



Universidade de Brasília – UnB  
Instituto de Geociências – IG  
Programa de Pós-Graduação em Geologia – PPGG

**Coprólitos da Formação Adamantina, Cretáceo  
Superior do Grupo Bauru, Estado de São Paulo, Brasil**

**Fábio Antônio de Oliveira**

Tese de Doutorado nº 168

Brasília, dezembro de 2020



Universidade de Brasília – UnB

Instituto de Geociências – IG

Programa de Pós-Graduação em Geologia – PPGG

# **Coprólitos da Formação Adamantina, Cretáceo Superior do Grupo Bauru, Estado de São Paulo, Brasil**

**Fábio Antônio de Oliveira**

Tese de Doutorado nº 168

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geologia, na área de concentração em Bioestratigrafia e Paleoecologia.

Brasília, dezembro de 2020

**Banca examinadora**

Orientador

**Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci**

Universidade de Brasília - UnB

Interno Titular

**Prof. Dr. Ricardo Lourenço Pinto**

Universidade de Brasília – UnB

Externo Titular

**Profa. Dra. Claudia Maria Magalhães Ribeiro**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ

Externo Titular

**Prof. Dr. Marcelo Adorna Fernandes**

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Interno Suplente

**Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão**

Universidade de Brasília – UnB

Externo Suplente

**Profa. Dra. Frésia Soledad Ricardi Torres Branco**

Universidade de Campinas – UNICAMP

## FICHA CATALOGRÁFICA

0048c Oliveira, Fábio Antônio de  
Coprólitos da Formação Adamantina, Cretáceo Superior do Grupo Bauru, Estado de São Paulo, Brasil / Fábio Antônio de Oliveira; orientador Rodrigo Miloni Santucci. -- Brasília, 2020.  
235 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Geologia) -- Universidade de Brasília, 2020.

1. Morfotipos. 2. Dieta. 3. Gnetales. 4. Crocodilomorfos. 5. Diversidade. I. Santucci, Rodrigo Miloni, orient. II. Título.

**Tese apresentada na forma de artigo conforme Art. 35 do Regimento da Pós-  
Graduação do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília**

Esta Tese de Doutorado é dedicada à minha querida avó e madrinha **Ana Gomes da Silva**, que nos deixou neste conturbado ano de 2020. Em nome de todos os seus filhos, netos e bisnetos, minha sincera gratidão por todo amor e carinho. Saudades.

## AGRADECIMENTOS

Esta tese de doutorado só foi concebida graças ao apoio de diversas pessoas e instituições. Em quatro anos de trabalho pude contar com o apoio de profissionais e amigos de distintas áreas. Acredito que crescemos pessoal e profissionalmente quando caminhamos por outras áreas, no qual podemos receber e compartilhar conhecimento.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado e taxa de bancada, edital GM/GD – Cotas do Programa de Pós-Graduação, processo nº 155654/2016-0, sem a qual não seria possível desenvolver este trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradeço à CAPES pelo auxílio financeiro nos projetos de pós-graduação e ao Instituto de Geociências (IG) da Universidade de Brasília (UnB).

Agradeço ao Instituto de Geociências (IG) da Universidade de Brasília (UnB) e seus professores e demais funcionários, por todo apoio durante os últimos sete anos, que incluem curso de mestrado e doutorado, e por proporcionarem a realização deste trabalho.

Agradeço à Dra. Sandra Aparecida Simionato Tavares, ao Dr. Fabiano Vidoi Iori e funcionários do Museu de Paleontologia de Monte Alto pelo empréstimo de amostras e apoio logístico.

Agradeço ao paleontólogo William Roberto Nava e funcionários do Museu de Paleontologia de Marília pelo empréstimo de amostras e apoio logístico.

Agradeço ao Laboratório de Difração de Raios-X do Instituto de Geociências (IG) da Universidade de Brasília (UnB), pelas análises de difração das amostras.

Agradeço ao Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília (UnB), pelas análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS).

Agradeço ao Laboratório de Laminação da Universidade de São Paulo (USP), pela confecção de lâminas petrográficas de amostras, e ao Laboratório de Caracterização Tecnológica da Universidade de São Paulo (USP), pela tomada de imagens de uma amostra com microtomógrafo.

