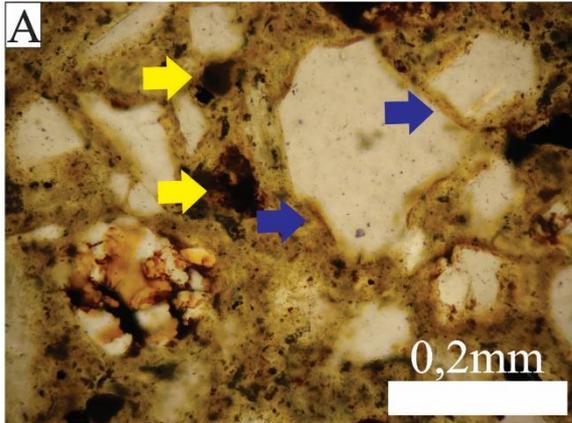
Em todos os horizontes as frações finas são representadas por argilominerais com óxidos de ferro e cimento de calcita (predominante). Os agregados identificados são de argilominerais e óxidos, avermelhados, com orientação não resolvível e manchada, nos horizontes Btk e Bt. A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), composto e planares.

Os padrões de distribuição/orientação são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitogefúrica, porfírica (aberta e fechada) e enáulica (*c/f*) (Figura 8.42-C), este último exceto o horizonte Bt/C, eventualmente justapostas ou transicionais, com grãos ligados pela argila ou cimentados pelo carbonato de cálcio (Figura 8.42).

A fábrica birrefringente granoestriada (estriada) ocorre na maior parte das lâminas (Figura 8.42-A), muitas vezes, apresentando birrefringência fraca, e ainda foram verificadas fábricas cristalíticas, em partes das lâminas cimentadas por carbonatos.

A respeito das feições pedológicas presentes nas lâminas, observou-se a predominância revestimentos de argila do tipo capeamento de ligação, capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e raros a abundantes. Além disso, nos horizontes Btk e Bt/C ocorrem características de estresse. No horizonte Btk foram verificados nódulos carbonáticos, órticos, típicos e fortemente impregnados. Por outro lado, nos horizontes Bt e Bt/C ocorrem nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados (Figura 8.42-E). Apenas no horizonte Bt/C identificaram-se preenchimentos denso completo, discretos e compostos por calcita esparítica (Figura 8.42-G).

Figura 8.42: A) Horizonte Btk. Fábrica birrefringente granoestriada com revestimentos de argila (setas azuis) e pontuações de argilominerais com óxidos de ferro associadas (setas amarelas) (PPL - 20x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Bt. Padrões *c/f* enáulica com dominios de argila imersos na micromassa (setas amarelas) (PPL - 20x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte Bt/C. Nódulo de ferro típico (PPL - 10x objetiva) F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte Bt/C. Preenchimento constituído por cimento de calcita esparítica (PPL - 10x objetiva); H) lâmina anterior em XPL.



#### 8.3.3.6 Piratininga (SP)

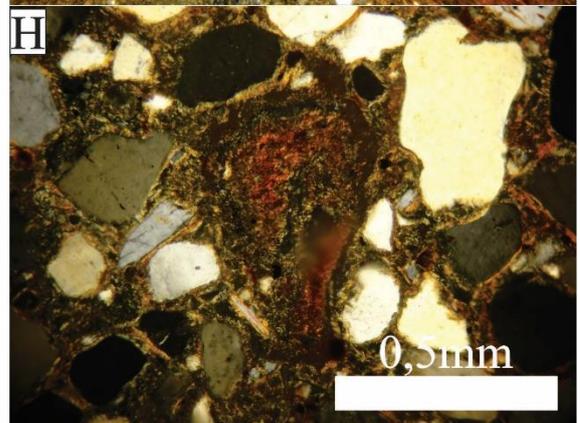
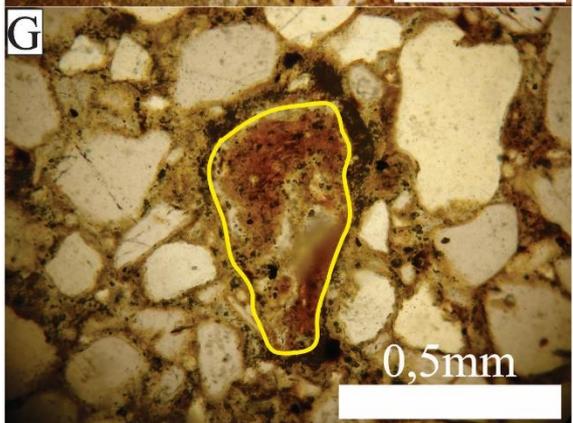
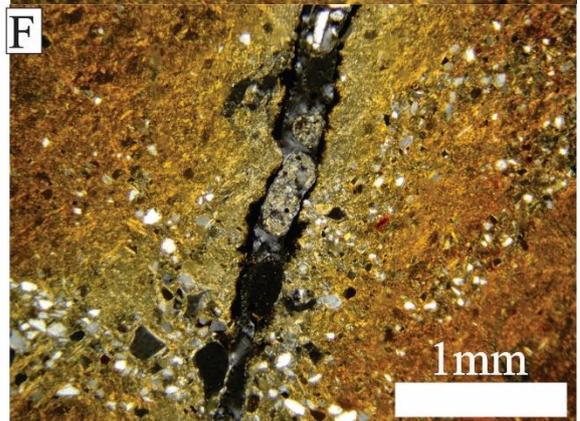
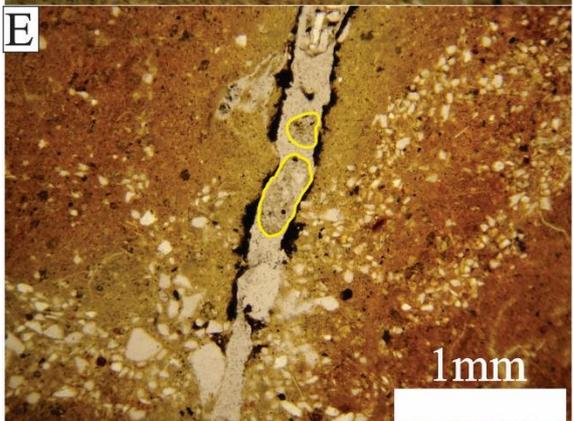
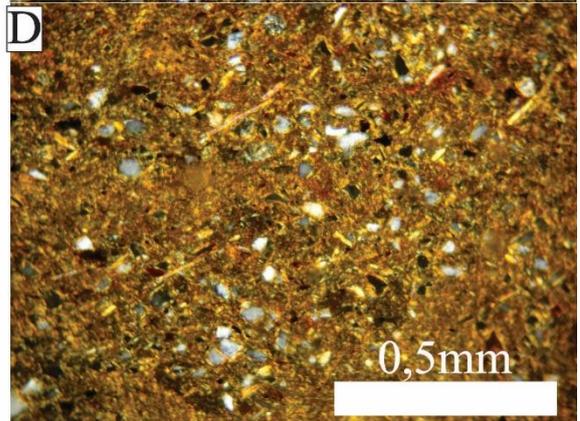
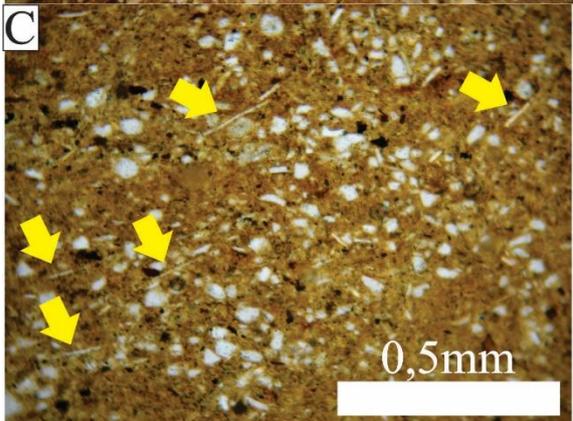
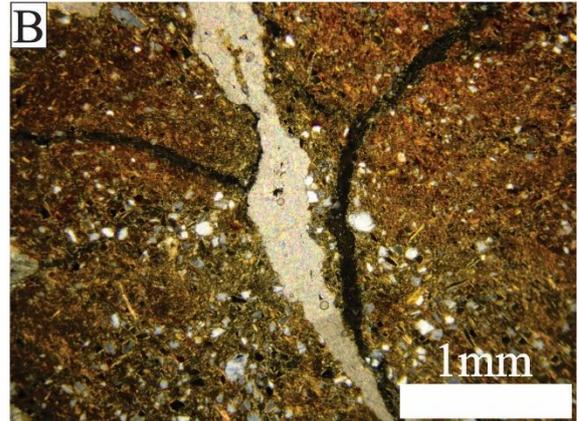
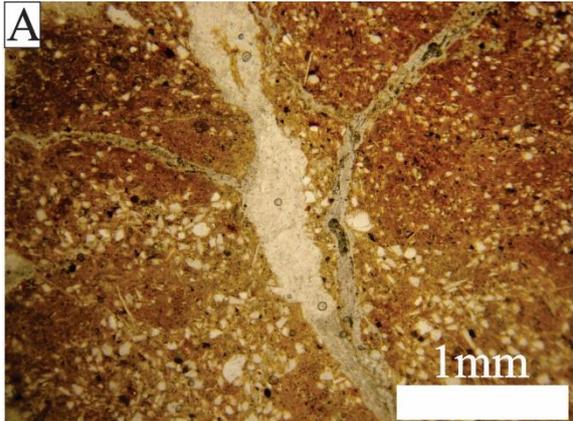
O perfil de paleossolo (Bss1-Bss2-C) possui textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade. A fração grossa é formada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (comum a predominante), microclínio (raro) e minerais pesados (raro).

A fração fina é constituída por argilominerais (predominante) (Figura 8.43-A) com óxidos de ferro (menor quantidade) e cimento de calcita (horizonte Bss1 exclusivamente). Nos horizontes Bss1 e Bss2 é perceptível a presença de separações do material fino devido a reorganização do material fino, que foram consideradas como *slickensides* (Figura 8.43-C). Ainda foram identificadas acumulações pouco agregadas de argilominerais. A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes), simples e planares.

Os padrões de distribuição/orientação são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e porfírica (aberta e fechada) e gefúrica (apenas no C) (*c/f*). As fábricas birrefringentes são estriadas (granoestriada e paralela, este último apenas no horizonte Bss1) e cristalíticas.

As feições pedológicas foram identificadas no horizonte Bss2, como revestimentos de argila do tipo típico, textura de argila turva, não laminados e raros, enquanto que no horizonte C os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros. Em todo o perfil ocorrem características de estresse. Outras feições observadas são os preenchimentos, que no horizonte Bss1 são do tipo denso completo, discretos e compostos por carbonato de cálcio. Tais feições estão interligadas em algumas partes da lâmina. No horizonte Bss2 e C os preenchimentos são do tipo solto descontínuo, discretos e possuem agregados de material fino dispersos na porosidade (Figura 8.43-E/G).

Figura 8.43: Figura 43: A) Horizonte Bss1. Micromassa constituída por argilominerais e quartzo, fraturada por preenchimento (PPL - 4x objetiva); B) lâmina anterior em XPL; C) Horizonte Bss1. Fábrica birrefringente estriada, do tipo paralela. O alinhamento preferencial da separação do material fino é interpretado como *slickensides* (setas amarelas) (PPL - 10x objetiva); D) lâmina anterior em XPL; E) Horizonte Bss2. Preenchimento solto descontínuo de composto por agregados de material fino (destaque em amarelo) (PPL - 4x objetiva); F) lâmina anterior em XPL; G) Horizonte C. Preenchimento solto descontínuo constituído por argilominerais (destaque em amarelo) (PPL - 10x objetiva); H) lâmina anterior em XPL.



#### 8.4 Discussão – Caracterização micromorfológica dos paleossolos

As análises micromorfológicas permitiram verificar a ocorrência de diferentes processos pedogenéticos na formação dos horizontes Bt, que podem tanto ter sido desencadeados simultaneamente, quanto como resultado de períodos distintos na evolução do solo. Além disso, a ausência de similaridades das propriedades micromorfológicas do solo entre os horizontes Bt nos três setores da bacia, sobretudo a respeito das feições pedológicas que destoam enormemente em relação ao tipo, composição, frequência e disposição na lâmina, revelam situações de desenvolvimento e evolução distintas dos perfis de paleossolos, embora todos se tratem de registros da Formação Marília.

Em relação às feições pedológicas verificadas nos perfis de paleossolos, os revestimentos de argila orientada são proporcionalmente mais frequentes, ocupando a maior parte das lâminas delgadas analisadas. A respeito disso, é importante ressaltar que esses revestimentos podem ser originados por translocação de argila em suspensão através do solo (FEDOROFF, 1974) e/ou atividades de encolhimento e inchamento (*shrink-swell*) como resultado do ressecamento e umectação (*drying-weting*) do solo (NETTLETON; FLACH; BRASHER, 1969; RANSOW; BIDWELL, 1990), que provocam a pressão da micromassa sobre os grãos e/ou poros.

Essas feições argílicas são diferenciadas pela observação sob iluminação planar (PPL; nicóis descruzados) e com nicóis cruzados (XPL) (STOOPS, 2003). O autor afirma que os revestimentos de argila podem ser identificados devido os limites nítidos, as microlaminações e contraste entre a fração grossa e fina sob PPL (sob XPL exibem orientação contínua e frequentemente linhas de extinção claras), ao contrário das características formadas por estresse, que são visíveis apenas em XPL na forma de fábrica birrefringente estriada com os limites difusos. Outra evidência que suporta a presença de características iluviais é a deposição das argilas dispostas em apenas um ou ambos os lados dos grãos, enquanto que os grãos que estão completamente envolvidos por argila podem indicar as atividades de encolhimento e inchamento (RABENHORST; WILDING, 1986; RANSOW; BIDWELL, 1990; GUNAL; RANSOM, 2006a), exceto quando os revestimentos de argila iluvial foram deformados por estresse posteriormente, embora ainda sejam observados em PPL e XPL devido os seus contrastes (STOOPS, 2003). Os revestimentos de argila iluvial, deformados ou não por pressão, são predominantes e estão dispostos em todos os perfis de paleossolos, seguidos características de estresse, porém este último não ocorre no perfil de Itajá.

No setor sudeste, em Monte Alto (Perfil 1) foram verificados revestimentos de argila (Figura 8.40-A), do tipo crescente, com textura de argila límpida, fábrica interna

laminada, orientação das lâminas paralela, extinção das linhas nítidas e abundantes, que estão preenchendo as porosidades, efetivamente como resultado de processos iluviais, que atuaram sob um horizonte com drenagem boa e disponibilidade hídrica suficiente para permitir a translocação e deposição desse material. Ainda nesse horizonte ocorrem preenchimentos do tipo solto contínuo compostos por microagregados de argilominerais e óxidos de ferro (Figura 8.40-E), além da presença de nódulos ferruginosos. Gunal e Ransom (2006a) também identificaram em horizontes Bt de paleossolos no estado do Kansas (EUA), revestimentos de argila iluvial preenchendo canais, dispostos em linhas de extinção paralelas com cores fortes de interferência e atribuíram sua formação a condições provavelmente mais úmidas.

Em Echaporã ocorre outro perfil de paleossolo que também revela a iluviação através da identificação de domínios de argilominerais e óxidos preenchendo as porosidades (Figura 8.37-G) e revestimentos e hiporevestimentos de argila (Figura 8.37-A) vinculados a grãos e/ou poros. Outra interpretação para a feição argílica (Figura 8.37-A) seria correspondente a lamelas, devido à zona linear de concentração de argilas, no entanto, não foi considerada devido ao caráter único na lâmina, a disposição preferencial na direção na base do horizonte, com pouca continuidade paralela ao topo. No entanto, entende-se que seria necessário a análise de outras lâminas desse horizonte para a verificação exata da formação (ou não) de lamelas.

Por outro lado, nos perfis 2 e 3 (Monte Alto) observou-se uma menor expressão dos revestimentos de argila em comparação com o perfil 1. Tais revestimentos estão associados aos grãos, estritamente na forma de capeamento de ligação, capeamento e pendente, não laminados, além de quasirevestimentos de argila (Figura 8.41-G). Também ocorrem unidades menores na forma de agregados de argilominerais não orientados, que suportam a atribuição de padrão de distribuição *c/f* enaúlica. No entanto, contrariamente ao perfil 1, os perfis 2 e 3 exibem o predomínio do carbonato de cálcio, seja cimentando as frações finas e/ou os preenchimentos denso completo (Figura 8.41-A/C; Figura 8.42-G). Outros perfis de paleossolos no setor sudeste, como em Botucatu e Garça, ainda que apresentem revestimentos de argila, nódulos oxídicos e clastos de argila preservados, também demonstraram maior influência dos processos de calcificação, dispondo de revestimentos de calcita muito abundantes, nódulos carbonáticos (Figura 8.36-A) e preenchimentos denso completo cimentados pelos carbonatos. Nos perfis de paleossolos citados acima, admite-se que houve a sucessão entre processos de iluviação e calcificação devido à transição entre padrões *c/f* quito-gefúrica, quitônica e porfírica, além de preenchimentos e clastos de argila com óxidos de ferro ambos rompidos pela cimentação.

Ainda no setor sudeste, em Herculândia foram identificados nos horizontes Btg o acúmulo de argila na forma de revestimentos, com frequência rara, do tipo capeamento de ligação, que produzem um padrão de distribuição *c/f* gefúrica. Além disso, foram verificadas características de gleização que podem ser observadas nos nódulos (Figura 8.39-C), que apresentam cores mais vermelhas, que são diferentes do material mais esbranquiçado que ocupa a maior parte da micromassa ao entorno das feições, que podem estar relacionadas a segregação do ferro e posterior precipitação como óxidos, devido a periodicidade da saturação por água no solo. A formação de nódulos de ferro é atribuída a alternância de ciclos entre saturação do solo, que provoca os processos de redução, e subsequente não saturação, que causa a oxidação dos componentes de ferro (VEPRASKAS, 2015).

Apenas o horizonte Bt (Garça) apresentou microestruturas na forma de blocos subangulares (Figura 8.38-A), altamente separados, caracterizados por pedalidade bem desenvolvidas, devido os materiais do solo estarem nitidamente divididos em unidades circundadas pela porosidade (BULLOCK et al., 1985). Entretanto, Stoops (2003) entende que quando o grau de separação dos agregados pela porosidade não é perceptível, a pedalidade pode ainda ser suportada pela existência de revestimentos de argila ocupando os poros, ou ainda mediante a orientação preferencial da argila no material fino (*slickensides*), baseada na fábrica birrefringente granoestriada. A fábrica birrefringente granoestriada foi descrita em todos os perfis de paleossolos, exceto nos seguintes horizontes: Herculândia – 2Btg; Monte Alto – Perfil 2 – 2Bt; e Campina Verde – 2Btk).

As descrições micromorfológicas permitiram negar a presença de horizontes Bt em Piratininga (SP), baseado no reconhecimento em campo de estruturas pedogenéticas em blocos e blocos angulosos, além de cerosidade forte e abundante na forma de revestimentos associados às estruturas. Esse perfil é constituído de horizontes Bss, devido a predominância de fábricas birrefringentes estriadas, do tipo granoestriada (características de estresse) e paralela (Figura 8.43-C), esta última com zonas de birrefringência alongadas e inclinadas, com orientação preferencial do material fino, evidenciando as superfícies de *slickensides* produzidas pelos movimentos de contração e expansão das argilas, resultantes dos ciclos de ressecamento e umectação do solo.

No setor noroeste, em Itajá e Quirinópolis a iluviação da argila deu origem a revestimentos de argila do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, muito abundantes, além da formação de agregados de argilominerais e óxidos (Figura 8.32; Figura 8.34), que caracterizam o padrão de distribuição *c/f* enáulica. Em Itajá foi identificado a formação de nódulos de ferro típicos (Figura 8.32-G). A calcificação foi confirmada pela

cimentação por carbonato de cálcio que está presente em parte isoladas, nos preenchimentos denso completo e formando nódulos, embora seja de maneira pouco expressiva na totalidade das lâminas (Figura 8.32-A; Figura 8.34-E).

No setor nordeste, representada exclusivamente por Campina Verde, o perfil de paleossolo apresenta característica que colocam a cimentação carbonática como processo pedogenético mais atuante nos horizontes Btk. O predomínio da distribuição *c/f* porfírica, devido à elevada cimentação dos grãos da fração grossa, que também ocupa os preenchimentos denso completo (Figura 8.30-E), e ainda como revestimentos de calcita associados aos grãos (capeamento e pendente).

## 8.5 Química dos paleossolos

Aqui serão apresentados os valores das concentrações dos elementos maiores ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) e dos elementos menores ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dos perfis de paleossolos analisados nessa pesquisa. Além disso, utilizou-se as equações de hidrólise ( $\Sigma\text{bases}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ), que possibilita caracterizar a intensidade do intemperismo, e oxidação ( $(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MnO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ), afim de avaliar o grau de oxidação dos paleossolos (RETALLACK; 2001; SHELDON; TABOR, 2009) (Apêndice D).

### 8.5.1 Setor nordeste da Bacia Bauru

#### 8.5.1.1 Campina Verde (MG)

A  $\text{SiO}_2$  é o composto mais abundante em todos os perfis de paleossolos verificados na Bacia Bauru, e geralmente demonstra comportamento de inversão com o  $\text{CaO}$ , o qual foi registrado os maiores valores nos horizontes com a menor concentração de  $\text{CaO}$  (Tabela 8.1). O valor máximo da  $\text{SiO}_2$  ocorre no horizonte 3Bt com 85,47, embora os horizontes Btk e 3Btk também apresentem valores elevados, com 72,16 e 74,98, respectivamente.

De maneira geral, nota-se que o perfil é composto por quantidades elevadas e constantes de  $\text{CaO}$ , em comparação com os perfis da mesma unidade encontrados noutras partes da bacia. O horizonte com maior acumulação é o 3Ck, dispendo de 23,45, e situado na base do perfil, mas também há quantidades expressivas no horizonte 2Btk, com 18,76.

Outros elementos como  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  possuem valores extremamente baixos em todos os horizontes, não ultrapassando 1,5.

Os compostos  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  são enormemente constantes no perfil, contudo possuem distribuição diferente, o qual exhibe acumulação maior do  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , em torno de 3,5, paralelamente aos horizontes com elevados teores de  $\text{SiO}_2$ , enquanto o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mantém valores próximos a 1,5.

A relação de hidrólise mostrou comportamento variável nos horizontes, obtendo-se valores máximos de 19,7 (3Ck) e 13,7 (2Btk), que estão associados aos horizontes de maior acumulação de CaO (Figura 8.44). A relação de oxidação apresentou valores baixos, com máximo de 0,4 no horizonte 3Ck.

Tabela 8.1: Elementos maiores e menores dos perfis de paleossolos em Campina Verde (MG), Quirinópolis (GO), Itajá (GO), Botucatu (SP), Echaporã (SP), Garça (SP), Herculândia (SP), Monte Alto (SP) e Piratininga (SP).