Agradeço à Profa. Dra. Maira Barberi do Laboratório de Paleoecologia da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO), por todo apoio prestado durante meu curso de doutorado. Obrigado pelas discussões e por ceder local e material no laboratório sempre que precisei.

Agradeço aos meus pais, Antônio Silva de Oliveira e Maria Gomes da Silva Oliveira e irmãos, Fernando Luis de Oliveira e Ana Cristina de Oliveira, que sempre me incentivaram na busca dos meus objetivos e com quem sempre pude contar, incondicionalmente.

Um agradecimento especial à minha esposa Luana Cristina da Silva pelo apoio em todos os momentos e pela paciência. Obrigado por fazer parte da minha vida. Jamais conseguiria sem você.

Agradeço aos amigos Bruno Cezarotti Padilha, Gabriel de Avila Batista, Paulo Henrique Pinheiro Ribeiro (Jesus), Victoria Sousa, Erik Yosheno e André Vinícius Freire Baleeiro pelos momentos de discussões e sugestões sobre o trabalho.

Agradeço aos amigos do Laboratório de Paleontologia da Faculdade UnB Planaltina (FUP) Henrique Zimmermann Tomassi, Joyce Celerino de Carvalho, Lucila Monteiro de Souza, Adriano Santos Mineiro, Roberto de Souza Dias Ricart, Felipe Mendes dos Santos Cardia, Marcos Vitor Dumont Júnior, Glauber Oliveira Cunha e Daniel Martins dos Santos, por todo apoio prestado ao longo de sete anos de trabalho

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci pela oportunidade de desenvolver este trabalho. Obrigado por aceitar o desafio de orientar com um tema que diverge do seu foco de estudo, pela paciência, pelo apoio nos momentos de dificuldade e por acreditar na minha capacidade.

Este trabalho é de vocês, por vocês e para vocês. Muito obrigado.

“Está vendo este ovo? É com ele que  
se derrubam todas as escolas de  
teologia e todos os templos da Terra.”

Denis Diderot (1713-1784)

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE ANEXOS .....	xxi
APRESENTAÇÃO .....	xxv
RESUMO.....	xxvi
ABSTRACT .....	xxviii
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Justificativa.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2. Objetivos .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Referências bibliográficas .....</b>	<b>9</b>
<b>2. ARTIGO I – Coprólitos associados a fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), Estado de São Paulo, Brasil: inferências sobre a dieta de Baurusuchidae e Sphagesauridae.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Introdução .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2. Geologia regional e paleontologia.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. Material e métodos.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4. Resultados e discussão .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.1. Morfologia das amostras.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.2. Composição química e inclusões .....</b>	<b>33</b>
<b>2.4.3. Interpretação dos produtores dos coprólitos e sua dieta.....</b>	<b>51</b>
<b>2.5. Conclusão.....</b>	<b>54</b>
<b>2.6. Referências bibliográficas .....</b>	<b>55</b>

<b>3. ARTIGO II – Coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), Estado de São Paulo, Brasil como reflexo da diversidade e abundância regional de paleovertebrados .....</b>	<b>70</b>
<b>3.1. Introdução .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2. Geologia regional e paleontologia.....</b>	<b>73</b>
<b>3.3. Material e métodos.....</b>	<b>77</b>
<b>3.4. Resultados e discussão .....</b>	<b>81</b>
<b>3.4.1. Descrição dos morfotipos .....</b>	<b>82</b>
<b>3.4.2. Características estruturais .....</b>	<b>86</b>
<b>3.4.3. Composição química e inclusões .....</b>	<b>92</b>
<b>3.4.4. Aspectos diagenéticos .....</b>	<b>99</b>
<b>3.4.5. Possíveis produtores dos coprólitos .....</b>	<b>104</b>
<b>3.5. Conclusão.....</b>	<b>114</b>
<b>3.6. Referências bibliográficas .....</b>	<b>115</b>
<b>4. CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>128</b>
<b>5. MATERIAL SUPLEMENTAR.....</b>	<b>130</b>
<b>Material Suplementar 1 – Resultados das análises de difração de raios-X.....</b>	<b>130</b>
<b>Material Suplementar 2 – Resultados das análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS). .....</b>	<b>150</b>
<b>Material Suplementar 3 – Parâmetros físicos dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), analisados neste estudo. ....</b>	<b>181</b>
<b>Material Suplementar 4 – Indicação da origem, morfologia e interpretação dos produtores dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), analisados neste estudo. ....</b>	<b>185</b>