	$\text{SiO}_2$	CaO	MgO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	$\text{P}_2\text{O}_5$
<b>Minas Gerais</b>										
<i>Campina Verde</i>										
<b>Bt</b>	72,16	9,85	1,39	0,12	0,96	3,47	0,392	1,52	0,051	0,022
<b>2Btk</b>	57,4	18,76	1	0,07	0,8	2,74	0,346	1,47	0,081	0,027
<b>3Bt1</b>	85,47	2,23	1,37	0,1	0,98	3,49	0,391	1,47	0,038	0,02
<b>3Btk</b>	74,98	9,04	1,07	0,1	0,86	2,92	0,331	1,2	0,048	0,021
<b>3Ck</b>	49,44	23,45	1,15	0,06	0,65	2,35	0,246	1,31	0,091	0,03
<b>Goiás</b>										
<i>Itajá</i>										
<b>Bt1</b>	42,14	17,1	9,25	0,04	0,5	2,38	0,632	2,22	0,038	0,052
<b>Bt2</b>	76,11	2,46	3,34	0,09	1,15	4,01	1,012	3,76	0,05	0,07
<b>Bt3</b>	78,11	2,16	2,74	0,12	1,21	3,76	1,161	4,29	0,068	0,066
<b>2Bt</b>	49,15	14,84	6,17	0,1	1,24	3,66	0,897	2,91	0,047	0,059
<b>2C</b>	69,71	6,28	2,48	0,17	1,69	4,74	1,26	4,21	0,086	0,083
<i>Quirinópolis</i>										
<b>P5 - Bt1</b>	64,72	9,16	3,87	0,04	0,89	3,84	1,31	4,19	0,074	0,033
<b>P5 - Bt2</b>	69,49	5,33	4	0,06	1,1	4,25	1,461	4,65	0,071	0,045
<b>P5 - C</b>	50,39	15,7	4,69	0,21	1,52	4,53	1,566	5,24	0,096	0,128
<b>P11 - Bss1</b>	59,19	0,63	3,15	0,08	1,49	13,26	1,805	9,91	0,284	0,177
<b>P11 - Bss2</b>	64,35	0,65	2,71	0,12	1,93	11,73	1,616	8,39	0,149	0,105
<b>P11 - C</b>	79,2	0,2	1,06	0,07	1,06	5,98	2,398	6,64	0,159	0,041
<b>São Paulo</b>										
<i>Botucatu</i>										
<b>Bt</b>	81,28	2,54	3,94	0,06	0,80	2,87	0,36	1,28	0,01	0,01
<b>2Btk</b>	60,14	14,99	3,74	0,04	0,70	2,12	0,20	0,93	3,74	0,02
<b>2Bt/C</b>	85,71	1,16	2,77	0,05	0,90	3,08	0,32	1,34	0,01	0,03
<i>Echaporã</i>										

continua

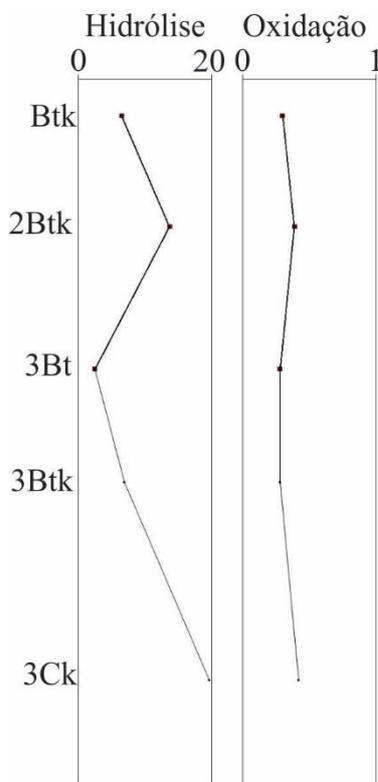
	continuação									
	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<b>Bt1</b>	60,75	13,54	3,05	0,16	1,25	3,88	0,36	1,49	0,10	0,02
<b>Bt2</b>	83,01	0,92	1,79	0,20	1,73	5,51	0,68	2,12	0,02	0,02
<b>C</b>	83,87	0,73	2,52	0,09	1,40	4,69	0,50	1,52	0,01	0,01
<i>Garça</i>										
<b>Bt</b>	72,33	2,02	3,50	0,11	2,21	8,55	0,60	3,39	0,04	0,30
<b>Btk</b>	32,63	21,31	9,85	0,06	0,98	4,02	0,25	1,80	0,14	0,02
<b>Ck</b>	80,19	3,60	1,39	0,17	1,90	5,21	0,37	1,38	0,03	0,02
<i>Herculândia</i>										
<b>1Btg</b>	63,65	10,01	1,58	0,18	2,14	7,40	0,57	3,17	0,04	0,04
<b>2Btg</b>	63,26	10,52	1,47	0,16	2,06	7,25	0,56	3,01	0,07	0,03
<b>2Cg</b>	68,03	9,16	1,23	0,16	1,96	6,33	0,53	2,46	0,04	0,03
<i>Monte Alto</i>										
<b>P1 - Bt</b>	65,32	0,65	2,44	0,76	4,18	12,44	1,56	6,66	0,11	0,12
<b>P2 - Bk</b>	46,0	22,40	1,50	0,28	1,37	4,52	0,51	2,01	0,07	0,04
<b>P2 - C</b>	80,46	1,84	1,48	0,40	2,22	5,95	0,61	2,19	0,05	0,04
<b>P2 - 2Bt</b>	61,96	13,46	1,15	0,41	1,87	5,19	0,49	1,79	0,05	0,03
<b>P3 - Btk</b>	56,38	15,04	2,11	0,36	1,64	5,40	0,69	2,34	0,07	0,05
<b>P3 - Bt</b>	61,20	9,93	2,60	0,64	2,30	7,31	0,88	3,19	0,06	0,11
<b>P3 - Bt/C</b>	74,19	2,86	2,68	0,76	2,35	7,37	0,89	2,88	0,05	0,07
<i>Piratininga</i>										
<b>Bss1</b>	52,52	16,06	2,57	0,05	1,31	6,31	0,53	3,17	0,03	0,04
<b>Bss2</b>	63,58	1,27	4,12	0,07	2,10	12,25	1,18	6,82	0,18	0,08
<b>C</b>	86,20	0,35	1,51	0,09	1,43	4,67	0,52	2,13	0,04	0,03

conclusão

\* As quantidades das substâncias químicas foram dadas em g/100 g.

\*\* As abreviações P1, P2, P3, etc. tratam-se do número do perfil de paleossolo.

Figura 8.44: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Campina Verde



## 8.5.2 Setor noroeste da Bacia Bauru

### 8.5.2.1 Itajá (GO)

Nesse perfil de paleossolo é perceptível que a distribuição da  $\text{SiO}_2$  em profundidade ocorre desigualmente nos horizontes (Tabela 8.1). As maiores concentrações estão presentes nos horizontes Bt2 e Bt3, com aproximadamente 78. No topo do perfil, no horizonte Bt1, a  $\text{SiO}_2$  possui a menor quantidade, com 42,14.

Também foi verificado a relação de inversão proporcional dos valores entre  $\text{SiO}_2$  e  $\text{CaO}$ , no qual o  $\text{CaO}$  apresentou a maior concentração exatamente nos horizontes com menor acumulação de  $\text{SiO}_2$ , mais precisamente no Bt1 e 2Bt.

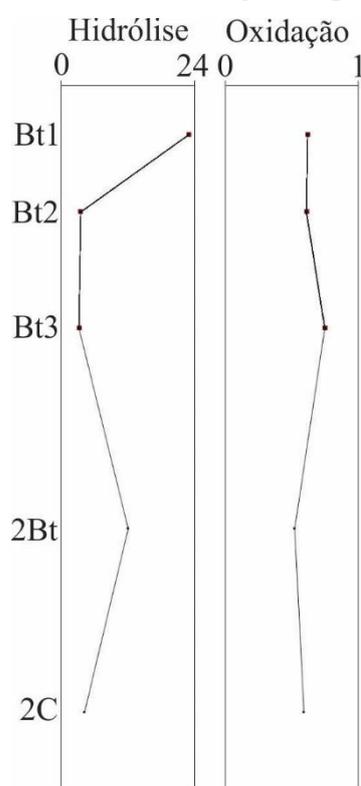
O  $\text{MgO}$  também acompanha o padrão de distribuição do  $\text{CaO}$ , em relação aos horizontes com maior quantidade, porém com valores inferiores, exibindo 9,25 no Bt1 e 6,17 no 2Bt. Os compostos  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  ocorrem em quantidade mínimas no perfil, com leve aumento no  $\text{K}_2\text{O}$ , mas que não ultrapassa 2.

Inversamente aos horizontes Bt com maior disposição de  $\text{CaO}$ , estão as concentrações de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , mesmo que ainda sejam baixas. Os valores mais expressivos

desses elementos foram verificados nos horizontes Bt2 e Bt3 e 2C, que os índices ultrapassaram 4.

A relação de hidrólise possui comportamento pouco uniforme ao longo do perfil, o qual nota-se que os maiores valores estimados, que ocorrem no horizonte Bt1 (23,14) e 2Bt (12), estão associados aos horizontes com acumulação de CaO (Figura 8.45). A oxidação pouco oscilou entre os horizontes, com valor máximo pouco relevante de 0,75 no horizonte Bt3.

Figura 8.45: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Itajá (GO).



#### 8.5.2.2 Quirinópolis (GO)

Analisou-se os dados químicos dos perfis de paleossolos P5 (horizontes Bt1-Bt2-C) e P11 (horizontes Bss1-Bss2-C) (Tabela 8.1). A quantidade de  $\text{SiO}_2$  se mantém razoavelmente constante em todos os horizontes, oscilando entre 64 e 67, com concentrações máximas nos perfis P11 (79,2) e mínima P5 (50,39), ambos nos horizontes C.

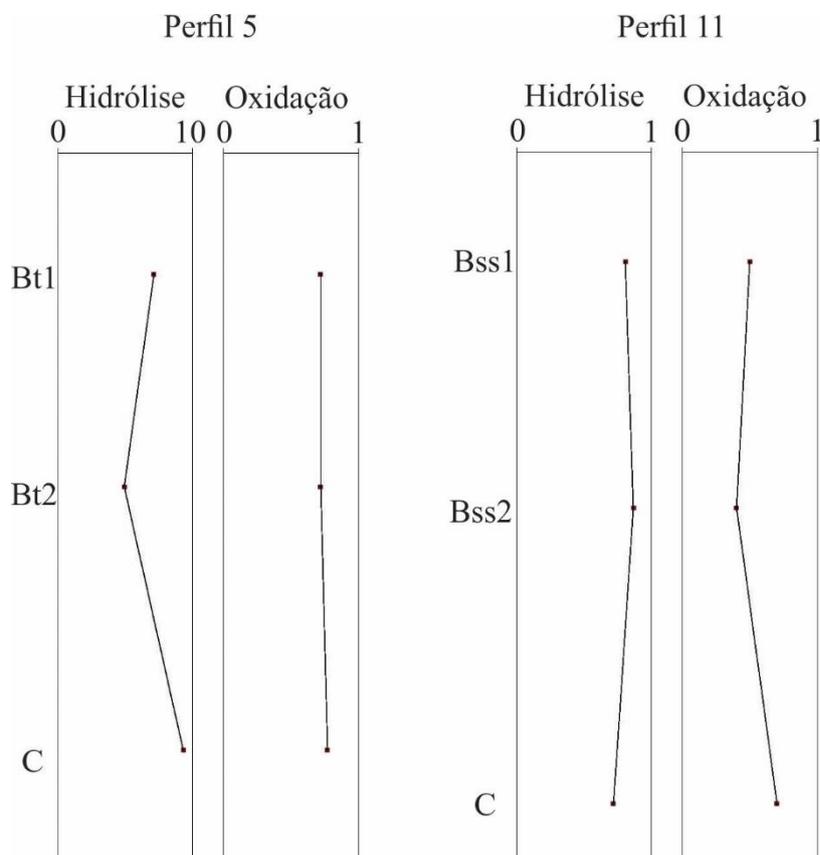
O CaO já possui uma oscilação mais representativa e com valores inferiores a  $\text{SiO}_2$ . Os horizontes com maior disponibilidade desses compostos estão situados no perfil 5, apresentando as concentrações maiores de 15,7 no horizonte C e 9,16 no horizonte Bt1, enquanto no perfil 11 não alcança 1. A proporção do MgO está um pouco abaixo do CaO em

todos os perfis. Esse padrão também ocorre em relação ao  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , mas as quantidades ainda são muito baixas na totalidade dos perfis.

O  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  foram estimados com variação pouco representativa ao longo dos perfis, porém, excepcionalmente nos horizontes Bss1 e Bss2 (P11), os valores obtidos são notoriamente discrepantes em comparação com todos os compostos verificados, com exceção da  $\text{SiO}_2$ . A maior diferença está associada aos valores de  $\text{CaO}$ , que possuem uma concentração extremamente baixa ( $<1$ ) considerando os demais perfis, em contrapartida o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oscila entre 11 e 13, e o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  entre 8 e 10.

O gráfico de hidrólise dispõe de variações representativas ao longo dos perfis, com valores máximos de 9,35 no horizonte C (P5) e 7,15 no horizonte Bt1 (P5), em contrapartida, obteve-se índices muito baixos no P11, que é composto pela sequência de horizontes Bss1-Bss2-C (Figura 8.46). Os valores estimados para essa relação são inferiores a 1. A relação de oxidação manteve-se geralmente com valores próximos a 0,7 nos perfis, registrando menor valor no horizonte Bss2 (0,4).

Figura 8.46: Relações molares de hidrólise e oxidação dos perfis 5 e 11 de Quirinópolis (GO).



### 8.5.3 Setor sudeste da Bacia Bauru

#### 8.5.3.1 Botucatu (SP)

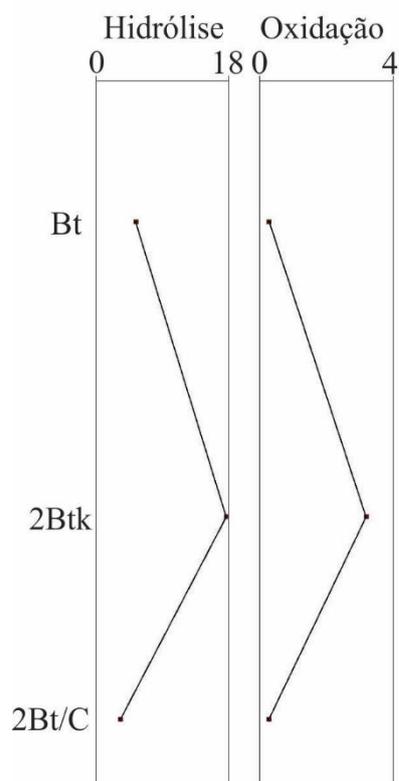
A  $\text{SiO}_2$  obteve a maior concentração no perfil de paleossolo, acima de 80 nos horizontes Bt e 2Bt/C, paralelamente as menores quantidade de CaO, com 2,54 e 1,16, respectivamente (Tabela 8.1). A maior acumulação de CaO foi registrada no horizonte 2Bt, com 14,99.

O MgO possui valores muito próximos no perfil, que não alcançaram 4. O  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  foram identificados em quantidades extremamente baixas em todos os horizontes, abaixo de 1.

O  $\text{Al}_2\text{O}_3$  apresentou valores ligeiramente superiores do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . No perfil observa-se uma tendência de aumento do topo para base, em ambos os compostos, com valores máximos de 3,08 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e 1,34 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) no horizonte 2Bt/C.

No gráfico de hidrólise os índices mantiveram-se próximos no perfil (entre 3 e 5), com ressalva ao horizonte 2Btk que apresentou valor acima de 17 (Figura 8.47). Os índices de oxidação possuem comportamento distinto no perfil, com valores máximos de 3,23 no horizonte 2Btk, que destoam da variação em torno de 0,3 nos horizontes Bt (superior) e 2Bt/C (inferior). Tal fato se deve a elevada concentração de Mn (3,64).

Figura 8.47: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Botucatu (SP).



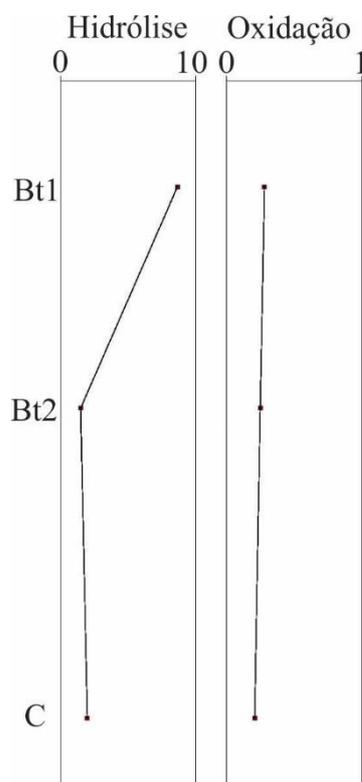
### 8.5.3.2 Echaporã (SP)

A distribuição da  $\text{SiO}_2$  ocorre de maneira crescente, do topo para a base, mas nos horizontes Bt2 e C os valores não sofreram alterações, mantendo-se um total de 83 (Tabela 8.1). O CaO foi verificado com maior disponibilidade no topo, no horizonte Bt1, e nos horizontes abaixo não alcançou valores superiores a 1, do mesmo modo ocorre com o MgO, mas numa proporção muito menor, com 3,05.

O  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  estão presentes em baixas quantidades, com leve aumento para o  $\text{K}_2\text{O}$ , porém encontrado com valores totais inferiores a 2 em todos os horizontes. O  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  possuem concentrações superiores, mas ainda representados por quantidade baixas, com valores máximos de 5,51 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e 2,12 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), ambos referentes ao horizonte Bt2.

As relações de hidrólise indicam maior intensidade do intemperismo no horizonte Bt1 (8,74), e os horizontes posicionados abaixo deste possuem valores inferiores a 2 (Figura 8.48). A oxidação manteve-se uniforme no perfil, com índices inferiores a 0,3.

Figura 8.48: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Echaporã (SP).



### 8.5.3.3 Garça (SP)

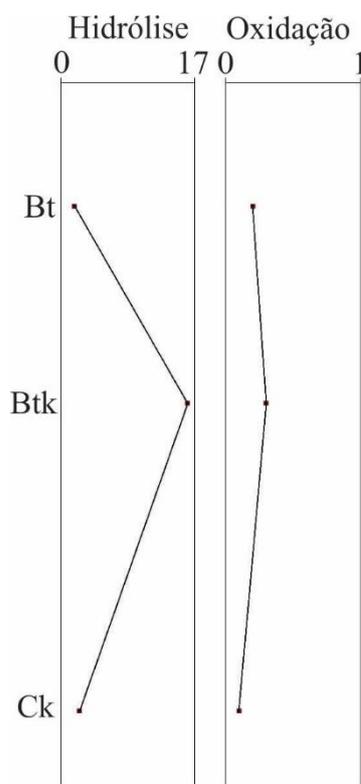
Nesse perfil a  $\text{SiO}_2$  também possui a maior concentração em relação aos demais constituintes verificados, com um valor máximo de 80,19 no horizonte Ck, situado na base do perfil (Tabela 8.1). O horizonte Btk possui valores de CaO que destoam dos demais horizontes, precisamente com 21,31 de concentração, enquanto os horizontes Bt e Ck não ultrapassam 4.

Acompanhando a tendência de aumento significativo de CaO no Btk, o MgO também dispõe dos maiores valores nesse horizonte, com uma quantidade 9,85. O  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  foram estimados com as menores proporções em relação aos demais elementos.

Os óxidos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  possuem os maiores valores no horizonte Bt, localizado no topo do perfil, com 8,55 e 3,39, respectivamente.

Os valores obtidos na relação de hidrólise são irregulares, e os maiores índices estão associados ao horizonte Btk, exibindo uma concentração máxima de 16,12 (Figura 8.49). A relação de oxidação demonstrou pouco representatividade no perfil, não ultrapassando os valores de 0,4.

Figura 8.49: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Garça (SP).



#### 8.5.3.4 Herculândia (SP)

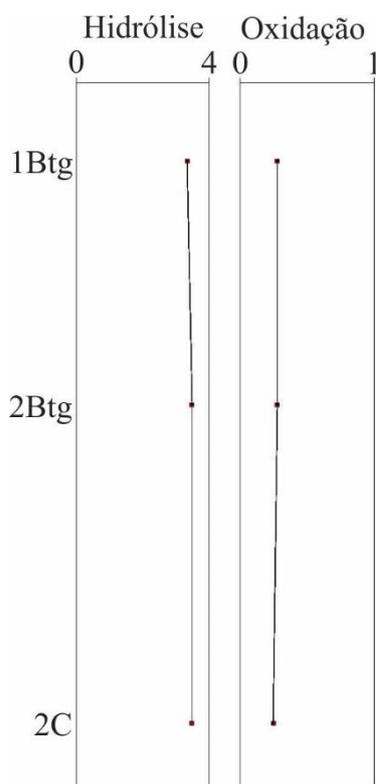
Em comparação com os outros perfis de paleossolos verificados no estado de São Paulo, o de Herculândia possui as menores quantidades de  $\text{SiO}_2$  ao longo dos horizontes, mesmo que ainda represente o óxido mais abundante no perfil, com valores pouco acima dos 63 (Tabela 8.1). Os valores de  $\text{CaO}$  se mantêm nitidamente constantes em todos os horizontes, em torno de 10.

Os compostos  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  obtiveram quantidades parcialmente próximas, com poucas variações e distribuídas em proporções mínimas, o qual ocorre concentração maior do  $\text{K}_2\text{O}$  (<2,5) e menor do  $\text{Na}_2\text{O}$ .

O  $\text{Al}_2\text{O}_3$  foi estimado com valores acima de 7, nos horizontes 1Btg e 2Btg, e uma tendência de redução leve em direção a base. O  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  está distribuído com variação mínima entre os horizontes, e também diminuindo suas proporções do topo para a base.

A hidrólise foi verificada com valor 3 em todos os horizontes, embora algumas bases como  $\text{CaO}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  possuem uma quantidade relativamente elevada, o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  obteve teores altos e constantes no perfil, todos acima de 6 (Figura 8.50). Os índices de oxidação demonstraram influência baixa no perfil, devido os valores pouco representativos, com 0,2 em todos os horizontes.

Figura 8.50: Relações molares de hidrólise e oxidação do perfil de Herculândia (SP).



#### 8.5.3.5 Monte Alto (SP)

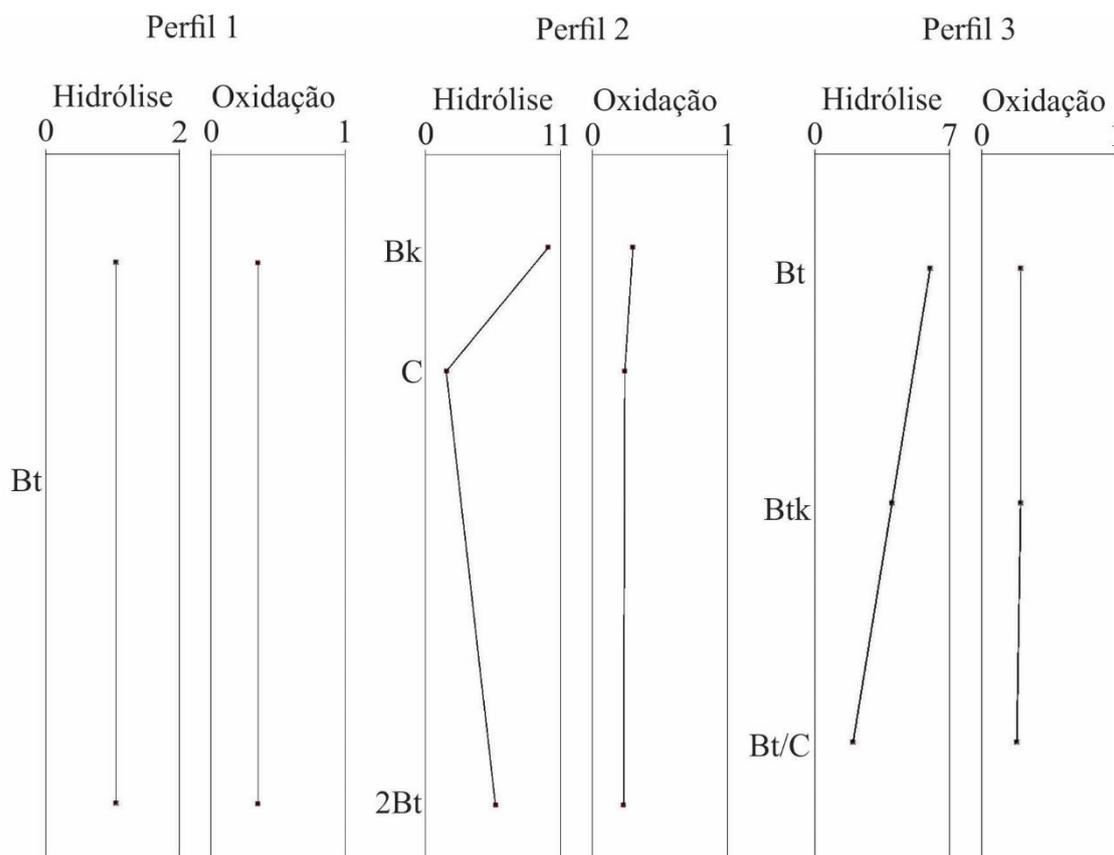
Nos perfis de paleossolos ocorrentes em Monte Alto, a  $\text{SiO}_2$  apresenta os seguintes valores: 65,32 (P1); 46 a 80,46 (P2); e 56,38 a 79,19 (P3) (Tabela 8.1). O segundo composto com maior concentração é o CaO: 0,65 (P1), 1,84 a 22,40 (P2) e 2,86 a 15,04 (P3). A  $\text{SiO}_2$  e o CaO apresentam comportamento inversamente proporcional, considerando que os horizontes que apresentaram os maiores conteúdos de CaO, como no horizonte (Bk – P2) com 22,40, intensamente cimentado pelo carbonato de cálcio, dispõe de 46 de sílica.

O MgO possui teor baixo em todos os perfis, com leve aumento na base do P3, atingindo um máximo de 2,68. O  $\text{Na}_2\text{O}$  obteve os menores valores em relação aos demais compostos, não ultrapassando 0,76. O  $\text{K}_2\text{O}$  também manteve um índice baixo ao longo dos perfis, alcançando concentração máxima no horizonte Bt do P1, de 4,18.

Os óxidos  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  possuem valores relativamente constantes ao longo dos perfis, mas ocorre maior disponibilidade do  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , apresentando uma concentração máxima de 12,44 no horizonte Bt (P1), diante dos demais horizontes que mostraram valores que variam entre 7,37 (Bt2 – P3) e 1,37 (Bk – P2). O  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  demonstrou padrão de concentração semelhante, porém com concentrações mais baixas, entre 1,79 (2Bt – P2) e 3,19 (Bt2 – P3), com exceção do horizonte Bt (P1), em que foi verificado valores de 6,66.

As condições de hidrólise dispostas nos gráficos indicam os maiores valores nos horizontes Bk (P2) e Btk (P3) com 10 e 6, respectivamente, enquanto que no perfil 1 (Bt) obteve-se 1, que é o menor valor registrado dentre os perfis dessa área (Figura 8.51). A oxidação apresentou índices bastante uniformes e baixos nos perfis, todos inferiores de 0,3.

Figura 8.51: Relações molares dos perfis 1, 2 e 3 de Monte Alto (SP).



#### 8.5.3.6 Piratininga (SP)

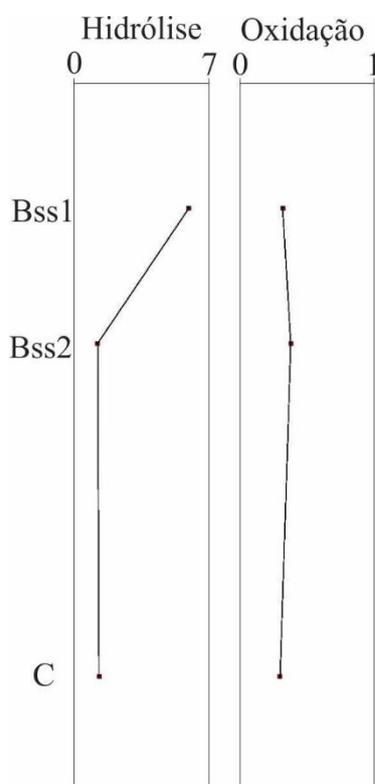
A  $\text{SiO}_2$  é o composto mais representativo no perfil, e apresenta um crescimento progressivo do topo para a base (Tabela 8.1). A oscilação dos números é elevada, iniciando com 52,53 no horizonte Bss1, aumentando para 63,58 no Bss2, e alcançando 86,20 no C. Assim como nos perfis anteriores, nota-se uma tendência oposta na distribuição das quantidades entre  $\text{SiO}_2$  e  $\text{CaO}$ . No entanto, nesse perfil o  $\text{CaO}$  demonstra enorme perda do topo para a base, variando de 16,06 no Bss1 para 0,35 no C.

O  $\text{MgO}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  não possuem valores altos no perfil, com concentrações máximas de 4,12 e 2,10, respectivamente, no horizonte Bss2. O  $\text{Na}_2\text{O}$  foi verificado abaixo de 0,5.

Outros elementos de importância quantitativa no perfil são o  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , e o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , e ambos demonstram padrão distributivo semelhante ao observado no  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ , em que há uma maior concentração no horizonte Bss2. Os valores são 12,25 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e 6,82 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

As relações de hidrólise apontam elevados índices no horizonte Bss1 que ocupa o topo do perfil, com valores de 5,89, enquanto os horizontes Bss2 e C possuem valores inferiores a 2 (Figura 8.52). Os valores obtidos para a oxidação são constantes e inferiores a 0,4.

Figura 8.52: Relações molares do perfil de Piratininga (SP).



## 8.6 Discussão: Química dos paleossolos

Os perfis de paleossolos levantados na Bacia Bauru dispõem de elevado conteúdo de  $\text{SiO}_2$ , que pode ser confirmado devido à fração grossa ser composta predominantemente por grãos de quartzo.

O segundo elemento com maior concentração é o  $\text{CaO}$ , comumente associado ao cimento carbonático nas frações granulométricas, feições pedológicas e/ou precipitado na forma de nódulos. Com exceção do perfil 11 de Quirinópolis, todos os perfis de paleossolos

apresentaram horizontes com quantidades acima de 10, geralmente vinculados aos horizontes Bk, Btk e Ck. No setor nordeste, representada por Campina Verde, ocorrem os maiores teores de CaO, com 23,45 no horizonte Ck.

Os minerais do grupo dos feldspatos também estão presentes nos perfis de paleossolos descritos, com maior frequência dos plagioclásios, provavelmente devido os percentuais de CaO e Na<sub>2</sub>O, embora os feldspatos potássicos também foram encontrados comumente nas análises micromorfológicas devido a quantidade de K<sub>2</sub>O, geralmente verificados acima de 1 e com valor máximo de 4,18 no horizonte Bt (Monte Alto – perfil 1).

Outros elementos com concentrações significativas são os óxidos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> registrando os seguintes valores máximos: no setor sudeste 12,4 e 6,66 (Monte Alto – perfil 1 - Bt) e 12,25 e 6,82 (Piratininga – Bss2); no setor noroeste 4,74 e 4,21 (Itajá – 2C) e 13,26 e 9,91 (Quirinópolis – Bss1); e no setor nordeste 3,47 e 1,52 (Campina Verde – Bt). Observou-se que esses óxidos geralmente dispõem de valores inversamente proporcionais as quantidades CaO, visto que no horizonte com maior acumulação de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Quirinópolis – Bss1) ocorrem a menor proporção de CaO (0,63), do mesmo em Campina Verde, que possui os horizontes com maior cimentação por carbonato de cálcio (23,45 – Ck), obteve-se as menores quantidades destes óxidos, com 2,35 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e 1,31 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

As relações de hidrólise (Apêndice D) registraram valores que oscilaram entre 0,7-0,8 (Quirinópolis – perfil 11 – Bss1, Bss2 e C) e 23,1 (Itajá – Bt1). Nos horizontes Bss em Quirinópolis, ocorrem a perda das bases mais expressiva (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>) e os teores mais elevados de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que alcançam 13, o que indica intemperismo químico maior nesses horizontes, enquanto que nos horizontes que houve maior concentração das bases em relação ao Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Monte Alto - perfil 2, Bk; Botucatu, 2Btk; Garça, Btk, Echaporã, Bt1; Itajá, Bt1; Quirinópolis, Bt1; Campina Verde, 2Btk e 3Ck) revelam menor influência dos processos de hidrólise, que é suportada pela maior frequência de minerais primários facilmente intemperizáveis, como os plagioclásios e feldspatos potássicos.

As relações de oxidação demonstraram comportamento bastante regular em todos os setores da Bacia Bauru, de maneira geral com percentuais constantes e abaixo de 1, exceto em Botucatu (horizonte 2Btk) que apresentou valores de 3,2, que devem estar relacionados a concentração de clastos de argila avermelhados, verificados macro/micromorfológicamente, que possuem elevado teor de óxidos de ferro.

## 9. PROCESSOS PEDOGENÉTICOS NA FORMAÇÃO MARÍLIA (GRUPO BAURU)

Os perfis de paleossolos caracterizados por horizontes Bt, incorporados aos registros sedimentares da Formação Marília (Grupo Bauru), que são o objeto de estudo central deste trabalho, foram formados pela sobreposição de processos pedogenéticos distintos, os quais revelam uma história poligenética de desenvolvimento dos solos.

A poligênese é característica de paleossolos que passaram por duas (ou mais) fases diferentes de pedogênese (MARRIOT; WRIGHT, 1993), que revela condições ambientais distintas de evolução dos solos (BRONGER; CATT, 1989; CATT, 1990). Nos perfis de paleossolos foram verificados os processos pedogenéticos de iluviação, calcificação e gleização (redoximorfismo).

Todos os perfis de paleossolos descritos estão decapeados, pois tiveram os horizontes superiores (ex. horizontes A e E) removidos por processos erosivos. Apesar disso, o processo de iluviação foi verificado mediante a presença de revestimentos de argila ocupando as porosidades de horizontes Bt no setor sudeste (Monte Alto, perfil 1) e noroeste (Itajá e Quirinópolis) e/ou revestindo as estruturas pedológicas e/ou grãos da fração grossa e/ou formando pontes de argila que conectam os grãos (Setor sudeste - Monte Alto, Piratininga, Garça, Echaporã e Herculândia; setor noroeste – Itajá e Quirinópolis; e setor nordeste - Campina Verde) (IBGE, 2015).

A calcificação foi verificada em todos os setores da bacia, que consiste na formação e acumulação de  $\text{CaCO}_3$  no solo, seja cimentando as frações finas e/ou precipitando na forma de nódulos, que em alguns perfis foi o suficiente para a formação de horizontes Btk, mais precisamente nos setores sudeste, representado pelos municípios de Monte Alto (Perfil 3), Botucatu e Garça, e nordeste (Campina Verde). As estimativas de CaO suportam essa afirmação, que representam a segunda maior concentração dentre os elementos químicos maiores.

Outro processo pedogenético que ocorre associados as acumulações de argila iluvial é a gleização, referente a redução e remoção dos óxidos de Fe, que foi identificada restritamente no setor sudeste, em Herculândia, e possibilitou o levantamento de horizontes Btg.

A formação de horizontes Bt na Formação Marília submetidos a processos poligenéticos (ou não) foi definida da seguinte forma: (1) predomínio da iluviação de argila (Monte Alto, perfil 1); (2) simultaneidade entre iluviação e calcificação (Echaporã); (3)

sucessão entre iluviação e gleização (Herculândia); (4) sucessão entre iluviação e calcificação (Monte Alto, perfil 2 e 3; Botucatu; Garça; Itajá; Quirinópolis; e Campina Verde).

### **I – Predomínio da iluviação de argila**

Em Monte Alto (perfil 1), ocorrem os revestimentos de argila, do tipo crescente, textura de argila límpida, fábrica interna laminada, orientação das lâminas paralela, extinção das linhas nítidas e abundantes (Figura 8.40-A), que podem indicar maior capacidade de infiltração do solo, que favoreceu a translocação de argila, além da quantidade e frequência maior das precipitações. E ainda foram verificadas películas de argila associadas as faces das estruturas pedológicas (Figura 8.23-B), que é um indicativo confiável de iluviação de argila (GILE; GROSSMAN, 1969).

### **II – Simultaneidade entre iluviação e calcificação**

Em Echaporã foram verificados nas lâminas delgadas, hiporevestimentos de argilominerais e óxidos conectando os grãos da fração grossa (Figura 8.37-A) coexistindo com domínios pouco agregados de argilominerais ocupando as porosidades (Figura 8.37-G), bem preservados e sem rompimentos, e nas análises macromorfológicas observou-se nódulos carbonáticos e bioturbações preenchidas por carbonatos, além de cerosidade forte e abundante, na cor branca. A possibilidade destes diferentes processos pedogenéticos terem sido realizados simultaneamente, conforme proposto por Pal, Srivastava e Bhattacharyya (2003) e Gunal e Ransom (2006a) é suportada devido a inexistência de rompimento e/ou obliteração das feições argílicas como consequência da cimentação carbonática posterior. Goss, Smith e Stewart (1973) já haviam confirmado experimentalmente a iluviação da argila em materiais calcários em solos com disponibilidade de argila que poderia ser mobilizada por infiltração de água, à presença de poros e canais que permitam a movimentação, e a quantidade de precipitação disponível para garantir a translocação da argila.

### **III – Sucessão entre iluviação e gleização**

Em Herculândia, os revestimentos de argila nos horizontes Btg, na forma de capeamento de ligação, típicos de padrão de distribuição *c/f* gefúrica confirmam os processos de translocação de argila (Figura 8.39-A/E), que ocorrem conjuntamente com mosqueados vermelhos e halos de oxidação no horizonte 1Btg (Figura 8.21-A), nódulos oxídicos no horizonte 2Btg (Figura 8.39-C) e zonas de perdas de Fe no orizonte 2Cg (Figura 8.21-B).

#### IV – Sucessão entre iluviação e calcificação

Nos perfis de paleossolos dos setores sudeste (perfis 2 e 3 em Monte Alto, Botucatu e Garça), noroeste (estado de Goiás) e nordeste (estado de Minas Gerais), a superimposição das propriedades calcíticas em relação às argílicas deve-se ao fato dos processos pedogenéticos de iluviação precederem os de calcificação (MCFADDEN; WELLS; DOHRENWEND, 1986; HOLLIDAY, 1990; RANSOM; BIDWELL, 1990; EGHBAL; SOUTHARD, 1993a, 1993b; KLEBER, 2000) conforme as justificativas apresentadas a seguir:

- Em Monte Alto (perfil 2 e 3) e Garça foram identificadas pontes de argila ligando os grãos, confirmada pelo padrões de distribuição *c/f* quito-gefúrica em transição com padrões porfíricos em partes das lâminas, além de preenchimentos denso completo (Figura 8.41-A; Figura 8.42-G) e concentrações (Figura 8.38-C) compostos por argilominerais e grãos de quartzo, fraturadas pela cimentação carbonática. Outros aspectos relevantes são os revestimentos de calcita associado às estruturas pedológicas e a cimentação carbonática preenchendo todas as bioturbações observadas;
- Em Botucatu, ocorrem clastos de argila que podem estar associados à óxidos de ferro (Figura 8.36-C), visualizados nas análises macro-micromorfológicas, esta última exibindo nitidamente fissuras na feição, que podem ter sido provocadas pelos carbonatos que ocupam a maior parte da lâmina representado pela predominância da fábrica birrefringente cristalítica;
- Em Campina Verde, nos horizontes Btk e 2Btk observou-se concentrações de argilominerais imersas na fração grossa e preenchendo a porosidade, respectivamente. Essas feições foram encobertas (Btk) e deterioradas (2Btk) pelo avanço da cimentação carbonática (Figura 8.30-A/C), que também ocupou as porosidades das bioturbações. Além disso, a cerosidade está associada às unidades estruturais como revestimentos de calcita;
- Em Itajá e Quirinópolis ocorrem apenas horizontes Bt, embora seja perceptível que a calcificação é um evento pedogenético posterior à iluviação, considerando as seguintes características: (i) está exclusivamente associado aos preenchimentos denso completo (Figura 8.33-C) e/ou recobrimdo parte da fração grossa, promovendo a substituição gradual das fábricas birrefringentes

granoestriadas por cristalíticas (Figura 8.34-E); (ii) observou-se a transição pontual entre padrões de distribuição *cf* enáulica com domínios de argilominerais e óxidos de ferro (fraturados ou não) com padrões porfíricos (Figura 8.32-A); (iii) cimentação incipiente intergranular (Itajá); (iv) revestimentos de calcita no contato entre as estruturas pedológicas; e (v) todas as bioturbações estão cimentados por carbonato de cálcio.

A origem e evolução dos horizontes Bt dos paleossolos da Formação Marília foi possível devido o comportamento da paisagem em relação à predominância dos períodos de estabilidade da paisagem, que permitiram a pedogênese, em oposição aos períodos de instabilidade (sedimentação). A respeito disso, o paleoambiente deposicional considerado na formação dos perfis de paleossolos analisados nesse trabalho, refere-se a proposta de Batezelli et al. (2018) acerca do modelo paleogeográfico da Bacia Bauru no Cretáceo Tardio. Os autores afirmam que o desenvolvimento dos paleossolos ocorreu a longo prazo, na parte medial de um sistema fluvial distributivo (DFS), distante das áreas que ocorrem maior migração de canais. Considerando esse cenário paleoambiental assume-se que houve maior estabilidade da paisagem, permitindo a preponderância dos processos pedogenéticos, incluindo uma capacidade maior de infiltração de água nos solos e a iluviação de argila.

A formação de solos caracterizados por horizontes Bt, Btk e Btg em ambientes áridos/semiáridos estão em concordância com os elementos geomórficos que compõem o DFS (HARTLEY et al., 2010), mais precisamente os solos de planícies aluviais pedogeneticamente alterados e bem drenados, nas zonas 2 e 3, que representam as partes medianas e distais, respectivamente (DAVIDSON et al., 2013). A interpretação dos processos pedogenéticos que ocorrem na Formação Marília está intimamente associada com a posição na antiga superfície geomórfica. A inter-relação entre solo e relevo foi determinante para permitir o movimento da água no interior dos solos, que influenciou diretamente na diferenciação dos perfis.

Nas áreas de planícies aluviais, as propriedades dos solos (ex. acumulação de argila iluvial, presença de carbonatos ou redução e mobilização de óxidos) estão consideravelmente relacionadas com a capacidade de infiltração, percolação e retenção de água no sistema solo, incluindo o posicionamento do lençol freático. Nessa unidade geomórfica, em climas áridos/semiáridos, foram verificados solos bem desenvolvidos com horizontes Bt e Btk em vertentes com declividades que variam entre 1% e 9%, predominantemente nas partes posicionadas na encosta (*backslope*) e sopé superior (*upper*

*footslope*), com lençol freático profundo (SMITH; BUOL, 1968; SOUTHARD; SOUTHARD, 1985; NETTLETON; PRICE; BOWMAN, 1990; EGHBAL; SOUTHARD, 1993a; GUNAL; RANSOM; 2006b; GRAHAM; FRANCO-VIZCAÍNO, 1992; DUCLOUX et al., 1995; EASH; SANDOR, 1995; OZAYTEKIN; MUTLU; DEDEOGLU, 2012; MUHAIMEED; AZIZ; AMIN, 2013).

Diante disso, admite-se que os processos pedogenéticos atribuídos aos perfis de paleossolos ocorrentes em Monte Alto (SP), Itajá (GO), Quirinópolis (GO) e Campina Verde (MG) ocorreram nas encostas (*backslope*) e sopé (*footslope*) de vertentes, sob condições de drenagem moderada/boa, em que a infiltração e percolação (no sentido vertical e lateral) permitiu uma maior movimentação e deposição de argila durante os períodos mais úmidos, devido a frequência expressiva de revestimentos de argila e os agregados de argilominerais e óxidos. Entretanto, em Campina Verde (MG), quaisquer inferências sobre o comportamento dos solos a respeito da permeabilidade de água são questionáveis, seja em decorrência da capacidade do elevado teor de carbonato em ocultar as evidências de iluviação (ALLEN, 1985; NETTLETON et al., 1989), conforme as concentrações de CaO que alcançam 18,7 g/100g (2Btk) e 23,4 g/100g (3Ck), que justificaria a natureza (concentrações de argilominerais encobertas) e frequência (rara) das feições argílicas identificadas, ou formar níveis endurecidos sujeitos à drenagem restrita, ou então o fato da intensa cimentação carbonática potencializar a obliteração dos revestimentos/agregados de argila (GILE; GROSSMAN; 1968; GILE, 1975; KHARDEMI; MERMUT, 2003). É importante ressaltar que os valores maiores de carbonato de cálcio em Campina Verde, em contraposição aos outros afloramentos da Formação Marília estudados nesse trabalho, deve-se à proximidade com a área-fonte, representada pelo Grupo Bambuí (BARCELOS, 1984), que é composto por rochas carbonáticas e terrígenas, de idade neoproterozóica (IGLESIAS; UHLEIN, 2009).

A capacidade de drenagem de horizontes Bt e Btk em paleossolos da Formação Marília, já foi verificada por Silva, Batezelli e Ladeira (2015) e Silva (2016), que utilizaram o índice de morfologia segundo a metodologia proposta por Kraus et al. (2013), que varia entre 0 (mais úmido) e 18 (mais seco). Os autores verificaram índices de morfologia 8,5, que representam condições de circulação de água moderada.

Por outro lado, na base da vertente, nas posições do sopé inferior (*lower fooslope*) e baixada (*toeslope*), os solos apresentam condições de drenagem reduzidas em comparação com as partes a montante (BIRKELAND et al., 2003), muitas vezes atribuídas a posição elevada do lençol freático (GOSH, 1997; MARTINO, 2016). Nessas áreas é comum o

desenvolvimento dos horizontes com características de gleização, que podem ocorrer em regimes climáticos úmidos e secos (CATT, 1990).

Em Herculândia, a formação dos horizontes Btg baseada na superimposição entre os revestimentos de argila e as características de oxirredução revelam que, inicialmente, houve a formação do horizonte iluvial mediante condições de drenagem boa/moderada, seguido pela redução da capacidade de drenagem e maior influência das zonas de flutuação do lençol freático com saturação episódica na baixada (*toeslope*). A frequência rara dos revestimentos deve-se ao fluxo saturado que promove uma taxa de percolação limitada e conseqüentemente menor translocação de argila e, sobretudo, por favorecer a obliteração das feições argílicas pré-existentes. Além disso, dado que o horizonte 1Btg dispõe de mosqueamentos vermelhos e halos de oxidação, enquanto os horizontes subjacentes 2Btg e 2Cg exibem halos de redução, entende-se que houve maior retenção de água na base, em comparação com o topo do perfil de solo.

## 10. CONCLUSÕES

Conclui-se que os perfis de paleossolos caracterizados por horizontes Bt, levantados nos registros sedimentares da Formação Marília, que ocupam os setores nordeste, noroeste e sudeste da Bacia Bauru, foram formados pela poligênese entre os processos pedogenéticos de iluviação, calcificação e gleização, seja pelo predomínio, sucessão ou simultaneidade entre esses processos.

No setor nordeste, representada exclusivamente por Campina Verde (MG), foi verificado a sucessão entre os eventos de iluviação de argila e calcificação devido ao avanço da cimentação carbonática em relação as feições pedológicas, que provocou a sobreposição (Btk) e o rompimento (2Btk) das concentrações de argilominerais imersas na fração grossa e ocupando as porosidades, além dos revestimentos de calcita dispostos nas faces das estruturas pedológicas.

O setor noroeste, que é definido pelos municípios de Itajá e Quirinópolis (GO), também exibem características que evidenciam cronologicamente a iluviação de argila como um processo que antecedeu a calcificação. Do ponto de vista macromorfológico, observou-se que os revestimentos de calcita são intergranulares e/ou associados as unidades estruturais, e as bioturbações foram cimentadas por carbonato de cálcio. Enquanto que nas análises micromorfológicas as evidências são atribuídas à composição carbonática restrita aos preenchimentos denso completo e/ou recobrimdo algumas partes da fração grossa, exibindo a alteração gradual entre as fábricas birrefringentes granoestriadas e cristalíticas, e também a transição entre os padrões de distribuição *c/f* enaúlica e porfírico, em que os domínios de argilominerais e óxidos foram eventualmente fraturados pelo avanço pela cimentação carbonática.

Finalmente, no setor sudeste, que contempla os municípios de Botucatu, Echaporã, Garça, Herculândia, Monte Alto e Piratininga, todos localizados no estado de São Paulo, foi reconhecida a ocorrência dos processos pedogenéticos de iluviação, calcificação e gleização.

Em Botucatu, Garça e Monte Alto (perfis 2 e 3), a coexistência entre feições argílicas e calcíticas também revelou que a calcificação ocorreu posteriormente a iluviação de argila. Em Botucatu, foram identificados clastos de argila com óxidos de ferro nas descrições macro-micromorfológicas, em que nas análises das lâminas delgadas foi observado o rompimento das feições mediante fissuras devido a cimentação carbonática. Do mesmo modo, em Garça e Monte Alto (perfis 2 e 3), é perceptível o avanço do carbonato de cálcio na forma

de revestimentos de calcita nas estruturas pedológicas, ocupando as porosidades das bioturbações, corroborado pelos preenchimentos denso completo, e ainda deteriorando as concentrações de argilominerais e quartzo e pela transição pontual entre padrões *c/f* quitogefúrica (predominantes) com porfíricos.