<b>Material Suplementar 5 – Registro fotográfico dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), analisados neste estudo. ....</b>	<b>189</b>
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>225</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros físicos dos 41 coprólitos da Formação Adamantina, Bacia Bauru de Jales e Fernandópolis, Estado de São Paulo, Brasil. Coprólitos de Fernandópolis – FUP-142 a FUP-166, coprólitos de Jales – FUP-167 a FUP-182. A coluna “fóssil associado” indica à qual esqueleto o coprólito estava mais próximo. ....	26
Tabela 2. Local de origem dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo, analisados neste estudo. ....	78
Tabela 3. Parâmetros morfométricos dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. Os dados métricos são apresentados em seus valores mínimo e máximo. ....	82

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Uma das pranchas do clássico trabalho de William Buckland. A imagem mostra coprólitos espiralados do Jurássico Inferior da região de Lymes Regis, Inglaterra. Fonte: Buckland (1829). ....	2
Figura 2. <i>Duria Antiquior</i> , por Henry De la Beche, a primeira ilustração paleoartística. Fonte: Hart (2012). ....	3
Figura 3. Classificação dos principais tipos de bromálitos segundo Hunt & Lucas (2012). Sem escala. ....	5
Figura 4. Mapa geológico da Bacia Bauru. Modificado de Fernandes & Coimbra (1996). ....	20
Figura 5. Mapa de localização da área de estudo no Estado de São Paulo, Brasil. ....	22
Figura 6. Coprólitos cilíndricos associados aos fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. Coprólitos associados à Baurusuchidae em Fernandópolis: A, FUP-145;	

B, FUP-151; C, FUP-153; D, FUP-159. Coprólitos associados à Sphagesauridae em Fernandópolis: E, FUP-150; F, FUP-156; G, FUP-161; H, FUP-163; I, FUP-164; J, FUP-166. Coprólitos associados à Baurusuchidae em Jales: K, FUP-171; L, FUP-172; M, FUP-173; N, FUP-178. Escala = 1,00 cm. .... 29

Figura 7. Coprólitos liquefeitos associados à fósseis de Baurusuchidae em Jales, Estado de São Paulo, Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru: A, FUP-168; B, FUP-169; C, FUP-176; D, FUP-177; E, FUP-179; F, FUP-180; G, FUP-181. Escala = 1,00 cm..... 30

Figura 8. Coprólitos de morfologia indeterminada associados aos fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. Coprólitos associados à Baurusuchidae em Fernandópolis: A, FUP-142; B, FUP-143; C, FUP-144; D, FUP-146; E, FUP-147; F, FUP-148; G, FUP-152; H, FUP-154; I, FUP-155; J, FUP-160. Coprólitos associados à Sphagesauridae em Fernandópolis: K, FUP-149; L, FUP-157; M, FUP-158; N, FUP-162; O, FUP-165. Coprólitos associados à Baurusuchidae em Jales: P, FUP-167; Q, FUP-170; R, FUP-174; S, FUP-175; T, FUP-182. Escala = 1,00 cm..... 31

Figura 9. Características estruturais observadas em alguns coprólitos associados aos fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. A, setas pretas indicando perfuração de invertebrado em dois locais e seta branca indicando deformação terminal da amostra FUP-145; B, Seta preta indicando rachadura de ressecamento na amostra FUP-159. .... 32

Figura 10. Características estruturais observadas em alguns coprólitos associados aos fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru

dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. A, setas indicando fragmentos ósseos na amostra FUP-151, associada a Baurusuchidae em Fernandópolis; B) setas indicando possíveis restos vegetais na amostra FUP-150, associado a Sphagesauridae em Fernandópolis. .... 34