Contrariamente aos perfis 2 e 3 em Monte Alto, o perfil 1 é não-carbonático, e dispõe de revestimentos de argila muito expressivos em comparação com todos os perfis de paleossolos analisados em todos os setores da Bacia Bauru. O perfil é composto por um horizonte Bt que exibiu revestimentos de argila do tipo crescente, com textura de argila límpida, fábrica interna laminada, orientação das lâminas paralela, extinção das linhas nítidas e abundantes, que estão preenchendo as porosidades, que podem estar vinculados aos revestimentos que ocorrem vinculados aos planos das estruturas e grãos, indicando o predomínio dos processos de iluviação de argila.

Em Herculândia, o perfil de paleossolo composto por horizontes Btg foi interpretado pela sucessão entre iluviação e gleização, que é suportada pela ocorrência conjunta entre revestimentos de argila, na forma de capeamento de ligação (padrão *c/f* gefúrica), com mosqueamento e halos de oxidação (1Btg), nódulos oxídicos e zonas de perdas de Fe (2Btg e 2Cg).

Diferentemente dos perfis de paleossolos mencionados na acima, em Piratininga não foram identificados horizontes Bt, embora tenha sido observado cerosidade forte e abundante na forma de revestimentos associadas às paredes das estruturas, as análises micromorfológicas permitiram reconhecer a presença apenas de horizontes Bss, através da enorme influência de fábricas birrefringentes estriadas, tanto granoestriadas na formação de características de estresse, quanto paralelas, mediante as zonas de birrefringência alongadas e inclinadas, devido a orientação da fração fina, que trata-se das superfícies de *slickensides*, que são originadas a partir das atividades de expansão e contração de argilas, típicos de ambientes sujeitos aos ciclos de umectação e ressecamento.

Quanto à inter-relação solo e paisagem, que influenciou diretamente na ocorrência dos diferentes processos pedogenéticos, assume-se que os horizontes Bt e Btk foram formados nas posições a jusante da vertente denominadas de encosta (*backslope*) e sopé (*footslope*), em que a capacidade de drenagem (infiltração e percolação) é moderada a boa, o que sustenta a translocação de argila suficiente para permitir a formação de feições argílicas (ex. revestimentos de argila), por vezes associadas à acumulação de carbonato de cálcio na forma de rizólitos, nódulos e revestimentos de calcita, devido à zona de oscilação do lençol freático mais profunda nessas áreas da vertente. Enquanto os horizontes Btg ocupam a parte

mais próxima da base da vertente, que é a baixada (*toeslope*), fortemente influenciadas pela oscilação do lençol freático periodicamente, que provoca a alternância entre os ambientes oxidantes e redutores, que foi determinante na redução da frequência dos revestimentos de argila em comparação com as propriedades relacionadas a oxirredução.

Por fim, entende-se que a atribuição de condições mais úmidas sob climas áridos/semiáridos como determinantes na formação dos horizontes Bt é insuficiente e inconclusivo. Primeiro, a maior umidade disponível no ambiente a partir de índices de precipitações mais expressivos, mesmo sob regimes climáticos áridos, influenciará de maneira diferente no desenvolvimento desses horizontes considerando as características de uma vertente, seja pela posição mais próxima da encosta ou baixada, a inclinação do relevo maior ou menor, e/ou a granulometria dominante, que podem comprometer (ou não) a capacidade de drenagem da água, influenciando diretamente na origem de solos bem ou pobremente desenvolvidos. Segundo, é a possibilidade de coexistência de feições argílicas e calcíticas no horizonte Bt, que se opõem inteiramente às interpretações mais recorrentes na Formação Marília, que justificam o desenvolvimento dessas feições na alternância entre intervalos de períodos úmidos e secos, respectivamente.

## 11. REFERÊNCIAS

- AGUILAR, J.; GUARDIOLA, J. L.; BARAHONA, E.; DORRONSORO, C.; SANTOS, F. Clay illuviation in calcareous soil. In: BULLOCK, P.; MURPHY, C. P. (Eds.). **Soil Micromorphology**. Berkhamsted: A. B. Academic, 1983, p. 541-550.
- ALLEN, B. L. Micromorphology of Aridisols. In: DOUGLAS, L. A.; THOMPSON, M. L. (Org.). **Soil Micromorphology and Soil Classification**. Madison: Soil Science Society of America, 1985, p. 197-216.
- ALLEN, B. L.; GOSS, D. W. Micromorphology of paleosoils from semiarid Southern High Plains of Texas. In: RUTHERFORD, G. K. (Eds.). **Soil Microscopy**. Kingston: Limestone Press, 1974, p. 511-525.
- ALMEIDA, F. F. M.; BARBOSA, O. Geologia das quadrículas Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. **Boletim DGM/DNPM**, Rio de Janeiro, n. 143, p. 1-96, 1953.
- ALMEIDA, M. A.; STEIN, D. P.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A.; PONÇANO, W. L.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. In: MESA REDONDA: A Formação Bauru no estado de São Paulo e Regiões Adjacentes, 7., 1980, São Paulo. **Coletânea de trabalhos e debates...**São Paulo: SBG/Núcleo São Paulo, 1980, p. 31-43.
- ALONSO-ZARZA, A. M. Initial stages of laminar calcrete formation by roots: examples from the Neogene of central Spain. **Sedimentary Geology**, v. 126, p. 177-191, 1999.
- ALONSO-ZARZA, A. M. Palaeoenvironmental significance of palustrine carbonates and calcretes in the geological record. **Earth-Sciences Reviews**, v. 60, p. 261-298, 2003.
- ALVES, D. S. J. **Eventos pedogenéticos afetando depósitos da Formação Marília (Neocretáceo) no município de Campina Verde (MG)**. 2014. 100 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 2014.
- ALVES, J. M. P. **Petrologia e Diagênese do Membro Ponte Alta, Formação Marília, Cretáceo da Bacia do Paraná, na Região do Triângulo Mineiro**. 1995. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2014.
- ALVES, J. M. P.; GOMES, N. S.; HOERNES, S. Calcretes do Membro Ponte Alta, Formação Marília, na região do Triângulo Mineiro - evidências de isótopos estáveis e catodoluminescência. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 7., 1994, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: SBG/NÚCLEO MINAS GERAIS, 1993, p. 12-15.
- ANDREIS, R. R.; CAPILLA, R.; REIS, C. C. Considerações estratigráficas e composição dos arenitos da Formação Marília (Cretáceo Superior) na região de Uberaba (MG). In: 5º SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 1999, Rio Claro. **Boletim [...]**. Rio Claro: UNESP, 1999, p. 449-455.
- ANDREIS, R. R. **Identificación e importancia geológica de lós Paleosuelos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1981. 67p.

ARAÚJO, M. S. B.; SCHAEFER, C. E. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Soil phosphorus fractions from toposequences of semi-arid Latosols and Luvisols in northeastern Brazil. **Geoderma**, v. 119, p. 309-321, 2004.

BACHMAN, G. O.; MACHETTE, M. N. **Calcic soils and calcretes in the southwestern United States**. 794. ed. USA: U.S. Geological Survey, 1977. 326 p.

BARCELOS, J. H. Geologia Regional e Estratigrafia Cretácica do Triângulo Mineiro. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 5, n. 9-10, p. 9-24, 1993.

BARCELOS, J. H. **Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do estado de São Paulo**. 1984. 191 p. Tese (Livre Docência em Petrologia Sedimentar) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1984.

BARCELOS, J. H.; LANDIM, P. M. B.; SUGUIO, K. Análise Estratigráfica das Sequências Cretácicas do Triângulo Mineiro (MG) e suas correlações com as do Estado de São Paulo. In.: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBG, 1981 v. 2, p. 90-102.

BASILICI, G.; DAL' BÓ, P. F. F.; LADEIRA, F. S. B. Climate-induced sediment-palaeosol cycles in a Late Cretaceous dry aeolian sand-sheet: Marília Formation (North-West Bauru Basin, Brazil). **Sedimentology**, v. 56, p. 1876-1904, 2009.

BASILICI, G.; DAL' BÓ, P. F.; OLIVERIA, E. F. Distribution of palaeosols and deposits in the temporal evolution of a semiarid fluvial distributary system (Bauru Group, Upper Cretaceous, SE Brazil). **Sedimentary Geology**, v. 341, p. 245-264, 2016.

BASILICI, G.; DAL' BO, P.F.F. Anatomy and controlling factors of a Late Cretaceous aeolian sand sheet: The Marília and the Adamantina formations, NW Bauru Basin, Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 226, p. 71-93, 2010.

BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácea no triângulo mineiro e sua correlação com áreas adjacentes**. 2003. 183 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2003.

BATEZELLI, A. Continental systems tracts of the Brazilian Cretaceous Bauru Basin and their relationship with the tectonic and climatic evolution of South America. **Basin Research**, p. 1-25, 2015.

BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Stratigraphic framework and evolution of the Cretaceous continental sequences of the Bauru, Sanfranciscana, and Parecis basins, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 65, p. 1-24, 2016.

BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B.; NASCIMENTO, D. L.; MÁRCIO, L. S. Facies and palaeosol analysis in a progradational distributive fluvial system from the Campanian–Maastrichtian Bauru Group, Brazil. **Sedimentology**, v. 65, p. 1-37, 2018.

BATEZELLI, A.; SAAD, A. R.; BASILICI, G. Arquitetura deposicional e evolução da seqüência aluvial neocretácea da porção setentrional da Bacia Bauru, no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, p. 163-181, 2007.

BATEZELLI, A.; BASILICI, G. Arquitetura e mecanismos deposicionais em sistemas aluviais holocênicos de clima árido no oeste argentino e comparação com depósitos neocretáceos brasileiros. **Revista Brasileira Geociências**, v. 37, p. 821-840, 2007.

BATEZELLI, A.; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J. A. J.; FULFARO, V. J. Análise estratigráfica aplicada a porção norte e nordeste da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, p. 253-268, 2006.

BÉTARD, F.; CANER, L.; GUNNELL, Y.; BOURGEON, G. Illite neoformation in plagioclase during weathering: Evidence from semi-arid Northeast Brazil. **Geoderma**, v. 152, p. 53-62, 2009.

BIRKELAND, P. W.; SHROBA, R. R.; BURNS, S. F.; PRICE, A. B.; TONKIN, P. J. Integrating soils and geomorphology in mountains—an example from the Front Range of Colorado. **Geomorphology**, v. 55, p. 329-344, 2003.

BLANK, R. R.; YOUNG, J. A.; LUGASKI, T. Pedogenesis on talus slopes, the Buckskin range, Nevada, USA. **Geoderma**, v. 71, p. 121-142, 1996.

BRANDT NETO, M. **Estratigrafia da Formação Bauru na região do baixo Tietê**. 1977. 74 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1977.

BRIENZA, A. C. **Caracterização de paleossolos da Formação Marília**: Serra de Echaporã. 2008. 79 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 2008.

BROLESI, M. F. **Paleossolos da Formação Marília: contribuição a reconstituição paleogeográfica cretácica nas áreas de Quirinópolis e Itajá-Go**. 2007. 51 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 2007.

BRONGER, A.; BRHUN-LOBIN, N.; HEINKELE, T. Micromorphology of paleosols - genetic and paleoenvironmental deductions: Case studies from central China, south India, NW Morocco and the Great Plains of the USA. In. RINGROSE-VOASE, A. J.; HUMPHREYS, G. S. (Eds.). **Soil Micromorphology: studies in management and genesis**. Amsterdam: Elsevier Science, 1994, p. 187-206.

BRONGER, A.; BRUHN, N. Clay illuviation in semiarid-tropical (SAT) alfisols? A first approach to a new concept. **Developments in Soil Science**, v. 19, p. 175-181, 1990.

BRONGER, A.; CATT, J. A. Paleosols: problems of definition, recognition and interpretation. **Catena Supplement**, v. 16, 1-7, 1989.

BROWN, I. C.; DROSDOFF, M. Chemical and physical properties of soils and of their colloids developed from granitic materials in the Mojave Desert. **Journal of Agricultural Research**, v. 61, n. 5, p. 335-352, 1940.

BUCK, B. J.; MACK, G. H. Latest Cretaceous (Maastrichtian) aridity indicated by paleosols in the McRae Formation, south-central New Mexico. **Cretaceous Research**, v. 16, p. 559-572, 1995.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. TURSINA, T. **Handbook for Soil Thin Section Description**. Wolverhampton: Waine Research Publications, 1985. 152p.

BUOL, S. W.; YESILSOY, M. S. A genesis study of a Mohave sandy loam profile. **Soil Science Society of America**, v. 28, p. 254– 256, 1964.

CÂMARA, E. R. G. **Caracterização de luvisolos e planossolos no núcleo de desertificação de Cabrobó, Pernambuco**. 2016. 115 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016.

CAMPANHA, V. A.; ETCHEBERE, M. L.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J. O significado paleogeográfico das novas ocorrências fossilíferas do Grupo Bauru, na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCIAS BRASILEIRAS, 2., 1992, Rio Claro. **Resumos expandidos...**Rio Claro: UNESP, 1992, p. 151-152.

CASTRO, S. S. **Sistema de Transformação Pedológica em Marília, SP: B latossólico e B textural**. 1989. 274 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 1989.

CATT, J. A. **Field recognition, description and spatial relationships of paleosols**. Quaternary International, v. 6, p. 2-95, 1990.

CHAVES, I. B.; FREIRE, O.; AMORIM NETO, M. S. Características da precipitação e risco de erosão na região tropical semi-árida brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 991-998, 1985.

COIMBRA, A. M. **Arenitos da Formação Bauru: estudos de áreas fonte**. 1976. 2v. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1976.

COIMBRA, A. M. **Sistematização Crítica da Obra**. São Paulo, 1991, 54 p. Tese (Livredocência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1976.

COIMBRA, A. M.; BRANDT NETO, M.; COUTINHO, J. M. V. Silicificação dos arenitos da Formação Bauru no estado de São Paulo. In: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, 7., 1981, São Paulo. **Publicação Especial – Coletânea de Trabalhos e Debates**. São Paulo: SBG/NÚCLEO SÃO PAULO, 1981, p. 103-115.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A. BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 311-324, 2003.

CORTEZ, J. W. ALVES, A. D. S.; MOURA, M. R. D.; OLSZEWSKI, N.; NAGAHAMA, H. J. Atributos físicos do argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1207-1213, 2011.

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

DAL' BÓ, P. F. F. **Mecanismos deposicionais e processos pedogenéticos em lençóis de areia eólica: a Formação Marília, Neocretáceo da Bacia Bauru, Brasil, e La Salina, Holoceno da Bacia Tulum, Argentina**. 2011. 143 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

DAL' BÓ, P. F. F.; BASILICI, G. Estimativas de paleoprecipitação e gênese de feições cálcicas e argílicas em paleossolos da Formação Marília (Neocretáceo da Bacia Bauru). **Geociências**, v. 29, n. 1, p. 33-47, 2010.

DAL' BÓ, P. F. F.; BASILICI, G. Interpretação paleoambiental da Formação Marília na porção noroeste da Bacia Bauru: relações entre sedimentação e paleopedogênese em um antigo lençol de areia eólica. **Geociências**, v. 30, p. 509-528, 2011.

DAL' BÓ, P. F. F.; BASILICI, G.; ANGELICA, R. S. Factors of paleosol formation in a Late Cretaceous eolian sand sheet paleoenvironment, Marília Formation, Southeastern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 292, p. 349-365, 2010.

DAL' BÓ, P. F. F.; BASILICI, G.; ANGELICA, R. S.; LADEIRA, F. S. B. Paleoclimatic interpretations from pedogenic calcretes in a Maastrichtian semi-arid eolian sand-sheet paleoenvironment: Marília Formation (Bauru Basin, southeastern Brazil). **Cretaceous Research**, v. 30, p. 659-675, 2009.

DAL' BÓ, P. F. F.; LADEIRA, F. S. B. Ambientes Paleoclimáticos da Formação Marília Baseado em Análise Paleopedológica na Região de Monte Alto (SP). **Geociências**, Rio Claro, v. 25, p. 127-134, 2006.

DAN, J. Soil chronosequences in Israel. **Catena**, v. 10, p. 287-319, 1983.

DAN, J. The effect of dust deposition on the soils of the land of Israel. **Quaternary International**, v. 5, p. 107-113, p. 1990.

DAVIDSON, S. K.; HARTLEY, A. J.; WEISSMANN, G. S.; NICHOLS, G. J.; SCUDERI, L. A. Geomorphic elements on modern distributive systems. **Geomorphology**, v. 180-181, p. 82-95, 2013.

DREGNE, H. E. **Soils of arid regions**. Amsterdam: Elsevier, 1976, 237 p.

DUCLOUX, J.; DELHOUME, J. P.; PETIT, S.; DECARREAU, A. Clay differentiation in Aridisols of northern Mexico. **Soil Science Society of America**, v. 59, p. 269–276, 1995.

EASH, N. S.; SANDOR, J. A. Soil chronosequence and geomorphology in a semiarid valeey in the Andes of southern Peru. **Geoderma**, v. 65, p. 59-79, 1995.

EGHBAL, M. K.; SOUTHARD, R. J. Micromorphological evidence of polygenesis of three Aridisols, western Mojave Desert, California. **Soil Science Society of America**, v. 57, p. 1041–1050, 1993a.

EGHBAL, M. K.; SOUTHARD, R. J. Stratigraphy and genesis of Durorthids and Haplargids on dissected alluvial fans, western Mojave Desert, California. **Geoderma**, v. 59, p. 151-174, 1993b.

ELLIOTT, P. E.; DROHAN, P. J. Clay accumulation and argillic-horizon development as influenced by aeolian deposition vs. local parent material on quartzite and limestone-derived alluvial fans. **Geoderma**, v. 151, p. 98-108, 2009.

EMANDI, M.; BAGHERNEJAD, M.; MEMARIAN, H.; SAFFARI, M.; FATHI, H. Genesis and clay mineralogical investigation of highly calcareous soils in semi-arid regions of Southern Iran. **Journal of Applied Sciences**, v. 8, n. 2, p. 288-294, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2018, 356 p.

ENZWEILER J.; VENDEMIATTO, M. A. Estimativa da incerteza de medição na determinação de elementos maiores e menores em rochas siliclásticas por espectrometria de fluorescência de raios X com resultados de controle de qualidade. **Geochimica Brasiliensis**, v. 27, p. 152-160, 2013.

FARPOOR, M. H.; NEYESTANI, M.; EGHBAL, M. K.; ESFANDIARPOUR BORUJENI, I. Soil–geomorphology relationships in Sirjan playa, south central Iran. **Geomorphology**, v. 138, p. 223-230, 2012.

FEDOROFF, N. Classification of accumulations of translocated particles. In: RUTHERFORD, G. K. (Ed.). **Soil Microscopy**. Kingston: The Limestone Press, 1974, p. 695–713.

FERNANDES, L. A. Calcretes e registros de paleossolos em depósitos continentais neocretáceos (Bacia Bauru, Formação Marília). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 40, p. 19-35, 2010.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. 216 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

FERNANDES, L. A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 55, p. 53-66, 2004.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. A. Bacia Bauru (Neocretáceo, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, p. 195-205, 1996.

FERNANDES, L. A.; RIBEIRO, C. M. M. Evolution and palaeoenvironment of the Bauru Basin (Upper Cretaceous, Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 61, p. 71-90, 2015.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 717-728, 2000.

FREYTET, P. Petrography and paleo-environment of continental carbonate deposits with particular reference to the Upper Cretaceous and Lower Eocene of Languedoc (Southern France). **Sedimentary Geology**, v. 10, p. 25–60, 1973.

FULFARO, V. J. Tectônica do alinhamento estrutural do paranapanema. **Boletim IG-USP**, São Paulo, v. 5, p. 129-138, 1974.

FULFARO, V. J.; BARCELOS J. H. Grupo Bauru no Triângulo Mineiro: uma nova visão litoestratigráfica. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., 1991, Rio Claro. **Boletim** [...]. Rio Claro: UNESP, v. 2, 1991, p. 59-66.

FULFARO, V. J.; ETCHEBEHERE, M. L. D. C.; PERINOTTO, J. A. J.; SAAD, A. R. Santo Anastácio: Um Geossolo Cretácico na Bacia Caiuá. In: Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, 5, Simposio sobre el Cretacico de América del Sur, 1, Serra Negra, Brasil. 1999a. **Boletim** [...]. Serra Negra, Unesp. p. 125-130.

FULFARO, V. J.; ETCHEBEHERE, M. L. D. C.; PERINOTTO, J. A. J.; SAAD, A. R. Bacia Caiuá: Uma nova Bacia Cretácea na Bacia do Paraná. In: Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, 5, Simposio sobre el Cretacico de América del Sur, 1, Serra Negra, Brasil. 1999b. **Boletim** [...]. Serra Negra, Unesp. p. 439-442.

FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J.; BARCELOS, J. H. A Margem Goiana de Grupo Bauru: Implicações na Litoestratigrafia e Paleogeografia. In: Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil, 3., 1994. Rio Claro. **Boletim** [...]. Rio Claro: UNESP, 1994, p. 81-84.

GALHARDO, J. C. **Análise de fácies, paleossolos e correlação estratigráfica da Formação Marília na região de Campina Verde, estado de Minas Gerais**. 2012. 76 p. TCC (Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.

GALHARDO, J. C. **Depósitos sedimentares e paleossolos da Formação Marília em Campina Verde (MG)**. 2015. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.

GARCIA, A. J. V.; MARCONDES, A. F.; GARRIDO, A. E. Caracterização e Mapeamento Litofaciológico do Grupo Bauru em Peirópolis, município de Uberaba-MG. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETACEAS BRASILEIRAS, 2., 1992. Rio Claro. **Boletim** [...]. Rio Claro: UNESP, 1992, p. 137-140.

GARCIA, A. J. V.; ROSA, A. A. S. da.; GOLDBERG, K. Paleoenvironmental and paleoclimatic control on early diagenetic processes and fossil record in Cretaceous continental sandstones of Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 19, n. 3, p. 243-258, 2005.

GILE, L. H. Holocene soils and soil in eolian sediments of Bailey County, Texas. **Soil Science Society of America**, v. 43, p. 994-1003, 1979.

GILE, L. H. Holocene soils and soil-geomorphic relations in a arid region of southern New Mexico. **Quaternary Research**, v. 5, p. 321-360, 1975.

GILE, L. H. Holocene soils and soil-geomorphic relations in a semiarid region of southern New Mexico. **Quaternary Research**, v. 7, p. 112-132, 1977.

GILE, L. H.; GROSSMAN, R. B. Morphology of the argillic horizon in desert soils of southern New Mexico. **Soil Science Society of America**, v. 106, p. 6–15, 1968.

GILE, L. H.; PETERSON, F. F.; GROSSMAN, R. B. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. **Soil Science**, v. 101, n. 5, p. 347-360, 1966.

GOLDBERG, K.; GARCIA, A. J. V. Faciologia dos calcários do Grupo Bauru na região de Uberaba, MG. In: III SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 1994, Rio Claro. **Boletim** [...]. Rio Claro: UNESP, 1994, p. 91-92.

GOLDBERG, K.; GARCIA, A. J. V. Palaeogeography of the Bauru Group, a dinosaur-bearing Cretaceous unit, northeastern Paraná Basin, Brazil. **Cretaceous Research**, v. 21, p. 241-254, 2000.

GOSH, P. Geomorphology and palaeoclimatology of some Upper Cretaceous palaeosols in central India. **Sedimentary Geology**, v. 110, p. 25-49, 1997.

GOSS, D. W.; SMITH, S. J.; STEWART, B. A. Movement of added clay through calcareous material. **Geoderma**, v. 9, p. 97-103, 1973.

GRAHAM, R. C.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Soils on igneous and metavolcanic rocks in the Sonoran Desert of Baja California, Mexico. **Geoderma**, v. 54, p. 1-21, 1992.

GRAHAM, R. C.; WOOD, H. B. Morphologic development and clay redistribution in lysimeter soils under chaparral and pine. **Soil Science America Journal**, v. 55, p. 1638-1646, 1991

GUNAL, H.; RANSOM, M. D. Clay illuviation and calcium carbonate accumulation along a precipitation gradient in Kansas. **Catena**, n. 68, p. 59-69, 2006a.

GUNAL, H.; RANSOM, M. D. Genesis and micromorphology of loess-derived soils from central Kansas. **Catena**, n. 65, p. 222-236, 2006b.

HARTLEY, A. J.; WEISSMANN, G. S.; NICHOLS, G. J.; WARWICK, G. L. Large distributive fluvial systems: characteristics, distribution, and controls on development. **Journal of Sedimentary Research**, v. 80, 167–183, 2010.

HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E. Aspectos lito-estruturais e geofísicos do soerguimento do Alto Paranaíba. **Geociências**, v. 10, p. 67-77, 1991.

HENDRICKS, D. M. A micromorphological study of soil formation in sandy loam alluvium in Southern Arizona. In: RUTHERFORD, G. K. (Ed.). **Soil Microscopy**. Kingston: The Limestone Press, 1974, p. 408–426.

HOLLIDAY, V. T. Early and Middle Holocene soils at the Lubbock Lake archeological site, Texas. **Catena**, v. 12, p. 61-78, 1985a.

HOLLIDAY, V. T. Morphology of Late Holocene Soils at the Lubbock Lake Archeological Site, Texas. **Soil Science America Journal**, v. 49, p. 938-946, 1985c.

HOLLIDAY, V. T. New data on the stratigraphy and pedology of the Clovis and Plainview sites, Southern High Plains. **Quaternary Research**, v. 23, p. 388-402, 1985b.

HOLLIDAY, V. T. Soils and landscape evolution of eolian plains: the Southern High Plains of Texas and New Mexico. **Geomorphology**, v. 3, 489-515, 1990.

HOLLIDAY, V. T.; RAWLING, J. E. Soil-geomorphic relations of lamellae in eolian sand on the High Plains of Texas and New Mexico. **Geoderma**, v. 131, p. 154-180, 2006.

HUGIE, V. K.; PASSEY, H. B. Cicadas and their effect upon soil genesis in certain soils in southern Idaho, northern Utah, and northeastern Nevada. **Soil Science Society of America**, v. 27, p. 78-82, 1963.

IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, p. 256-266, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2015. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE-Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2015, 430 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 19 dez. 2017.

IUSS WORKING GROUP WRB. **World Reference Base for Soil Resources 2014**. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 106. ed. Rome: World Soil Resources Reports, 2014, 181 p.

KÄMPF, N; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Org.). **Pedologia: fundamentos**. Viçosa: SBCS, 2012. p. 207-302.

KEMP, R. A; ZÁRATE, M. A. Pliocene pedosedimentary cycles in the southern Pampas, Argentina. **Sedimentology**, v. 47, p. 3-14, 2000.

KHADEMI, H; MERMUT, A. R. Micromorphology and classification of Argids and associated gypsiferous Aridisols from central Iran. **Catena**, v. 54, 439-455, 2003.

KHORMALI, F.; ABTAHI, A. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, southern Iran. **Clay mineral**, v. 38, p. 511-527, 2003.

KHORMALI, F.; ABTAHI, A.; MAHMOODI, S.; STOOPS, G. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. **Catena**, v. 53, p. 273-301, 2003.

- KHORMALI, F.; ABTAHI, A.; STOOPS, G. Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, Southern Iran. **Geoderma**, v. 132, p. 31-46, 2006.
- KHRESAT, S. A; QUDAH, E. A. Formation and properties of aridic soils of Azraq Basin in northeastern Jordan. **Journal of Arid Environments**, v. 64, p. 116-136, 2006.
- KLAPPA, C. F. Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis and significance. **Sedimentology**, v. 27, p. 613-629, 1980.
- KLEBER, A. Compound soil horizons with mixed calcic and argillic properties — examples from the northern Great Basin, USA. **Catena**, v. 41, p. 111-131, 2000.
- LADEIRA, F. S. B. **Paleossolos Silicificados na Serra de Itaqueri-Itirapina/SP**: subsídios para a reconstituição paleoambiental. 2001. 362 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- LADEIRA, F. S. B; SANTOS, M. O uso de paleossolos e perfis de alteração para a identificação e análise de superfícies geomórficas regionais: o caso da Serra de Itaqueri (SP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, p. 3-20, 2005.
- LEVINE; HENDRICKS, Carbonate forms in residual horizons of limestone derived soils in northern Arizona. **Developments in Soil Science**, v. 19, 373-380, 1990.
- LOURENÇO, F. R. **Paleossolos da Formação Marília: estudo micromorfológico de horizontes Bca do Cretáceo**. 2007. 60 p. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- MAHJOORY, R. A. Clay mineralogy, physical, and chemical properties of some soils in arid regions of Iran. **Soil Science America Proc.**, v. 39, p. 1157-1164, 1975.
- MANZINI, F. F. Redefinição da Formação Marília em seu local-tipo: estratigrafia, ambiente de sedimentação e paleogeografia. 1999. 120 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- MANZINI, F. F.; FULFARO, V. J.; BARCELOS, J. H.; BRANDT NETO, M. Aspectos tectono-sedimentares do Grupo Bauru(K) na região de Monte Alto (SP). In: Simpósio sobre as bacias cretácicas brasileiras, 2., 1992, Rio Claro. **Boletim [...]**. Rio Claro: UNESP, 1992. p. 145-146.
- MARRIOT, S. B.; WRIGHT, V. P. Paleosols as indicators of geomorphic stability in two Old Red Sandstones alluvial suites, South Wales. **Journal of the Geologic Society**, London, v. 150, 1109-1120, 1993.
- MARTINO, R. L. Sequence stratigraphy of fluvially-dominated strata of the Mid-Late Pennsylvanian Conemaugh Formation, Central Appalachian Basin. **International Journal of Coal Geology**, v. 154-155, p. 136-154, 2016.
- MAYNARD, J.B. Chemistry of modern soils as a guide to interpreting Precambrian paleosols. **Journal of Geology**, v. 100, p. 279-289, 1992.

MCFADDEN, L. D.; WELDON II, R. J. Rates and processes of soil development on Quaternary terraces in Cajon Pass, California. **Geological Society of America Bulletin**, v. 98, p. 280-293, 1987.

MCFADDEN, L. D.; WELLS, S. G.; DOHRENWEND, J. C. Influences of quaternary climatic changes on processes of soil development on desert loess deposits of the Cima volcanic field, California. **Catena**, v. 13, p. 361-389, 1986.

MCFADDEN, L. D.; WELLS, S.G; BROWN, W. J.; ENZEL, ALBUQUERQUE. Soil genesis on beach ridges of pluvial Lake Mojave: implications for Holocene lacustrine and eolian events in the Mojave Desert, southern California. **Catena**, v. 19, p.77-97, 1992

MILANI, J. E.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MOTA, F. O. B.; OLIVEIRA, J. B.; GEBHARDT, H. Mineralogia de um argissolo vermelho-amarelo eutrófico e de um planossolo háplico eutrófico solódico numa topossequência de gnaisses no sertão central do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 607-618, 2002.

MUHAIMEDD, A. S; AZIZ, S. N.; AMIN, I. M. Genesis of argillic and calcic horizons in some Northern Iraqi soils. **Journal of Agricultural and Biological**, v. 8, n. 1, p. 29-34, 2013.

NASCIMENTO, D. L. **Sedimentação e pedogênese em paleocanal neocretáceo da Bacia Bauru na região de Campina Verde (MG)**. 2014. 117 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

NASCIMENTO, D. L.; BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. The paleoecological and paleoenvironmental importance of root traces: Plant distribution and topographic significance of root patterns in Upper Cretaceous paleosols. **Catena**, v. 172, p. 789-806, 2019.

NASCIMENTO, D. L.; LADEIRA, F. S. B.; BATEZELLI, A. Pedodiagenetic characterization of Cretaceous Paleosols in Southwest Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-18, 2017.

NESBITT, H.W.; YOUNG, G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. **Nature**, v. 299, p. 715-717, 1982.

NETTLETON, W. D.; BRASHER, B. R.; YENTER, J. M.; PRIEST, T. W. Geomorphic age and genesis of some San Luis valley, Colorado, soils. **Soil Science Society of America**, v. 53, p. 165-170, 1989.

NETTLETON, W. D.; CHADWICK, O. A. Late Quaternary, redeposited loess-soil developmental sequences, South Yemen. **Geoderma**, v. 70, p. 21-36, 1996.

NETTLETON, W. D.; FLACH, K. W.; BRASHER, B. R. Argillic horizons without clay skins. **Soil Science Society of America**, v. 33, p. 121-125, 1969.

NETTLETON, W. D.; PRICE, A. B.; BOWMAN, G. A. Argillic horizon formation in late Wisconsinan eolian materials in southwest Colorado, USA. In: DOUGLAS, L. A. (Org.). **Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science**. Elsevier, Amsterdam: [s.n.], 1990, p. 149–15.

NETTLETON, W. D.; WITTY, J. E.; NELSON, R. E.; HAWLEY, J. W. Genesis of argillic horizons in soils of desert areas of the southwestern United States. **Soil Science Society of America**, v. 39, p. 919–926, 1975.

NICHOLS, G. **Sedimentology and stratigraphy**. 2 ed. Oxford: Blackwell, 2009, 419.

NIKIFOROFF, C. C. General trends of the desert type of soil formation. **Soil Science**, v. 43, p. 105-131, 1937.

OLIVEIRA, L. B.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Micromorfologia e gênese de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2407-2423, 2008.

OLIVEIRA, L. B.; FONTES, M. P.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Morfologia e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1333-1345, 2009.

OZAYTEKIN, H. H.; MUTLU, H. H.; DEDEOGLU, M. Soil formation on a calcic chronosequence of Ancient Lake Konya in Central Anatolia, Turkey. **Journal of African Earth Sciences**, v. 76, p. 66-74, 2012.

PAL, D. K.; SRIVASTAVA, P.; BHATTACHARYYA, T. Clay illuviation in calcareous soils of the semiarid part of the Indo-Gangetic Plains, India. **Geoderma**, v. 115, p. 177-192, 2003

PARAHYBA, R. B. V.; SANTOS, M. C.; NETO, F. C. R. Evolução quantitativa de planossolos do agreste do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 991-999, 2009.

PAULA E SILVA, F. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no estado de São Paulo**. 2003. 166 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

PAULA E SILVA, F.; KIANG, C.; H.; CAETANO-CHANG, M. R. Estratigrafia de subsuperfície do Grupo Bauru (K) no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, p. 77-88, 2005.

PAULA E SILVA, F.; KIANG, C.; H.; CAETANO-CHANG, M. R. Perfis de referência do Grupo Bauru (K) no estado de São Paulo. **Geociências**, v. 22, p. 21-32, 2003.

PAVIA JUNIOR, A. **Paleossolos da Formação Marília: subsídios para interpretação paleogeográfica na área de Duartina-SP**. 2011. 161 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

PEREIRA, C. T. **Paleossolos da Formação Marília no município de Campina Verde, Oeste de Minas Gerais**. 2014. 88 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

PEREIRA, C. T.; BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Paleoprecipitation changes based on paleosols profiles of the Marília Formation (Upper Cretaceous) in the eastern portion of Bauru Basin in southeastern Brazil. **Geociências**, v. 34, n. 2, p. 238-257, 2015.

PRAÇA LEITE, M. G.; GOMES, N. S.; SANTOS, M. do C.; OLIVEIRA, A. D. Considerações sobre o Ambiente Depositional do Membro Serra da Galga, Cretáceo da Bacia do Paraná. In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 8., 1995, Diamantina. **Anais [...]**. Diamantina: SBG/MG, 1982, p. 113-114.

PRANDI, P. L. R. **Arquitetura deposicional de um sistema de lençol de areia eólica. A Bacia Bauru na região de Marília (SP)**. 2012. 77 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2012.

QUADE, J.; CERLING, T. E. Expansion of C<sub>4</sub> grasses in the Late Miocene of Northern Pakistan: evidence from stable isotopes in paleosols. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v. 115, p. 91-116, 1995.

RABENHORST, M. C.; WILDING, L. P. Pedogenesis on the Edwards Plateau, Texas: 11. Formation and occurrence of diagnostic subsurface horizons in a climosequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, p. 687-692, 1986.

RANSOM, M. D.; BIDWELL, O. W. Clay movement and carbonate accumulation in Ustolls of central Kansas, U.S.A. **Developments in Soil Science**, v. 19, p. 417-423, 1990.

RAWLING, J. E. A review of lamellae. **Geomorphology**, v. 35, p. 1-9, 2000.

REHEIS, M. C. Influence of climate and eolian dust on the major-element chemistry and clay mineralogy of soils in the northern Bighorn Basin, U.S.A. **Catena**, v. 17, p. 219-248, 1990.

REHEIS, M. C. Soils in granitic alluvium in humid and semiarid climates along Rock Creek, Carbon County, Montana. **U.S. Geological survey bulletin 1590-D**. Washington, D.C, 71 p, 1987.

REHEIS, M. C.; GOODMACHER, J. C.; HARDEN, J. W.; MCFADDEN, L. D.; ROCKWELL, T. K.; SHROBA, R. R.; SOWERS, J. M.; TAYLOR, E. M. Quaternary soils and dust deposition in southern Nevada and California. **Geological Society of America Bulletin**, 107, p. 1003-1022, 1995.

REHEIS, M. C.; SOWERS, J. M.; TAYLOR, E. M.; MCFADDEN, L. D.; HARDEN, J. W. Morphology and genesis of carbonate soils on the Kyle Canyon fan, Nevada, U.S.A. **Geoderma**, v. 52, p. 303-342, 1992.

REID, D. A.; GRAHAM, R. C.; SOUTHARD, R. J.; AMRHEIN, C. Slickspot soil genesis in the Carrizo plain, California. **Soil Science America Journal**, v. 57, p. 162-168, 1993.

RETALLACK, G. J. **Soils of the past** – An introduction to paleopedology. 2. ed. London: Unwin Hyman, 2001. 520 p.

RIBEIRO D. T. P. **Diagênese e petrologia das rochas do membro Serra da Galga, Formação Marília, Grupo Bauru (Cretáceo da Bacia do Paraná), na região de Uberaba, Minas Gerais**. 1997. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1997.

RICCOMINI, C. Arcabouço Estrutural e Aspectos do Tectonismo Gerador e Deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 2, p. 153-162, 1997.

RICCOMINI, C. **Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares pós-gondwânicos da porção centro-oriental do estado de São Paulo e áreas vizinhas**. 1995. 100 p. Tese (Livre-Docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

RUHE, R. V. Soil-climate system across the prairies in Midwestern U.S.A. **Geoderma**, v. 34, 1984.

SANTOS, L. J. C.; CASTRO, S. S. Lamelas (bandas onduladas) em argissolo vermelho-amarelo como indicadores da evolução do relevo: o caso das colinas médias do Platô de Bauru. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 1, p. 43-64, 2006.

SANTOS, M. C.; LEITE, M. G. P.; TOLENTINO, M. F.; DA SILVA, C. M.; DA SILVA, R. G.; CANTISANO, M. A. M.; BAPTISTA, E. I.; FERREIRA, A. C. S. Estudo Preliminar da Faciologia do Membro Serra da Galga, Formação Marília do Grupo Bauru a Noroeste de Uberaba – Triângulo Mineiro, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Balneário Camboriu. **Anais [...]**. Balneário Camboriu: SBG, v. 3, p. 262-264.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2015, 102p.

SCHAETZL, R. J. Morphologic evidence of lamellae forming directly from thin, clayey bedding planes in a dune. **Geoderma**, v. 99, p. 51-63, 2001.

SHELDON, N.D.; RETALLACK, G.J.; TANAKA, S. Geochemical climofunctions from North American soils and application to paleosols across the Eocene–Oligocene boundary in Oregon. **Journal of Geology**, v. 110, p. 687-696, 2002.

SHELDON, N.D.; TABOR, N.J. Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. **Earth-Science Reviews**, v.95, n.1-2, p.1-52, 2009.

SILVA, M. L. **Sedimentação e pedogênese da Formação Marília, Maastrichtiano da Bacia Bauru, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil**. 2016. 339 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, 2016.

SILVA, M. L.; BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Genesis and paleoclimatic significance of palygorskite in the cretaceous palaeosols of the Bauru Basin, Brazil. **Catena**, v. 168, p. 110–128, 2018.

SILVA, M. L.; BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Índices de intemperismo e evolução dos paleossolos da Formação Marília, Maastrichtiano da Bacia Neocretácea Bauru. **Geochim. Brasiliensis**, v. 29, p. 127–138, 2015.

SILVA, M. L.; BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Micromorphology of palaeosols of the Marília Formation and their significance in the paleoenvironmental evolution fo the Bauru Basin, Upper Cretaceous, southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-20, 2017a.

SILVA, M. L.; BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. The mineralogy of palaeosols in the Marília Formation and their importance in the environmental evolution of the Maastrichtian of the Bauru Basin in southeastern Brazil. **Braz. J. Geol.**, v. 47, p. 403–426, 2017b.

SILVA, M. L.; BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Uso de estimativas de paleoprecipitação e paleotemperatura em paleossolos cretáceos no Brasil: abordagem crítica. **Geochim. Brasiliensis**, v. 30, p. 72–83, 2016.

SILVA, R. B.; ETCHEBEHERE, M. L. de C.; SAAD, A. R. Groundwater Calcretes: Uma interpretação Alternativa para os Calcários da Formação Marília no Triângulo Mineiro. In.: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3., 1994, Rio Claro. **Boletim [...]** Rio Claro: UNESP, 1994. p. 85-90.

SLATE, J. L.; BULL, W. B.; KU, T.; SHAFIQULLAH, M.; LYNCH, D. J.; HUANG, Y. Soil-Carbonate genesis in the pinacate volcanic field, northwestern Sonora, Mexico. **Quaternary Research**, v. 35, p. 400-416, 1991.

SMITH, B. R.; BUOL, S. W. Genesis and relative weathering intensity studies in three semiarid soils. **Soil Science Society of America**, v. 32, p. 261– 265, 1968.

SOARES P. C.; LANDIM, P. M. B.; FULFARO, V. J.; SOBREIRO-NETO, A. F. Ensaio de caracterização do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 177-185, 1980.

SOARES, P. C., LANDIM, P. M. B., FULFARO, V. J.; AMARAL, G., SUGUIO, K., COIMBRA, A. M., SOBREIRO NETO, A. F., GIANCURSI, F. D., CORREA, W. A. G., CASTRO, C. G. J. Geologia da região Sudoeste do Estado de São Paulo In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA. 2., 1979, Rio Claro. **Atas...**Rio Claro: SBG, 1979, v. 2, p. 307-319.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M.B. Comparasion between the tectonic evolution of intracratonic and marginal basin in south Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 313-324, 1975.

SOIL SURVEY STAFF. 1999. **Soil taxonomy**: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2. ed. Washington, DC: USDA-Natural Resources Conservation Service, 1999, 871 p.

SOIL SURVEY STAFF. 2014. **Keys to Soil Taxonomy**. 12. ed. Washington, DC: USDA-Natural Resources Conservation Service, 2014, 360 p.

SOUTHARD, R. J.; SOUTHARD, A. R. Genesis of cambic and argillic horizons in two northern Utah Aridisols. **Soil Science Society of America**, v. 49, p. 167– 171, 1985.

SRIVASTAVA, P.; PATEL, S.; SINGH, N.; JAMIR, T.; KUMAR, N.; MANINI, A.; PATEL, R. C. Early Oligocene paleosols of Dagashai Formation, India: A record of the oldest tropical weathering in the Himalayan foreland. **Sedimentary Geology**, v. 294, p. 142-156, 2013.

STEIN, D. P., MELO, M. S., BISTRICHI, C. A., ALMEIDA, M. A.; HASUI, Y., PONÇANO, W. L., ALMEIDA, F. F. M. de. Geologia da parte dos vales dos rios Paraná e Paranapanema. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. **Atas...Rio Claro**: SBG, 1979. v.2, p. 291-306.

STOOPS, G. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Madison, WI: **Soil Science Society of America**, 2003, p. 184.

SUGUIO, K. Fatores paleoambientais e paleoclimáticos e subdivisão estratigráfica do Grupo Bauru. In: MESA REDONDA SOBRE A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, 1., 1981, São Paulo. **Coletânea de Trabalhos e Debates...** São Paulo: SBG/Núcleo de São Paulo, 1981, p. 15-26. (Publicação Especial, n. 7).

SUGUIO, K. **Formação Bauru**: calcários e sedimentos detríticos associados. São Paulo, 1973. 2v. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SUGUIO, K.; BERENHOLC, M.; SALATI, E. Composição Química e Isotópica dos Calcários e Ambiente de Sedimentação da Formação Bauru. **Boletim IG**, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, v. 6, p. 55-75, 1975.

THOMPSON M.; POTTS P. J.; WEBB P. C. GeoPT1 international proficiency test for analytical geochemistry laboratories - report on round. **Geostandards and Geoanalytical Research**, v. 20, 295-325, 1996.

TURNER, S.; REGELONS, M.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; MANTOVANI, M. S. M. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision geochronology. **Earth Planet. Sci. Lett.**, v. 121, 333–348, 1994.

VENDEMIATTO, M. A; ENZWEILER, J. Routine control of accuracy in silicate rock analysis by X-ray fluorescence spectrometry. **Geostandards and Geoanalytical Research**, v. 25, p. 103-112, 2001.

VEPRASKAS, M. J. **Redoximorphic features for identifying aquic conditions**. Raleigh: North Carolina Agricultural Research Service. Technical Bulletin 301, 2015, 33 p.

VILELA, P. C. **Estudo petrográfico dos depósitos de paleossolos de um sistema deposicional de lençol de areia eólico do Neocretáceo: Formação Marília na região de Marília (SP) e Sul de Goiás.** 2010. 84 p. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

WELLS, S. G.; DOHRENWEND, J. C, McFADDEN, L. D.; TURRIN, B. D.; MAHRER, K. D. Late Cenozoic landscape evolution of lava flow surfaces of the Cima volcanic field, Mojave Desert, California. **Geological Society of America Bulletin**, v. 96, 1518-1529, 1985.

WELLS, S. G.; MCFADDEN, L. D.; SCHULTZ, J. D. Eolian landscape evolution and soil formation in the Chaco dune field, southern Colorado Plateau, New Mexico. **Geomorphology**, v. 3, p. 517-546, 1990.

WELLS, S. G.; MCFADDEN, L. D; DOHRENWEND, J. C. Influence of Late Quaternary climatic changes on geomorphic and pedogenic processes on a desert piedmont, Eastern Mojave Desert, California. **Quaternary Research**, v. 27, p. 130-146, 1987.

WOOD, Y. A.; GRAHAM, R. C.; WELLS, S. G. Surface control of desert pavement pedologic process and landscape function, Cima Volcanic field, Mojave Desert, California. **Catena**, v. 59, p. 205-230, 2005.

## APÊNDICE A

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
<b>BRASIL</b>									
Mota, Oliveira e Genhard (2002)	800 mm		>18 °C	Caatinga hiperxerófila	Depressão	Gnaisse	Argissolo	Caulinita, vermiculita, quartzo, montmorilonita e mica	Estruturas em blocos subangulares e angulares; cerosidade
Corrêa et al. (2003)	1000 mm	2937 mm	27 °C	Caatinga hipo e hiperxerófila	Relevo suave-ondulado	Rochas pelíticas	Luvissolo	Esmectita, vermiculita, caulinita, feldspato, quartzo; plagioclásio e hematita	Estruturas em blocos subangulares; <i>slickensides</i>
Araújo, Schaefer e Sampaio (2004)	580 mm		26 °C	Caatinga		Biotita gnaisse	<i>Luvisol</i>		
Oliveira et al. (2008)	745 mm (a), 474 mm (b), 694 mm (c) e 698 mm (d)	1187 mm (a), 1256 mm (b), 1485 mm (c) e 1484 mm (d)	23,5 °C (a), 24 °C (b), 25 °C (c), 26 °C (d)	Caatinga		Gnaisse (a, b), micaxisto (c) e filito (d)	Luvissolo e Planossolo	Quartzo, feldspato, biotita; nódulos ferruginosos, hornblenda e opacos	Microestruturas em blocos angulares e subangulares; mosqueados e nódulos ferruginosos; argilãs; glébulas; minerais pseudomorfos; preenchimentos nos poros
Parahyba, Santos e Neto (2009)	600 a 800 mm		22 a 24 °C	Caatinga hipoxerófila	Relevo suave ondulado e ondulado forte/média de 8% de declive	Biotita gnaisse	Planossolo	Feldspato, micas, quartzo, anfibólio e hornblenda	

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

										continuação
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia		Características morfológicas do Bt
Bétard et al. (2009)	575 mm		26 °C	Caatinga	Planície	Rocha cristalina	<i>Haplic Luvisol</i>	Esmectita, illita e caulinita		Estruturas em blocos; argilãs
Oliveira et al. (2009)	745 mm (a), 474 mm (b), 694 mm (c) e 698 mm (d)	1187 mm (a), 1256 (b), 1485 (c) e 1484 (d)	23,5 °C (a), 24 °C (b), 25 °C (c), 26 °C (d)	Caatinga		Gnaise (a, b), micaxisto (c) e filito (d)	Luvissolo e Planossolo			Estruturas prismáticas e em blocos; cerosidade; superfícies de compressão
Cortez et al. (2011)							Argissolo			
<b>EUA</b>										
Nikiforoff (1937) <sup>2</sup>				Arbusto, gramínea e cacto	Planície aluvial, montanha e colina	Granito e basalto	<i>Claypan</i>	Feldspato e hornblenda		
Brown e Drosdoff (1940) <sup>2</sup>	127 mm		18,3 °C	<i>Creosote bush</i> (arbusto), <i>Joshua-tree</i> (árvore) e cacto.	Planície aluvial	Granito	<i>Claypan</i>	Caulinita, montmorilonita, mica, alguns óxidos de ferro e quartzo		
Hugie e Passey (1963)	203 a 635 mm		4,4 a 10 °C							
Buol e Yesilsoy (1964)	276,86 mm	1059,18 mm	19,6 °C		Declive de 1%	Rochas ígneas		Illita, caulinita e haloisita		Estruturas em blocos subangulares; raízes muito finas seguindo as faces dos <i>peds</i> ;

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

continuação										
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade		Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Gile, Peterson e Grossman (1966)	203 a 305 mm	2346,9 mm		<i>Creosote bush</i> (arbusto), <i>mesquite</i> (arbusto/árvore pequena) e <i>tarbush</i> (arbustos)	Leque	aluvial e planície	Riólito, andesito, monzonito, calcário e arenito			
Gile e Grossman (1968)	203 a 254 mm						Riólito, monzonito e calcário	<i>Typic Haplargids</i> , <i>Mollic Petrocalcic Paleargid</i> e <i>Petrocalcic Paleargids</i>	Montmorilonita e feldspato	Estruturas prismáticas e blocos subangulares; películas de argila
Smith e Buol (1968)	417 mm (a) e 277 mm (b)	533 mm (a) e 1069 mm (b)	13.3 °C (a) e 19.6 °C (b)	Gramínea	Planície	aluvial (declive de 1 a 3%)	Rochas ígneas e calcário	<i>Mollic Haplargids</i> (a) e <i>Typic Haplargids</i> (b)	Ilita, montmorilonita e caulinita	Estruturas em blocos angulares e subangulares; raízes; películas de argila; cutãs de estresse
Nettleton, Flach e Brasher (1969)								<i>Typic Durargids</i> e <i>Typic Haplargids</i>	Montmorilonita	
Nettleton et al. (1975)							Sedimentos arenosos e argilosos	<i>Xeralfic Haplargids</i> e <i>Typic Haplargids</i>	Quartzo e plagioclásio	Películas de argila

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

									continuação
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Gile (1975)	200 mm				Planície	Riólito, monzonito, andesito e calcário	<i>Aridisols</i> ( <i>Camborthi ds e Haplargid</i> )		Revestimentos de argila
Parsons e Herriman (1976)	40 mm (junho a setembro) e 420 mm (outubro a maio); 178 dias sem gelo		5 °C (janeiro) e 19 °C (julho)		Terraço	Rochas vulcânicas e sedimentares	<i>Pachic Argixerolls</i> , <i>Typic Argixerolls</i> e <i>Mollic Haploxeralfs</i>		Estruturas prismáticas e em blocos subangulares; filmes de argila
Gile (1977)	200 mm			<i>Fluffgrass</i> (grama), <i>mesquite</i> (arbusto/árvore pequena), <i>Mormon tea</i> (arbusto), <i>cholla</i> (cacto arbustivo), <i>snakeweed</i> (arbusto), <i>ratany</i> (arbusto) e <i>Condalia lycioides</i> (arbusto/árvore)	Terraço e planície	Riólito, monzonito e calcário	<i>Typic Haplargids</i>		
Ruhe (1984)				Gramínea	Planície		<i>Ustolls</i>	Ilita, caulinita e montmorilonita	

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

continuação									
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Southard e Southard (1985)	340 mm		-5.4 a 22.4 °C		Terraço com 2% de declive	Calcário, arenito e quartzito	<i>Aridisols</i>	Quartzo, feldspato, mica, caulinita, esmectita	Argilãs; tocas de cigarras preenchidas por carbonatos
Holliday (1985c)	468 mm				Planície		<i>Calcistolls</i> e <i>Haplustalfs</i>	Quartzo, feldspato, ilita, mica, esmectita, caulinita	Estruturas prismática e em blocos subangulares; argilãs
McFadden, Wells e Dohrenwend (1986)	120 a 250 mm (precipitação se concentra no inverno frio)		16 a 18 °C	<i>Creosote bush</i> (arbusto), <i>brittle bush</i> (arbusto) e <i>Mormon tea</i> (arbusto)				Ilita/mica, esmectita, caulinita, quartzo e feldspato	Estruturas granulares e em blocos angulares; filmes de argila
Wells, McFadden e Dohrenwend (1987)					Planície aluvial				Estrutura granular; filmes de argila
Reheis (1987b)	370 mm		8 °C	Gramínea, <i>sagebrush</i> (arbusto/árvore) e cacto			<i>Ustollic</i> , <i>Haplargids</i> e <i>Typic</i> , <i>Argiustolls</i>		Argilãs
McFadden e Weldon (1987)	430 mm				Terraço	Xisto e rochas graníticas			Revestimentos, preenchimentos dos poros e pontes de argila

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

continuação									
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Reheis (1988)	400 mm		8 °C	Gramíneas e forbs (planta com flor herbácea)	Terraço	Granito andesito e	<i>Ustollic Haplargids</i>	Quartzo, feldspato e ilita	Revestimentos de argila
Nettleton et al. (1989)	170 a 300 mm (frio e seco)				Planície de inundação		<i>Borollic Haplargids</i>		Argilãs
Levine e Hendricks (1990)						Calcário	<i>Aridic Haplustalf</i>	Caulinita, mica, montmorilonita e vermiculita	
Holliday (1990)	300 a 500 mm				Campo de dunas e planalto	Arenito xisto e	<i>Paleustalfs</i> e <i>Paleustolls</i>		Estruturas prismática; filmes de argila
Nettleton, Price e Bowman (1990)	230 mm (a), 330 e 380 mm (b), 360 mm (c) e 480 mm (d)			<i>Pinyon-juniper</i> (floresta) e arbustos	Declive de 4 a 9%		<i>Typic Haplargids</i> (a), <i>Ustollic Haplargids</i> (b), <i>Aridic Argiustolls</i> (c) e <i>Typic Argiborolls</i> (d)	Quartzo, plagioclásio, honrblenda, feldspato, muscovita, biotita e vermiculita	Argilãs e calcãs
Wells, McFadden e Schultz (1990)	180 a 200 mm		5 a 38 °C (inverno-verão)	<i>Mormon tea</i> (arbusto) e <i>Indian ricegrass</i> (gramínea)		Arenito xisto e	<i>Typic Haplargids</i> e <i>Typic Torripsaments</i>	Esmectita, caulinita e ilita/mica	Estrutura em blocos, subangulares; filmes de argila

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

continuação									
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Reheis (1990)	170 mm (a) e 400 mm (b)		-7.9 a 22.1 °C (a) e -6.2 a 20.7 °C (b); temperaturas mais frias em janeiro	Gramíneas e forbs (planta com flor herbácea)	Terraço e planície	Calcário e dolomito (a) e granito (b)	<i>Typic Haplargids</i> (a) e <i>Ustollic Haplargids, Typic Calciorthids e Typic Argiustolls</i> (b)	Caulinita, mica, paligorsquita (a) e caulinita, mica e esmectita (b)	
Ransom e Bidwell (1990)	660 mm		13 °C	<i>Tallgrass prairie</i> (ecossistema)	Planície	<i>Loess</i>	<i>Pachic Argiustolls</i>	Mica, mica-esmectita, mica-esmectita e caulinita	Estrutura em blocos angulares e subangulares; argilãs e calcãs
Boettinger e Southard (1991)	130 mm		18 °C	<i>Creosote bush</i> (arbusto), <i>spiny hopsage</i> (arbusto), gramínea e forbs (planta com flor herbácea)	Planície (declive de 2 a 9%)	Granito	<i>Typic Haplargids</i>	Feldspato, biotita e hornblenda	Argilãs
Monger e Daugherty (1991)	200 mm				Planície aluvial		<i>Aridisols</i>	Paligorsquita, esmectita, mica e caulina	

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

									continuação
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Graham e Wood (1991)	292 a 1224 mm		-4 a 38 °C (temperaturas frias são raras)	<i>Chamise</i> (arbusto), <i>hoaryleaf</i> (arbusto), <i>ceanothus</i> (arbusto), <i>bigberry</i> (arbusto/árvore), <i>scrub oak</i> (arbusto/árvore)		Rochas plutônicas e metamórficas	<i>Typic Haploxeralfs</i>		Estruturas em blocos subangulares; argilãs
McFadden et al. (1992)	78 mm	2000 a 2500 mm	30 °C	<i>Saltbush</i> (arbusto), <i>creosote bush</i> (arbusto) e <i>opuntia</i> (cacto)		Diorito, granodiorito e mármore.			Estruturas em blocos subangulares; argilãs; traços de raízes; conchas e tocas; revestimentos de argila
Reheis et al. (1992)	110 a 540 mm		17.9 a 9.0 °C	<i>Creosote bush</i> (arbusto), <i>blackbrush</i> (arbusto) e <i>pinyon-juniper</i> (floresta)	Planície aluvial	Calcário, dolomito, chert e outras rochas sedimentares	<i>Typic Haplargids</i> e <i>Petrocalcic Paleargids</i>	Paligorsquita e sepiolita	Estruturas em blocos subangulares; argilãs; <i>krotovinas</i> ;
Reid et al. (1993)	220 mm			Gramínea	Planície	Arenitos, siltitos e xistos	<i>Typic Haploxeralfs</i>		Estrutura colunar, blocos subangulares e blocos angulares; filmes de argila
Eghbal e Southard (1993a)	110 mm		18 °C	<i>Creosote bush</i> (arbusto) e <i>fiddleneck</i> (planta com flor herbácea)	Planície aluvial com 1 a 2% de declive	Granito	<i>Typic Durorthids</i> e <i>Typic Haplargids</i>	Quartzo, feldspato (plagioclásio)	Estruturas prismáticas; argilãs; glébulas (pápulas) <i>krotovinas</i> ,

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argilícos/Bt em climas semiáridos e áridos.

continuação									
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Eghbal e Southard (1993b)	110 mm		18 a 29 °C	<i>Creosote bush</i> (arbusto) e <i>fiddleneck</i> (planta com flor herbácea)	Planície aluvial com 1 a 2% de declive	Granito	<i>Typic Durorthids</i> e <i>Typic Haplargids</i>		Estruturas subangulares e prismática; <i>krotovinas</i> ;
Reheis et al. (1995)					Planície aluvial			Esmectita, mica, clorita, caulinita, illita-esmectita, paligorsquita e quartzo	
Blank, Young e Lugaski (1996)	200 mm			<i>Blackbrush</i> (arbusto), <i>desert needlegrass</i> e <i>cheatgrass</i> (gramínea), <i>gray rabbitbrush</i> (arbusto) e <i>mountain big sagebrush</i> (arbusto/árvore)	Planície aluvial e terraço		<i>Xeralfic Paleargids</i>	Feldspato, fragmentos líticos, quartzo, hornblenda, biotita e vidro (fração de areia muito fina); montmorilonita, vermiculita, caulinita e mica.	Estruturas prismáticas
Birkeland et al. (2003)	460 mm		11 °C		Planície	Granito e gnaisse	<i>Argiustolls</i> e <i>Paleustolls</i>	Esmectita, feldspato, quartzo, biotita e hornblenda	

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

continuação									
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Wood, Graham e Wells (2005)	140 mm (ocasionalmente há nevasca no inverno)		13.5 a 27 °C	<i>Creosote bush</i> (arbusto) e outros arbustos			<i>Typic Paleargids</i> , <i>Typic Calcargids</i> e <i>Typic Haplargids</i>		Estruturas em blocos angulares e subangulares, prismática e granular; crostas bióticas
Gunal e Ransom (2006a)	419 e 740 mm					<i>Loess</i>	<i>Argiustolls</i>	Quartzo, biotita, feldspato e calcita	Argilãs e calcãs
Gunal e Ransom (2006b)	540 a 715 mm		12.2 °C		Terraço antigo e planalto (declive de 5%)	<i>Loess</i>		Quartzo, feldspato, mica, vermiculita e caulinita	Estrutura granular, subangular e prismática; argilãs
Elliot e Drohan (2009)	551 mm			<i>Pinyon pine</i> (árvore), <i>utah juniper</i> (árvore) e <i>gambel oak</i> (arbusto/árvore)	Planície aluvial	Quartzito e calcário		Quartzo, caulinita, esmectita, vermiculita e calcita	Argilãs
<b>MÉXICO</b>									
Slate et al. (1991)	100 mm		12 a 30 °C	<i>Creosote bush</i> (arbusto) e outros arbustos		Basalto			

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argilícos/Bt em climas semiáridos e áridos.

continuação									
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Graham e Franco-Vizcaíno (1992)	137 mm		11 a 30 °C (janeiro e agosto)		Declive de 2 a 5%		<i>Vertic Paleargids, Petrocalcic Paleargids e Typic Haplargids</i>	Quartzo, feldspato, hornblenda, minerais opacos, mica, esmectita, caulinita, vermiculita	Estruturas colunares e blocos; argilãs e argilãs de estresse
Ducloux et al. (1995)	264 mm		20.8 °C	<i>Creosote bush</i> (arbusto) e cactos	Planície aluvial (declive de 1 a 2%), <i>cuesta</i> e depressão	Lutito, rudito e rochas vulcânicas		Esmectita, ilita, caulinita e paligorsquita	Estruturas em blocos angulares
<b>PERU</b>									
Eash e Sandor (1995)	400 mm		10 °C	Gramíneas, arbustos e cactos	Terraço (declive de 5%)	Andesito e outras rochas vulcânicas	<i>Typic Argiustoll e Typic Durustoll</i>		Estruturas em blocos angulares e subangulares e prismática; revestimentos de argila
<b>IRÃ</b>									
Mahjoory (1975)	100 a 250 mm		17 a 18 °C	<i>Camelthorn</i> (arbusto) e <i>sweet-roots</i> (arbusto)	Planície aluvial	Calcário	<i>Typic Camborthids e Xerollic Calciorthids</i>	Vermiculita, clorita, mica (ilita), caulinita, mica-vermiculita e/ou mica-clorita, plagioclásio, calcita e quartzo	Estruturas em blocos angulares, prismática e blocos subangulares; concreções e nódulos carbonáticos

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argílicos/Bt em climas semiáridos e áridos.

continuação									
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Khormali et al. (2003)	341.6 mm (a), 346.8 mm (b e c), 328.2 mm (d), 224 mm (e), 338 mm (f), 288 mm (g), 173 mm (h), 856 mm (i) e 600 mm (j)	1000 mm (a), 800 mm (b e c), 1300 mm (d), 3000 mm (e), 900 mm (f), 1100 mm (g), 1500 mm (h), 900 mm (i) e 600 mm (j)	13.58 °C (a), 12.3 °C (b e c), 15.89 °C (d), 23.3 °C (e), 14.8 °C (f), 18 °C (g), 16.7 °C (h), 10.4 °C (i) e 21 °C (j)			Calcário	<i>Calcic Haploxeralfs</i> (a, b, f e g), <i>Vertic Haploxeralfs</i> (c), <i>Typic Haploxeralfs</i> (d), <i>Calcidic Haplustalfs</i> (e), <i>Calcic Argigypsid</i> (h), <i>Typic Argixerolls</i> (i) e <i>Typic Argiustolls</i> (j)	Clorita, esmectita, ilita, paligorsquita e caulinita (apenas argilas)	Estruturas angulares e prismáticas; argilãs e calcãs; mosqueamento; rachaduras; <i>slickensides</i> ; nódulos de calcita e óxidos; cristais de gipso
Khormali e Abtahi (2003)	Idem Khormali et al. (2003)	Idem Khormali et al. (2003)	Idem Khormali et al. (2003)			Calcário		Clorita, ilita, esmectita, paligorsquita, caulinita, vermiculita e ilita-esmectita	
Khademi e Mermut (2003)			5.8 a 25.8 °C		Montanha, planície aluvial e coluvial	Calcário	<i>Calcic Gypsiargidis</i>		Estruturas angulares; revestimentos de argila

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argilícos/Bt em climas semiáridos e áridos.

continuação									
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Khormali, Abtahi e Stoops (2006)	200 mm (a), 224 mm (b), 341.6 mm (c) e 600 mm (d)		16.7 °C (a), 23.3 °C (b), 13.58 °C (c) e 21 °C (d)			Calcário	<i>Calcic Argigypsis</i> (a), <i>Calcic Haplustalfs</i> (b), <i>Calcic Haploxeralfs</i> (c) e <i>Typic Argiustolls</i> (d)	Quartzo, feldspato e calcita	Estruturas em blocos subangulares; nódulos de calcita; revestimentos de argila; zonas descalcificadas; características redoxinólicas nos nódulos de calcita; óxidos Fe/Mn; mosqueado vermelho escuro
Emadi et al. (2008)	392 mm	1623 mm (média de evaporação)	14.8 °C		Planície	Calcário		Ilita, clorita, vermiculita, esmectita, paligorsquita e caulinita	Estruturas em blocos angulares; argilãs
Farpoor et al. (2012)					<i>Piedmont plain</i>	Arenito, calcário, aglomerados, turfa e fluxos de lavas	<i>Calcic Argigypsis</i>		Revestimento de argila e calcita
<b>ISRAEL</b>									
Dan (1990)	150 a 220 mm								

continua

Tabela A-1 – Solos com horizontes argilícos/Bt em climas semiáridos e áridos.

									continuação
Autor da bibliografia	Precipitação (média anual)	Evapotranspiração	Temperatura (média anual)	Vegetação	Formas de relevo/Declividade	Rocha matriz	Solo	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
<b>TURQUIA</b>									
<b>IRAQUE</b>									
Muhaimed, Aziz e Amin (2013)	360 mm		24.3 °C		Foot hill com declive de 1%	Calcário	<i>Pachic Argixerolls</i> e <i>Typic Calciargids</i>		Estruturas em blocos subangulares e angulares; películas de argila; mosqueamento; acumulações e nódulos carbonáticos
<b>ÍNDIA</b>									
Bronger e Bruhn (1990)	590 mm				Planalto			Caulinita, ilita e biotita	Argilãs
Pal, Srivastava e Bhattacharyya (2003)							<i>Typic Haplustalfs</i>	Quartzo, biotita, muscovita, feldspato e minerais pesados	Películas de argila
Ozaytekin, Mutlu e Dedeoglu (2012)	468 mm	975.4 mm (média de evaporação)	10.8 °C		Terraço com 5% de declive	Calcário	<i>Aridisols</i>	Caulinita, esmectita e ilita	Estruturas em blocos angulares;
									conclusão

<sup>1</sup> Realizou-se apenas a descrição micromorfológica.

<sup>2</sup> Não utiliza as denominações de horizonte Bt ou argílico.

Tabela A-2: Paleossolos com horizonte Bt/argílicos em paleoclimas semiáridos e áridos.

Autor da bibliografia	Unidade geológica	Rocha matriz	Idade	Solo	Ambiente deposicional	Paleoprecipitação (média anual) <sup>1</sup>	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
<b>BRASIL</b>								
Ladeira (2001)	Formação Itaqueri	Arenitos, folhelhos e conglomerados	Paleoceno-Eoceno	Argissolo	Leques aluviais e sistemas fluviais		Quartzo, opala, goethita, caulinita, microclínio, rutilo, montmorillonita, saponita, illita e rectorita	Estrutura prismática e blocos angulares; bioturbações, incluindo <i>krotovinas</i> ; nódulos; mosqueamento
Ladeira e Santos (2005)	Formação Itaqueri (Grupo São Bento)	Arenitos e conglomerados	Cenozoóico		Leques aluviais			Estruturas prismáticas; marcas de raízes; animais escavadores; cutãs; <i>krotovinas</i> ; nódulos ferruginosos
Dal' Bó e Ladeira (2006)	Formação Marília (Grupo Bauru)	Arenitos e arenitos conglomeráticos	Maastrichtiano (Cretáceo Superior)		Leques aluviais	100 a 200 mm		Estruturas nodulares, maciças, prismáticas e blocos; nódulos carbonáticos; <i>krotovinas</i> ; rizoconcreções
Brolesi (2007)	-	-	-		Leques aluviais e canais efêmeros			Estrutura prismática, blocos angulares e planares; cutãs; cerosidade; nódulos carbonáticos e argilosos; rizoconcreções; <i>krotovinas</i>
Lourenço (2007)	-	-	-	<i>Aridisol</i>	Leques aluviais			Estrutura prismática; cerosidade; bioturbações
Dal' Bó (2008)	-	-	-	<i>Aridisol</i>	Leques aluviais e sistemas lacustres efêmeros			Estruturas em blocos subangulares e angulares, laminares e prismáticas; películas de óxidos de ferro, carbonato e oxi-hidróxidos de manganês; ferriargilãs e calcãs; pápulas; nódulos; calcrete; bioturbações; cerosidade

continua

Tabela A-2: Paleossolos com horizonte Bt/argílicos em paleoclimas semiáridos e áridos.

									continuação
Autor da bibliografia	Unidade geológica	Rocha matriz	Idade	Solo	Ambiente deposicional	Paleoprecipitação (média anual) <sup>1</sup>	Mineralogia	Características morfológicas do Bt	
Brienza (2008)	-	-	-	<i>Vertisol</i> e <i>Aridisol</i>				Estruturas prismáticas e blocos; nódulos; bioturbações; cutãs; rizonconcreções; cerosidade; <i>slickensides</i>	
Basilici, Dal' Bó e Ladeira (2009)	-	-	-	<i>Aridisol</i>	Lençol de areia eólico		Paligorsquita, esmectita e sepiolita	Estruturas em blocos subangulares e angulares, prismáticas, laminares; argilãs, mangãs e calcãs; nódulos	
Dal' Bó et al. (2009)	-	-	-	<i>Aridisol</i> ( <i>Argid</i> )	Lençol de areia eólico e rios efêmeros			Estruturas em blocos angulares e subangulares e prismáticas; glébulas; bioturbações; rizoconcreções; cutãs; argilãs e calcãs; pápulas; nódulos	
Dal' Bó, Basilici e Angélica (2010)	-	-	-	<i>Alfisol</i> e <i>Aridisol</i>	Lençol de areia eólico	518 a 1078 mm	Paligorsquita, esmectita, quartzo e anatase	Estruturas angulares e subangulares e prismáticas; mangãs; películas de argila; bioturbações; nódulos	
Basilici e Dal' Bó (2010)	-	-	-	-	-			Estruturas granulares e subangulares, blocos e prismáticas; argilãs; mangãs; bioturbações	
Dal' Bó e Basilici (2010)	-	-	-	-	-	518 a 1078 mm		Estruturas prismáticas e blocos angulares e subangulares; cerosidade; pontes de argila entre os grãos; revestimentos de oxi-hidróxidos de manganês e carbonato; nódulos; escavações de animais	
Vilela (2010)	-	-	-	-	Lençol de areia eólico, sistemas fluviais efêmeros e depósitos de inundação			Estruturas prismática e blocos; cerosidade; rizólitos; <i>krotovinas</i> ; halos de redução; escavações de animais; <i>slickensides</i> ; revestimentos argila e oxi-hidróxidos de manganês	

continua

Tabela A-2: Paleossolos com horizonte Bt/argílicos em paleoclimas semiáridos e áridos.

continuação								
Autor da bibliografia	Unidade geológica	Rocha matriz	Idade	Solo	Ambiente deposicional	Paleoprecipitação (média anual) <sup>1</sup>	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Dal' Bó e Basilici (2011)	-	-	-	-	Lençol de areia eólico			Estruturas granulares, blocos angulares e subangulares e primáticas; nódulos; halos; septárias; bioturbações; revestimentos argila e oxi-hidróxidos de manganês; cerosidade
Dal Bó (2011) <sup>2</sup>								
Pavia Junior (2011)	-	-	-		Leques aluviais	304 a 850 mm		Estruturas planares, blocos angulares e prismáticas; bioturbações; rizoconcreções; revestimentos de argila; cerosidade; nódulos de argila e carbonáticos
Doce (2012)	-	-	-		Leques aluviais			Estruturas prismáticas; bioturbações; glébulas
Prandi (2012)	-	-	-	<i>Aridisols</i>	Lençol de areia eólico			Estrutura em blocos e prismáticas; nódulos; bioturbações; rizólitos; revestimentos de argila
Galhardo (2012)	-	-	-		Leques aluviais, canais entrelaçados e depósitos eólicos			Estruturas prismáticas; cerosidade; <i>krotovinas</i>
Pereira (2014)	-	-	-			<200 a 1000 mm	Quartzo, paligorsquita, calcita, hematita e goetita	Estruturas em blocos angulares e prismáticas; bioturbações; nódulos carbonáticos; <i>krotovinas</i> ; rizoconcreções; ferriargilãs; halos de redução; cerosidade
Alves (2014)	-	-	-			330 a 449 mm	Quartzo e montmorillonita	Estruturas em blocos e prismáticas; nódulos carbonáticos; bioturbações; rizoconcreções

continua

Tabela A-2: Paleossolos com horizonte Bt/argílicos em paleoclimas semiáridos e áridos.

									continuação
Autor da bibliografia	Unidade geológica	Rocha matriz	Idade	Solo	Ambiente deposicional	Paleoprecipitação (média anual) <sup>1</sup>	Mineralogia	Características morfológicas do Bt	
Pereira, Batezelli e Ladeira (2015)	-	-	-			<200 a 1000 mm	Quartzo, paligorsquita, calcita, hematita e goetita	Estruturas em blocos angulares e prismáticas; bioturbações; nódulos carbonáticos; <i>krotovinas</i> ; rizoconcreções; ferriargilãs; halos de redução; cerosidade	
Oliveira (2016)	-	-	-	<i>Inceptisol</i>	Depósitos subaquáticos não confinados			Estruturas em blocos; bioturbações; nódulos carbonáticos;	
Basilici, Dal' Bó e Oliveira (2016)	-	-	-	-	Sistemas fluviais distributários			Estruturas prismáticas e blocos angulares; rizólitos; calcãs; nódulos carbonáticos	
Silva, Batezelli e Ladeira (2015)	-	-	-				Quartzo, calcita, paligorsquita, montmorillonita, nontronita, saponita e haloisita	Estruturas em blocos, prismáticas e laminares; clastos de argila; revestimentos; nódulos; bioturbações	
Silva, Batezelli e Ladeira (2016)	-	-	-			605 mm e 881 mm			
Silva (2016)	-	-	-	-	Sistemas fluviais distributivos	271 mm a 1195 mm	Quartzo, calcita, paligorsquita, montmorillonita, nontronita, saponita e haloisita	Estruturas em blocos, prismáticas e laminares; clastos de argila; revestimentos; nódulos; bioturbações	
Silva, Batezelli e Ladeira (2017a)	-	-	-		-			Estruturas em blocos, prismáticas e laminares; clastos de argila; revestimentos; nódulos; bioturbações	
Silva, Batezelli e Ladeira (2017b)	-	-	-		-		Quartzo, calcita, paligorsquita, montmorillonita, nontronita, saponita e haloisita	Estruturas em blocos, prismáticas e laminares; clastos de argila; revestimentos; nódulos; bioturbações	
Silva, Batezelli e Ladeira (2018)	-	-	-		-		Quartzo, calcita, paligorsquita, montmorillonita, nontronita, saponita e haloisita	Estruturas em blocos, prismáticas e laminares; clastos de argila; revestimentos; nódulos; bioturbações	

continua

Tabela A-2: Paleossolos com horizonte Bt/argílicos em paleoclimas semiáridos e áridos.

continuação								
Autor da bibliografia	Unidade geológica	Rocha matriz	Idade	Solo	Ambiente deposicional	Paleoprecipitação (média anual) <sup>1</sup>	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Nascimento, Ladeira e Batezelli (2017)	-	-	-				Quartzo, feldspato, minerais pesados e fragmentos líticos	Estruturas em blocos e prismáticas; nódulos carbonáticos; revestimentos carbonáticos; bioturbações
Batezelli et al. (2018)	-	-	-	<i>Aridisol e Alfisol</i>	Sistema fluvial dominados por canais entrelaçados			Estruturas em blocos e prismáticas; rizólitos; nódulos carbonáticos
Nascimento, Batezelli e Ladeira (2019)	-	-	-					Estruturas em blocos e prismáticas; revestimentos de argila e carbonáticos; nódulos carbonáticos; rizólitos
<b>EUA</b>								
Ruhe (1964)			Pleistoceno médio					
Goss, Smith e Stewart (1973)		Calcário		<i>Torrertic Paleustolls</i>				Estruturas em blocos subangulares; concreções e revestimentos carbonáticos; muitos poros grandes
Gile (1979)			Pleistoceno					Películas de argila
Holliday (1985)			Pleistoceno				Ilita, esmectita e caulina, quartzo e feldspato	Estruturas em blocos subangulares; argilãs

continua

Tabela A-2: Paleossolos com horizonte Bt/argílicos em paleoclimas semiáridos e áridos.

continuação								
Autor da bibliografia	Unidade geológica	Rocha matriz	Idade	Solo	Ambiente deposicional	Paleoprecipitação (média anual) <sup>1</sup>	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Holliday (1985b)			Pleistoceno tardio e Holoceno	<i>Haplustalf</i> e <i>Argiustoll</i>			Ilita, esmectita e caulinita e quartzo	Estruturas em blocos subangulares e prismáticas; argilãs e calcãs
Holliday (1985c)			Holoceno	<i>Ustocrepts</i>				Estruturas em blocos subangulares; argilãs
McFadden, Wells e Dohrenwend (1986)		<i>Loess</i>	Pleistoceno					Estruturas em blocos subangulares e angulares e laminar; filmes de argila
Holliday (1990)	Formação Blackwater Draw	<i>Loess</i>	Pleistoceno	<i>Paleustalf</i>				Estruturas em blocos angulares e subangulares e prismáticas; filmes e revestimentos de argila
Ransom e Bidwell (1990)		<i>Loess</i>	Pleistoceno				Mica, mica-esmectita, esmectita e caulinita	Estruturas em blocos angulares; argilãs e calcãs
McFadden et al. (1992)		Rochas metamórficas e ígneas	Pleistoceno tardio					Estrutura em blocos angulares; filmes de argila
Eghbal e Southard (1993a)		Granito	Pleistoceno					
Eghbal e Southard (1993b)		Granito e xisto	Pleistoceno					Estruturas em blocos subangulares e angulares; filmes de argila
Bronger, Bruhn-Lobin e Heinkele (1994)			Pleistoceno	<i>Aridic Paleustalf</i> e <i>Typic Haplargid</i>				

continua

Tabela A-2: Paleossolos com horizonte Bt/argílicos em paleoclimas semiáridos e áridos.

continuação								
Autor da bibliografia	Unidade geológica	Rocha matriz	Idade	Solo	Ambiente deposicional	Paleoprecipitação (média anual) <sup>1</sup>	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
Buck e Mack (1995)	Formação McRae	Arenitos conglomeráticos, arenitos finos e argilitos	Maastrichtiano (Cretáceo Superior)	<i>Argillisols</i> e <i>Calcisols</i>				Estrutura em blocos angulares; tracos de raízes; argilãs; <i>slickensides</i> ; <i>welded-shaped peds</i> ; <i>gilgai</i> ; nódulos carbonáticos; rizólitos
Kleber (2000)		Rochas sedimentares e ígneas	Pleistoceno					Argilãs
Holliday e Rawling III (2006)			Pleistoceno tardio					Estruturas prismáticas e blocos subangulares; filmes de argila; bioturbações;
Werner, Mason e Hanson (2011)			Holoceno	<i>Alfisols</i>	Lençol de areia			
<b>ARGENTINA</b>								
Kemp e Zárate (2000)	Formação Pampean	Siltitos e siltitos argilosos	Plioceno					Estruturas em blocos e prismáticas; revestimentos de argila e óxidos de Fe/Mn; tocas de vertebrados; estruturas de tubos de invertebrados; <i>slickensides</i>
<b>ÍNDIA</b>								
Ghosh (1997)	Formação Lameta	Arenitos	Cretáceo Superior	<i>Argids</i>				Glébulas, traços de raízes, rizoconcreções; argilãs
Srivastava et al. (2013)	Formação Dagshai	Arenitos e argilitos	Oligoceno					Estruturas em blocos angulares e subangulares; revestimentos de argila; rizólitos; mosqueado; nódulos carbonáticos; <i>slickensides</i>

continua

Tabela A-2: Paleossolos com horizonte Bt/argílicos em paleoclimas semiáridos e áridos.

continuação								
Autor da bibliografia	Unidade geológica	Rocha matriz	Idade	Solo	Ambiente deposicional	Paleoprecipitação (média anual) <sup>1</sup>	Mineralogia	Características morfológicas do Bt
<b>CHINA</b>								
Bronger, Bruhn-Lobin e Heinkele (1994)				<i>Aridic Rhodustalfs</i>				
<b>PAQUISTÃO</b>								
Quade e Cerling (1995)	Formações Chinji e Nagri	Arenitos e siltitos	Mioceno tardio	<i>Alfisol</i> ou <i>Molissol</i>	Planície de inundação		Esmectita, ilita, clorita, caulinita e vermiculita	Cutãs; nodúlos carbonáticos e de ferro
<b>IÊMEN</b>								
Nettleton e Chadwick (1996)		<i>Loess</i>	Pleistoceno tardio e Holoceno	<i>Ustollic Haplargid</i> e <i>Ustochreptic Camborthid</i>				Argilãs e calcãs
conclusão								

<sup>1</sup> As estimativas de paleoprecipitação foram calculados em horizontes argílicos e ou Bt.

<sup>2</sup> A tese de doutorado de Dal Bó (2011) é equivalente aos seguintes artigos: Dal' Bó et al. (2009), Dal' Bó, Basilici e Angélica (2010), Basilici e Dal' Bó (2010), Dal' Bó e Basilici (2010) e Dal' Bó e Basilici (2011).

Fonte: Próprio autor.

## APÊNDICE B

Descrição macromorfológica

Cidade: Campina Verde (MG)

Altitude: 711 m

Coordenadas: 19° 23' 38" S, 49° 37' 05" W

Btk (0 – 31 cm)

10YR8/1, nódulos 10YR5/8, eventualmente com córtex 10R6/8, e pontos pretos isolados; arenoso; forte muito grande prismática (13x9 cm); nódulos carbonáticos comuns; matriz cimentada por carbonatos; atividade biológica (bioturbações) comum, preenchida por carbonatos, de 6 mm; matriz levemente reativa ao ácido clorídrico (HCl); abrupta e plana;

2Btk (31 – 94 cm)

10YR8/1, calcãs brancos, nódulos 10YR5/8, bioturbações 10R7/8 e eventuais manchas vermelhas 10R6/6; arenoso; forte muito grande prismática (20x14 cm); nódulos carbonáticos comuns, fortes, esféricos e irregulares; calcãs abundantes, bem desenvolvidos e fortes; atividade biológica (bioturbações) abundante; fortemente reativo ao ácido clorídrico (HCl); abrupta e plana.

3Bt (94 – 152 cm)

10YR8/1, porções mais brancas, calcãs brancos, nódulos 10YR5/8 e bioturbações 10R6/6; arenoso; forte muito grande prismática (20x14 cm); nódulos carbonáticos raros, esféricos, irregulares, duros, de 2 a 5 mm; calcãs raros; atividade biológica (bioturbações) comum; matriz fracamente reativa e calcãs e nódulos fortemente reativos ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana;

3Btk (152 – 190 cm)

10YR8/1, nódulos 10YR5/8 (córtex) e 10YR4/4 (borda), e bioturbações 10R6/6; arenoso; moderada muito grande prismática (15x9 cm); nódulos carbonáticos abundantes, esféricos e irregulares, de 2 mm a 4 cm; atividade biológica (bioturbações) comum, que predomina a morfologia horizontal; nódulos são reativos ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

3Ck (190 – 320 cm)

10YR8/1, porções mais brancas, nódulos 10YR5/8 e pontos pretos isolados; arenoso; nódulos carbonáticos abundantes, esféricos, irregulares, de 2 mm a 1 cm.

Cidade: Itajá (GO)

Altitude: 558 m

Coordenadas: 19° 03' 01" S, 51° 34' 21" W

Bt1 (0 – 49 cm)

10R6/8, cimento carbonático 10R8/1 e películas negras associadas; arenoso; forte grande blocos (3 a 5 cm); atividade biológica (bioturbações) comum, preenchidas por calcita, de 5 a 8 mm; matriz levemente cimentada por carbonatos; matriz fortemente reativa ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

Bt2 (49 – 76 cm)

10R6/6, cimento carbonático 5YR8/1 e películas negras associadas as porosidades entre os *peds*; arenoso; forte grande e média prismática (10x15 cm e 5x7 cm); atividade biológica (bioturbações) comum, preenchidas por calcita, de 5 a 8 mm; matriz levemente reativa e películas fortemente reativas ao ácido clorídrico (HCl); abrupta plana, com presença de um nível de maior concentração de carbonatos.

Bt3 (76 – 164 cm)

Cores variegadas 10R5/8 e 10R5/2, e películas 10R8/1, como se fossem cerosidade; arenoso; forte muito grande prismática (30x18 cm); atividade biológica (bioturbações) rara, preenchidas por calcita, de 5 mm; não reativo ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

2Bt (164 – 274 cm)

Cores variegadas 10R5/2 e 10R6/6, com cavidades preenchidas por material negro; arenoso; forte muito grande prismática (30x18 cm); atividade biológica (bioturbações) abundante, normalmente preenchidas por calcita, de até 1 mm e cavidades de até 10 cm; plana e gradual.

2C (274 – 364+ cm)

10R4/3, bioturbações 5YR5/6, películas brancas de calcita 5YR8/1 e negras; arenoso; maciço; atividade biológica (bioturbações) comum, preenchidas por calcita (inclusive verde), de até 1 mm.

Cidade: Quirinópolis (GO)

Altitude: 633 m

Coordenadas: 18° 24' 25" S, 50° 26' 24" W

Perfil 5

Bt1 (0 – 170 cm)

10R5/4, com películas 10R8/1 e bioturbações 7,5YR8/2; arenoso; forte muito grande blocos (12x12 cm), composta de forte grande blocos (4x4 cm); cerosidade forte, abundante e clara, associada a todos os *peds*; calcita espática nos contatos dos *peds*, que deve ser um processo posterior; atividade biológica (bioturbações) comum, preenchidas por carbonatos, de 4 a 8 mm; cerosidade não reativa ao ácido clorídrico (HCl); gradual e plana.

Bt2 (170 – 260 cm)

10R6/3, com películas 10R8/1; arenoso; forte muito grande blocos, e forte muito grande prismática, ambas de até 16 cm, composta de forte muito grande blocos (6 cm); cerosidade forte, clara e abundante; percebe-se o aumento da presença de calcita espática associada os *peds*; atividade biológica (bioturbações) comum, preenchidas por carbonatos, de 4 a 8 mm; gradual e plana.

C (260 – 380 cm)

10R6/3; arenoso; maciço; cerosidade fraca, e desaparece para a base; atividade biológica (bioturbações) comum, preenchida por carbonatos; abrupta e plana com os conglomerados.

Perfil 11

Bss1 (0 – 62 cm)

10R6/8, halos de redução 7,5YR8/1 e películas pretas no entorno dos *peds*; argiloso; moderado grandes e muito grande cuneiforme, composta de moderado grande blocos; muito plástico e pegajoso; *slickensides* (fortemente desenvolvidos); atividade biológica

(bioturbações) comum, com halos de redução, preenchidas por areia, entre 2 a 5 mm; clara e plana.

Bss2 (62 – 139 cm)

10R5/8, com mosqueamento associado a bioturbações 10YR8/1 e películas negras; argiloso; moderado grande cuneiforme, composta de moderado médio a pequeno blocos; muito plástico e pegajoso; *slickensides* (fortemente desenvolvidos); atividade biológica (bioturbações) comuns, com halos de redução, preenchidas por areia, entre 2 a 5 mm; clara e plana.

C (139 – 229 cm)

10R4/8 e 10R5/4, com películas pretas ao longo de fraturas e brancas; areno-argilosa; maciço; ligeiramente plástico e pegajoso; atividade biológica (bioturbações) rara, associadas a halos de redução, de 5 mm; esse nível lateralmente desfaz-se formando blocos que lembram Bt.

Cidade: Botucatu (SP)

Altitude: 836 m

Coordenadas: 22° 52' 52" S, 48° 28' 01" W

Bt (0 – 72 cm)

5YR8/1, porções 5YR8/3 e clastos de argila 2,5YR4/6; arenoso; mal selecionado; grãos subarredondados com clastos isolados de quartzo, de 5 mm, e raramente de até 3 cm; forte grande a muito grande blocos angulares (5 a 10 cm), cimentados por carbonatos; nódulos carbonáticos abundantes, esféricos, de 0,5 a 2,5 cm, alguns podem corresponder a rizólitos; atividade biológica (bioturbações) abundante, normalmente preenchida por areia e, eventualmente, por calcita espática, de 4 a 6 mm; nódulos fortemente reativos e matriz fracamente reativa ao ácido clorídrico (HCl); limite inferior do horizonte corresponde a um nível de clastos de argila (provavelmente de alteração de basalto e de quartzo) e, eventualmente, clastos intraformacionais carbonáticos, que não limitam a pedogênese superior; abrupta e plana.

2Btk (72 – 150 cm)

5YR8/1, porções 5YR8/4 e clastos de argila 2,5YR4/6; arenoso; mal selecionado; grãos subangulares com clastos de quartzo e argila, de 3 mm a 4 cm, aparentemente basálticos; forte grande a muito grande prismática (20x10 cm e 30x12 cm); nódulos carbonáticos abundantes,

esféricos, de 0,5 a 2,5 cm, alguns podem corresponder a rizólitos; atividade biológica (bioturbações) abundante, normalmente preenchida por areia e, eventualmente, por calcita espática, de 4 a 6 mm; nódulos fortemente reativos e matriz fracamente reativa ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

2Bt/C (150 – 175 cm)

7,5YR8/1, porções brancas e clastos de argila 2,5YR4/6; arenoso; mal selecionado; grãos subarredondados e subangulares com clastos de quartzo, basalto e argila, de 3 mm a 1 cm; fraco grande blocos angulares; nódulos carbonáticos muito abundantes, esféricos, de 0,5 a 2,5 cm, alguns podem corresponder a rizólitos; atividade biológica (bioturbações) rara, preenchida por calcita e submilimétrica; nódulos fortemente reativos e matriz fracamente reativa ao ácido clorídrico (HCl); a base corresponde a um conglomerado com clastos intraformacionais de argila e quartzo, de até 10 cm.

Cidade: Echaporã (SP)

Altitude: 636 m

Coordenadas: 22° 22' 43" S, 50° 11' 27" W

Bt1 (0 – 36 cm)

10R8/4, cerosidade 10R8/2, nódulos 10R2,5/1 e bioturbações 10R8/4; arenoso; moderadamente selecionado; grãos subarredondados e subangulares; forte muito grande blocos (7 e 15 cm); nódulos carbonáticos raros de 3 mm; cerosidade forte e abundante; atividade biológica (bioturbações) comum, preenchida por areia esbranquiçada, de 3 a 6 mm; matriz não reativa, cerosidade levemente reativa e nódulos fortemente reativos ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

Bt2 (36 – 75 cm)

10R6/8, manchas 10R8/4, cerosidade 10R8/2 e bioturbações 10R8/1; arenoso; moderadamente selecionado; grãos subarredondados e subangulares; forte muito grande prismática (23x16 cm), composta de forte muito grande blocos (8 cm); cerosidade forte e abundante; atividade biológica (bioturbações) abundante, preenchida por areia e material carbonático, de 3 a 6 mm; matriz não reativa e bioturbações levemente reativas ao ácido clorídrico (HCl); plana e abrupta.

C (75 – 141+ cm)

Cores variegadas 10R8/4 e 10R8/2, nódulos e bioturbações brancos; arenoso; mal selecionado; grãos subangulares a subarrendondados; maciço; cimento carbonático; atividade biológica (bioturbações) rara, de 1 mm; matriz não reativa e porções brancas reativas ao ácido clorídrico (HCl).

Cidade: Garça (SP)

Altitude: 590 m

Coordenadas: 22 13' 45" S, 49° 40' 23" W

Bt (0 – 56 cm)

10R6/6, e cerosidade 10R8/1; arenoso com grãos de areia fina subarrendondados; bem selecionado; forte muito grande prismática (19x11 cm); clastos milimétricos isolados de quartzo e argila; cerosidade forte e abundante; atividade biológica (bioturbações) comum, na forma de *krotovinas*, de 5 mm; cerosidade levemente reativa ao ácido clorídrico (HCl); abrupta e plana.

Btk (56 – 89 cm)

10R6/8, e cerosidade 10R8/1; arenoso; mal selecionado; grãos subarrendondados; forte muito grande prismática (15x10 cm); cerosidade forte e abundante; atividade biológica (bioturbações) comum, na forma de *krotovinas*, de 5 a 8 mm; não reativo ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

Ck (89 – 195 cm)

10R8/2, 10R7/4 e nódulos 5YR7/6; arenoso; mal selecionado; grãos subarrendondados; maciça; nódulos carbonáticos comuns de 5 cm; atividade biológica (bioturbações) comum, na forma de *krotovinas* (posicionadas verticalmente), eventualmente, preenchidas com calcita, de 5 a 8 mm; nódulos são reativos ao ácido clorídrico (HCl).

Cidade: Herculândia (SP)

Altitude: 504 m

Coordenadas: 22° 03' 38" S, 50° 20' 58" W

## 1Btg (0 – 20 cm)

2,5YR8/2, e mosqueados abundantes 2,5YR6/6; arenoso; mal selecionado; grãos subarrendondados e subangulares; moderada muito grande laminar (30x10 cm), composta de moderada muito grande blocos (10 cm); atividade biológica (bioturbações) abundante, com halos de oxidação de cor vermelha, preenchidas por areia média, de 1 a 5 mm; partes brancas são fortemente reativas e vermelhas fracamente reativas ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

## 2Btg (20 – 62 cm)

10R5/8, manchas 10R8/2, películas pretas, provavelmente de manganês, e bioturbações vermelhas; argilo-arenosa; bem selecionado; grãos de areia fina subarredondados; forte muito grande blocos (6 cm); atividade biológica (bioturbações) abundante, com halos de redução, preenchidas por areia média, de 2 a 8 mm; reativo ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

## 2Cg (62 – 101+ cm)

10R4/6, mosqueados 10R8/2, tubos de raízes brancos; arenoso; mal selecionado; grãos subarrendondados e subangulares; maciça; atividade biológica (bioturbações) comum, na forma de *krotovinas*, com halos de redução, preenchidas por areia média, de 5 mm; reativo ao ácido clorídrico (HCl).

Cidade: Monte Alto (SP)

Altitude: 585 m

Coordenadas: 21° 14' 16" S; 48° 34' 16" W

## Perfil 1

## Bt (0 – 126 cm)

10R4/6, pequenas porções 2,5YR4/8 e películas de manganês negras; areia com matriz argilosa; forte grande a muito grande blocos, e forte grande a muito grande prismática (superficial), composta por forte muito grande blocos, e forte muito grande prismática (interno), definidos por planos com películas de manganês; películas de argila; *slickensides*; não foi identificado atividade biológica.

Cidade: Monte Alto (SP)

Altitude: 690 m

Coordenadas: 21° 15' 22" S, 48° 32' 46" W

#### Perfil 2

Bk (0 – 21 cm)

10R5/6, nódulos com centro preto e córtex 10R5/8 e películas brancas de carbonato; arenoso; mal selecionados; forte grande laminar, com os poros interagregados cimentados por carbonatos; nódulos carbonáticos de 1 a 3 cm, com o centro preto e córtex vermelho; atividade biológica (bioturbações) rara, de 4 cm, preenchida por carbonatos; moderadamente reativo ao ácido clorídrico (HCl); transição clara e plana.

C (21 – 28 cm)

10R6/8, e clastos de argila 10R4/8; arenoso; mal selecionado; maciço; os clastos de argila possuem veios de calcita; atividade biológica (bioturbações) rara, de 4 cm, preenchida por carbonatos; matriz levemente reativa e veios de calcita fortemente reativos ao ácido clorídrico (HCl); plana e abrupta.

2Bt (28 – 119 cm +)

10R7/8, calcãs 10R8/4 e *krotovinas* 10R3/6; arenoso; mal selecionado; forte grande a muito grande prismática; calcãs; atividade biológica (bioturbações) na forma de *krotovinas*, de 1 a 3 cm, preenchidas por areia vermelha; *krotovinas* são reativas ao ácido clorídrico (HCl).

Cidade: Monte Alto (SP)

Altitude: 631 m

Coordenadas: 21° 16' 14" S, 48° 32' 36" W

#### Perfil 3

Btk (0 – 67 cm)

10R7/4, nódulos carbonáticos brancos e pequenas porções 10R4/8, que correspondem ao córtex de alguns nódulos; arenoso; mal selecionado, entretanto as porções vermelhas são argilosas (no contato apenas com os nódulos); forte muito grande prismática (17x15 cm e 20x15 cm); nódulos carbonáticos abundantes, de 4 cm; atividade biológica (bioturbações) na

forma de rizólitos, de 5 mm, preenchidos por carbonatos; fortemente reativo ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

Bt (67 – 137 cm)

10R5/8, *krotovinas* 10R4/8 e o córtex branco; arenoso; forte grande a muito grande blocos (até 15 cm); atividade biológica (bioturbações) abundante, na forma de *krotovinas*, de 5 mm; moderadamente reativo ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

Bt/C (137 – 207 cm)

10R6/8; arenoso; mal selecionado; fraca muito grande prismática (18x12 cm) com superfícies mais retilíneas, composta de fraca grande blocos (5x6 cm), também com planos retilíneos; atividade biológica (bioturbações) rara, e na forma de *krotovinas*; não reativo ácido clorídrico (HCl).

Cidade: Piratininga (SP)

Altitude: 703 m

Coordenadas: 22° 26' 13" S, 49° 08' 17" W

Bss1 (0 – 36 cm)

10R4/6, cores de oxirredução associadas a marcas de raízes G28/5GB e G28/5PB, e cerosidade 5YR8/2; argilo-arenosa com grãos dispersos de areia fina; forte muito grande blocos (15 cm), composta de forte média blocos; cerosidade forte e abundante, normalmente na forma de película, e raramente com evidência de fricção; atividade biológica (bioturbações) comum, associadas a halos de oxirredução, de 5 mm; bioturbações são reativas ao ácido clorídrico (HCl); clara e plana.

Bss2 (36 – 69 cm)

10R4/6, áreas de oxirredução isoladas G18/5GY e películas de cerosidade 5YR8/2; argilo-arenosa; moderado muito grande blocos angulosos (10 cm) e, cuneiformes; cerosidade forte e abundante na forma de películas de manganês ao longo dos *peds*; *slickensides*; cerosidade levemente reativa ao ácido clorídrico (HCl); abrupta e plana.

C (69 – 102 cm)

10YR5/8; areno-argilosa; mal selecionado; grãos subarredondados; maciço.

## APÊNDICE C

### Descrição micromorfológica

#### Campina Verde – Btk

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), albita (predominante), microclínio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por cimento de calcita. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, ocorrem associados aos grãos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitônica e porfírica (aberta e fechada) (*c/f*), pontualmente justapostas, com grãos aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de calcita são do tipo capeamento e pendente, textura de argila límpida, não laminados e ocasionais. Foram identificados nódulos carbonáticos, disórticos, típicos e moderadamente impregnados.

#### Campina Verde – 2Btk

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), albita (predominante), microclínio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por cimento de calcita (predominante) e argilominerais

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e porfírica (aberta e fechada) (*c/f*), com grãos aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos e são preenchidos por quartzo, feldspato e acumulações não agregadas de argilominerais. Os grãos estão cimentados por carbonato de cálcio. Foram identificados nódulos carbonáticos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

Campina Verde – 3Bt

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por cimento de calcita. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, ocorrem associados aos grãos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica e porfírica (aberta e fechada) (*c/f*), pontualmente justapostas, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica (predominante) e estriada (granoestriada), em algumas partes da lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de calcita são do tipo capeamento de ligação, capeamento e pendente, textura de argila límpida, não laminados e ocasionais, e revestimentos de argila do tipo de capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminado e raros. Também ocorrem características de estresse.

Campina Verde – 3Btk

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), albita (predominante) e microclínio

(raro), minerais pesados e fragmentos líticos (raro). A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por cimento de calcita. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, ocorrem associados aos grãos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), canais e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões de distribuição são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e gefúrica e porfírica (aberta e fechada) (*c/f*), pontualmente justapostas, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica (predominante) e estriada (granoestriada), em algumas partes da lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de calcita são do tipo capeamento de ligação, textura de argila límpida, não laminados e raros. Também ocorrem características de estresse.

#### Campina Verde – 3Ck

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), albita (predominante) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia grossa, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por cimento de calcita.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e porfírica (aberta e fechada) (*c/f*), pontualmente justapostas, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica (predominante) e estriada (granoestriada), em algumas partes da lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Características de estresse.

#### Itajá – Bt1

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (predominante) e ondulante (comum), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a arredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro (predominante) e cimento de calcita. As concentrações dos materiais finos, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos e poros. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos, e pouco frequentemente com grãos associados.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros empacotamento simples (predominantes) e complexo e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória/aleatória e agrupada/aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica, porfírica aberta e enáulica (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e muito abundantes. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos, possuem forma circular predominante e são constituídos por quartzo, feldspato, nódulos oxídicos e microagregados de argila. Os grãos estão cimentados por carbonato de cálcio. Há também preenchimentos do tipo solto contínuo, aderentes e compostos por grãos de quartzo e nódulos oxidícos. Foram identificados nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

#### Itajá – Bt2

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), microclínio (raro), ortoclásio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média,

moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a arredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro (predominante) e cimento de calcita. As concentrações de material fino, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos, e pontualmente nos poros. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos, e raramente podem estar preenchidos por grãos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e complexo e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões de distribuição são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitto-gefúrica, porfírica (aberta e fechada) e enáulica (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e muito abundantes. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos, possuem forma circular predominante e são preenchidos por quartzo, microagregados de argila e nodúlos oxídicos. Os grãos estão cimentados por carbonato de cálcio. Ocorrem nodúlos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

#### Itajá – Bt3

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (predominante) e ondulante (comum), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), ortoclásio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro (predominante) e, raramente, cimento de calcita. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos, e

eventualmente nos poros. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), composto e complexo e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica e enáulica (*c/f*), com grãos unidos por pontes de plasma e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e muito abundantes. Foram identificados nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

#### Itajá – 2Bt

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), microclínio (predominante), albita (comum) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a arredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro (predominante) e, raramente, cimento de calcita. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos, e eventualmente nos poros. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), composto e complexo e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica e enáulica (*c/f*), pontualmente justapostas, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e indiferenciada.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e muito abundantes. Ocorrem nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

#### Itajá – 2C

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), albita (predominante), microclínio (comum) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a arredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro (predominante) e cimento de calcita. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos, e pontualmente nos poros. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos, e pouco frequentemente com grãos associados.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), composto e complexo e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões de distribuição são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica, porfírica fechada e enáulica (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos do esqueleto unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e ocasionais a muito abundantes. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos, possuem forma circular predominante, e são compostos por quartzo, microagregados de argila e nódulos oxídicos.

#### Quirinópolis – Perfil 5 – Bt1

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média,

moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro e cimento de calcita (predominante). As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos, e pontualmente nos poros. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e complexo e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitogefúrica, porfírica (aberta e fechada) e enáulica (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e cristalítica (algumas partes).

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e muito abundantes. Também ocorrem características de estresse. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos e constituídos de carbonato de cálcio. Foram identificados nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

Quirinópolis – Perfil 5 – Bt2

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a arredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos, e pontualmente nos poros. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e complexo e canais

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitogefúrica mista, porfírica (aberta e fechada) e enáulica (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de argila, e domínios argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada e poroestriada).

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e muito abundantes. Ocorrem nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

#### Quirinópolis – Perfil 5 – C

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro (predominante) e cimento de calcita. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais, óxidos e grãos da fração grossa.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e complexo e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões de distribuição são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitogefúrica, porfírica (aberta e fechada) e enáulica (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de plasma e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica e estriada (granoestriada), mas apenas em alguns pontos da lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente e típico, textura de argila turva, não laminados e muito

abundantes. Também ocorrem características de estresse. Os preenchimentos são do tipo denso completo, aderentes, possuem forma elíptica aproximada e são preenchidos por quartzo e poucos microagregados de argilominerais. Foram identificados nódulos oxídicos, órticos e disórticos, típicos e fortemente impregnados.

#### Botucatu – Bt

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (predominante), ondulante (comum), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (comum), fragmentos líticos e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta de cimento de calcita (predominante) e, raramente, argilominerais. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados e marrons, compostos por argilominerais e óxidos

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória e agrupada/aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitônica e porfírica fechada (*c/f*), pontualmente transicionais, com grãos circundados por argila ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica e estriada (granoestriada), mas apenas em alguns pontos da lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e raros. Também ocorrem características de estresse. Foram identificados nódulos carbonáticos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

#### Botucatu – 2Btk

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (comum), pertita (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia grossa, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta cimento de calcita (predominante) e, raramente, argilominerais. Ocorrem clastos de argilominerais.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes), canais e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida (referida/orientação) e porfírica fechada (*c/f*), com grãos aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica e estriada (granoestriada) na maior parte lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Identificaram-se características de estresse.

Botucatu – 2Bt/C

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (comum), microclínio (predominante), fragmentos líticos e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é pouco representativa. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos, e raramente associados a poros. Ocorrem clastos e domínios de argilominerais.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e câmaras.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitônica (*c/f*), com grãos circundados por argila.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada).

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo pendente, textura de argila turva, não laminados e raros. Identificaram-se características de estresse. Ocorrem feições de excrementos, moderadamente selecionado, variabilidade média, acinzentados, contraste proeminente e forte, na forma de glóbulos e cilindros curtos, bem arredondado a arredondado, esférico a subesférico, rugosidade superficial alisada, coalescentes e microagregados muito porosos. Foram verificados dois agrupamentos de feições de excrementos, isoladas nas lâminas, que destoam da fração grossa e fina que preenchem as demais partes da lâmina. Esses agrupamentos são compostos por poros em

câmaras, que se conectam entre si, ocupados pelos excrementos, e ainda há um material avermelhado (argilominerais) que limita a rede de porosidade.

#### Echaporã – Bt1

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (comum), albita (predominante), microclínio (predominante), pertita (raro), fragmentos líticos e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia fina, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos. Ocorrem acumulações pouco agregadas de argilominerais e óxidos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e compostos e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitogefúrica (*c/f*), com grãos unidos por pontes de argila, e domínios de material fino não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada), mas apenas em alguns pontos da lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e numerosos. Também ocorrem hiporevestimentos externos, do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros. Identificaram-se características de estresse. Foram identificados nódulos oxídicos, órticos, típicos e concêntricos e fortemente impregnados.

#### Echaporã – Bt2

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), fragmentos líticos e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia fina, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são

frequentes em torno dos grãos, e raramente associados a poros. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e compostos e canais.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica (*c/f*), com grãos unidos por pontes de argila, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada), mas apenas em alguns pontos da lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento, pendente, típico, textura de argila turva, não laminados e numerosos. Identificaram-se características de estresse. Ocorrem nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

#### Echaporã – C

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (raro), pertita (raro), fragmentos líticos e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos, e outras acumulações pouco agregadas da mesma composição.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes).

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica (*c/f*), com grãos unidos por pontes de argila e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada), mas apenas em alguns pontos da lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e numerosos. Identificaram-se características de estresse. Ocorrem nódulos oxídicos, órticos, concêntricos e fortemente impregnados.

Garça – Bt

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (raro), pertita (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro e cimento de calcita (predominante). As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e compostos e planares.

**MICROESTRUTURA:** Foram identificadas microestruturas em formato de blocos subangulares, altamente separados, pedalidade bem desenvolvida, parcialmente acomodados, subarredondados e agrupados. As estruturas são constituídas por grãos de quartzo e argilominerais. Os poros interagregados são planares, do tipo oblíquos.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitogefúrica e porfírica aberta (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de argila ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica na maior parte da lâmina e estriada (granoestriada).

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e ocasionais. Identificaram-se características de estresse. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos e compostos por argilominerais e poucos grãos de quartzo. Os grãos estão cimentados por carbonato de cálcio.

#### Garça – Btk

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (comum) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais e cimento de calcita (predominante). As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos, e também nos poros, numa proporção inferior. Ocorrem acumulações de material fino pouco agregadas, avermelhadas, compostos por argilominerais.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e compostos e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitogefúrica e porfírica aberta (*c/f*), pontualmente transicionais, com grãos unidos por pontes de argila ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica na maior parte lâmina e estriada (granoestriada e poroestriada).

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de calcita são do tipo capeamento de ligação, textura de argila límpida, não laminados e ocasionais. Identificaram-se características de estresse. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos e compostos por argilominerais e carbonato de cálcio.

#### Garça – Ck

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), fragmentos líticos e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais e cimento de calcita (predominante). As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos. Ocorrem acumulações de material fino pouco agregadas, avermelhadas, compostos por argilominerais.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e compostos e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica e porfírica (aberta e fechada) (*c/f*), pontualmente transicionais e/ou justapostas, com grãos unidos por pontes de argila ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica na maior parte lâmina e estriada (granoestriada).

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e numerosos. Os quasirevestimentos de argila são de grãos externos, do tipo capeamento de ligação e numerosos. Identificaram-se características de estresse. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos e compostos por argilominerais. A feição está cimentada por carbonato de cálcio.

Herculândia – 1Btg

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (comum), albita (predominante), microclínio (comum), pertita (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia fina, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais e cimento de calcita (predominante). As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes) e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões de distribuição são aleatória (base), não referida e cutânica (referida/orientação), gefúrica e porfírica aberta (*c/f*), em algumas partes da lâmina.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) na maior parte lâmina e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros.

## Herculândia – 2Btg

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (comum), albita (predominante), microclínio (comum) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais (predominante) e cimento de calcita. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes) e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e porfírica aberta e gefúrica (*c/f*), em algumas partes da lâmina.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros. Ocorrem nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

## Herculândia – 2Cg

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (comum), albita (predominante), microclínio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais (predominante) e cimento de calcita.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes) e simples e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida (referida/orientação) e porfírica fechada (*c/f*) com grãos aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) na maior parte lâmina e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros. Identificaram-se características de estresse.

#### Monte Alto – Perfil 1 – Bt

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), albita (predominante), microclínio (comum), fragmentos líticos (raro) e minerais pesados (raro). A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro. As concentrações da fração fina, na forma de revestimentos, possuem orientação forte e contínua e estão associados aos poros.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes) e simples e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), aleatória e cutânica (referida/orientação), porfírica aberta e enáulica (*c/f*), geralmente justapostas.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica na maior parte lâmina, e estriada, do tipo granoestriada e poroestriada.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo crescente, textura de argila límpida, fábrica interna laminada, orientação das lâminas paralela, extinção das linhas nítida e abundantes. Identificaram-se características de estresse. Os preenchimentos são do tipo solto contínuo, discretos, possuem forma elíptica aproximada, e preenchidos por quartzo e poucos microagregados de argilominerais e óxidos. Foram identificados nódulos oxidicos, órticos, típicos e concêntricos cruzados, fortemente impregnados e numerosos.

#### Monte Alto – Perfil 2 – Bk

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), albita (predominante), microclínio (comum) e minerais pesados (raro). A lâmina apresenta textura de areia grossa, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro e cimento carbonático (predominante). As concentrações da fração fina, na forma de

revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos, e também podem estar associadas aos poros.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes) e simples e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitogefúrica e porfírica (aberta e fechada) (*c/f*), geralmente justapostas, com grãos unidos por pontes de argila.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica e estriada, do tipo granoestriada.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e abundantes. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos e compostos por argilominerais (com maior agregação em algumas partes) e óxidos, e por grãos de quartzo em algumas feições. Os grãos estão cimentados por carbonato de cálcio. Foram identificados nódulos carbonáticos, disórticos, típicos e moderadamente impregnados.

Monte Alto – Perfil 2 – C

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (comum) e minerais pesados (raro). A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro e cimento de calcita (predominante). As concentrações de material fino, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua/estriada, são frequentes em torno dos grãos, e também podem estar associadas aos poros.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e composto e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e gefúrica e porfírica (aberta e fechada), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica e estriada, do tipo granoestriada.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros. Identificaram-se características de estresse.

Monte Alto – Perfil 2 – 2Bt

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum) e ondulante (predominante), albita (predominante), microclínio (raro) e minerais pesados (raro). A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro e cimento de calcita (predominante). As concentrações de material fino, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos. Ocorrem agregados de argila, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros planares (predominantes).

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitto-gefúrica, porfírica fechada e enáulica (*c/f*), geralmente justapostas, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e muito abundantes. Os quasirevestimentos são de grãos externos, do tipo capeamento de ligação e ocasionais. Identificaram-se características de estresse. Os preenchimentos são do tipo denso completo, aderentes e cimentados por carbonato de cálcio. Essas feições conectam-se em algumas partes da lâmina.

Monte Alto – Perfil 3 – Btk

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante) e quartzo policristalino (comum), albita (predominante), microclínio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro e cimento de calcita (predominante). As concentrações de material fino, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e composto e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitônica, porfírica (aberta e fechada) e enaúlica (*c/f*), eventualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de argila ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio, e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica e estriada (granoestriada) na maior parte lâmina.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e ocasionais. Foram identificados nódulos carbonáticos, órticos, típicos e moderadamente impregnados. Identificaram-se características de estresse.

#### Monte Alto – Perfil 3 – Bt

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), albita (predominante), microclínio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro e cimento de calcita (predominante). As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos. Ocorrem agregados de material fino, com orientação não resolvível e manchada, avermelhados, compostos por argilominerais e óxidos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e composto e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quitô-gefúrica, enaúlica e porfírica fechada, eventualmente

transicionais e/ou justapostas, com grãos unidos por pontes de argila ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio e domínios de argila cintilantes não orientados.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é cristalítica e estriada (granoestriada), este último com birrefringência fraca.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e abundantes. Ocorrem nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

Monte Alto – Perfil 3 – Bt/C

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (comum) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro (predominante) e cimento de calcita. As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são frequentes em torno dos grãos.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e composto e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e quito-gefúrica e porfírica fechada (*c/f*), pontualmente justapostas e/ou transicionais, com grãos unidos por pontes de argila e/ou aprisionados por cimentação de carbonato de cálcio.

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) na maior parte lâmina e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, capeamento e pendente, textura de argila turva, não laminados e raros. Identificaram-se características de estresse. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos e compostos por calcita esparítica. Foram identificados nódulos oxídicos, órticos, típicos e fortemente impregnados.

Piratininga – Bss1

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita

(comum), microclínio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais (predominante) com óxidos de ferro (menor quantidade) e cimento de calcita. Ocorrem separações do material fino devido sua reorganização, que foram consideradas como *slickensides*.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento simples (predominantes) e composto e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida (referida/orientação) e porfírica aberta (*cf*).

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada e paralela) e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Identificaram-se características de estresse. Os preenchimentos são do tipo denso completo, discretos e compostos por carbonato de cálcio. Essas feições conectam-se em algumas partes da lâmina.

#### Piratininga – Bss2

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracteriza por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), quartzo policristalino (raro), albita (predominante), microclínio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro (menor quantidade). Ocorrem separações do material fino devido sua reorganização, que foi considerada como *slickensides*.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes) e simples e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e porfírica aberta (*cf*).

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo típico, textura de argila turva, não laminados e raros. Identificaram-se características de estresse. Os

preenchimentos são do tipo solto descontínuo, discretos e possuem agregados de material fino dispersos nos poros, com formato elíptico aproximado.

Piratininga – C

**MATERIAL GROSSO:** A fração grossa é caracterizada por quartzo monocristalino com extinção reta (comum), ondulante (predominante), albita (predominante), microclínio (raro) e minerais pesados. A lâmina apresenta textura de areia média, moderadamente a pobremente selecionada, com grãos subangulares a subarredondados e baixa esfericidade.

**MATERIAL FINO:** A fração fina é composta por argilominerais com óxidos de ferro (menor quantidade). As concentrações de argila, na forma de revestimentos, com orientação forte e contínua, são raras associadas aos grãos. Há acumulações pouco agregadas de argilominerais.

**POROSIDADE:** A porosidade é representada por poros de empacotamento compostos (predominantes) e simples e planares.

**DISTRIBUIÇÃO/ORIENTAÇÃO:** Os padrões são aleatória (base/orientação), não referida e cutânica (referida/orientação) e gefúrica (*c/f*).

**FÁBRICA BIRREFRINGENTE:** A fábrica birrefringente é estriada (granoestriada) e cristalítica.

**CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS:** Os revestimentos de argila são do tipo capeamento de ligação, textura de argila turva, não laminados e raros. Identificaram-se características de estresse. Os preenchimentos são do tipo solto descontínuo, discretos e compostos por argilominerais.

## APÊNDICE D

Tabela D-1 – Relações de intemperismo molecular dos perfis de paleossolos em Monte Alto (SP), Botucatu (SP), Piratininga (SP), Garça (SP), Echaporã (SP), Herculândia (SP), Quirinópolis (GO), Itajá (GO) e Campina Verde (MG).

	Hidrólise	Oxidação
<b>Minas Gerais</b>		
<i>Campina Verde</i>		
<b>Btk</b>	6.5	0.3
<b>2Btk</b>	13.7	0.3
<b>3Bt</b>	2.5	0.2
<b>3Btk</b>	6.9	0.2
<b>3Ck</b>	19.7	0.4
<b>Ck</b>	6.5	0.3
<b>Goiás</b>		
<i>Itajá</i>		
<b>Bt1</b>	23.1	0.6
<b>Bt2</b>	3.5	0.6
<b>Bt3</b>	3.2	0.7
<b>2Bt</b>	12	0.5
<b>2C</b>	4.1	0.5
<i>Quirinópolis</i>		
<b>P5 - Bt1</b>	7.15	0.72
<b>P5 - Bt2</b>	4.9	0.7
<b>P5 - C</b>	9.3	0.7
<b>P11 - Bss1</b>	0.8	0.5

continua

	continuação	
	Hidrólise	Oxidação
<b>P11 - Bss2</b>	0.8	0.4
<b>P11 - C</b>	0.7	0.7
<b>São Paulo</b>		
<i>Botucatu</i>		
<b>Bt</b>	5.4	0.2
<b>2Btk</b>	17.7	3.2
<b>2Bt/C</b>	3.3	0.2
<i>Echaporã</i>		
<b>Bt1</b>	8.7	0.2
<b>Bt2</b>	1.5	0.2
<b>C</b>	1.9	0.2
<i>Garça</i>		
<b>Bt</b>	1.76	0.2
<b>Btk</b>	16.1	0.3
<b>Ck</b>	2.3	0.1
<i>Herculândia</i>		
<b>1Btg</b>	3.3	0.2
<b>2Btg</b>	3.4	0.2
<b>2Cg</b>	3.4	0.2
<i>Monte Alto</i>		
<b>P1 - Bt</b>	1.05	0.3
<b>P2 - Bk</b>	10.2	0.3
		continua

	continuação	
	Hidrólise	Oxidação
<b>P2 - C</b>	1.7	0.2
<b>P2 - 2Bt</b>	5.7	0.2
<b>P3 - Btk</b>	6.4	0.2
<b>P3 - Bt</b>	3.8	0.2
<b>P3 - Bt/C</b>	2.1	0.2
<i>Piratininga</i>		
<b>Bss1</b>	5.8	0.3
<b>Bss2</b>	1.2	0.3
<b>C</b>	1.3	0.3

conclusão

\* As abreviações P1, P2, P3, etc. tratam-se do número do perfil de paleossolo.