Figura 11. Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos associados a Baurusuchidae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia do Bauru do Estado de São Paulo. A e B, amostra FUP-151, proveniente do afloramento de Fernandópolis, apresentando grãos de areia vistos com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), com aumento da objetiva de 2,5 x; C e D, amostra FUP-174, proveniente do afloramento de Jales, apresentando silte ou silte/argila vistos com polarizador descruzado (C) e cruzado (D), com aumento da objetiva de 10 x. .... 36

Figura 12. Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos associados a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo. A e B, amostra FUP-157, proveniente do afloramento de Fernandópolis, apresentando grãos de areia grossos e finos vistos com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), com aumento da objetiva de 2,5 x; C e D, amostra FUP-161, proveniente do afloramento de Fernandópolis, apresentando minerais metálicos (opacos) vistos com polarizador descruzado (C) e cruzado (D), com aumento da objetiva de 2,5 x. .... 37

Figura 13. Fotomicrografia de seção delgada da amostra FUP-156 associada a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo. O coprólito FUP-156, embora associado a Sphagesauridae, difere um pouco dos coprólitos associados a crocodilomorfos. A e B, fragmento ósseo com presença de ósteons, um deles indicado pela seta vermelha, vistos com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), com aumento da objetiva de

2,5 x; C e D, estruturas filamentosas de origem desconhecida, vistas com polarizador descruzado (C) e cruzado (D), com aumento da objetiva de 2,5 x. .... 40

Figura 14. Fotomicrografia de seção delgada da amostra FUP-142 associada a Baurusuchidae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo. Os registros são de um mesmo local na lâmina, vistas com aumento da objetiva de 2,5 x com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), aumento da objetiva de 5 x com polarizador descruzado (C) e cruzado (D) e aumento da objetiva de 10 x com polarizador descruzado (E) e cruzado (F). Observe que as estruturas parecem ter uma orientação preferencial (B). Quando vistas com aumento da objetiva de 10 x, observa-se que em certos locais os filamentos estão retorcidos chegando a apresentar um padrão de enrolamento helicoidal (F)..... 43

Figura 15. Coprólito FUP-150 associado a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo, com algumas de suas inclusões. A, coprólito inteiro, montado a partir de vários fragmentos; B, modelo 3D de superfície do coprólito; C, coprólito semitransparente demonstrando a localização de algumas inclusões segmentadas; D, modelo 3D de algumas inclusões segmentadas. .... 44

Figura 16. Inclusões segmentadas no coprólito FUP-150 associado a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo. A-D, inclusão não identificada; E-H, provável fragmento vegetal de formato cilíndrico, que está partido longitudinalmente; I-L, inclusão não identificada contendo uma perfuração; M-P, prováveis restos vegetais em formato de cone ou espinho; Q-T, prováveis restos vegetais em formato de cone..... 47

Figura 17. Inclusões segmentadas no coprólito FUP-150 associado a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São

Paulo. A-F, estrutura achatada, mas de seção ovalada em uma das extremidades, de possível origem vegetal; G-L, estruturas laminadas de possíveis restos foliares. ... 48

Figura 18. Variação de tamanho dos coprólitos cilíndricos associados aos fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. Escala dos coprólitos = 1,00 cm. 52

Figura 19. Mapa geológico da Bacia Bauru. Modificado de Fernandes & Coimbra (1996).

..... 74

Figura 20. Mapa com os municípios de origem dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo, analisados neste estudo. 1, Jales; 2, Fernandópolis; 3, Adamantina; 4, Marília; 5, Ibirá; 6, Taquaral; 7, Fernando Prestes; 8, Monte Alto..... 78

Figura 21. Padrão de abundância dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. .... 82

Figura 22. Exemplos de morfotipos de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo, analisados neste estudo. A-D, morfotipos cilíndricos; E, morfotipo liquefeito; F-H, morfotipos ovoides; I-J, morfotipos cônicos. Coprólitos das imagens: A, MPMA-08-0088-14; B, MPM-452; C, MPM-463; D, FUP-150; E, FUP-181; F, MPMA-08-0081-14; G, MPMA-08-0087-14; H, MPMA-08-0096-14; I, MPMA-08-0083-14; J, MPMA-08-117-03. Escala = 1,00 cm. .... 85

Figura 23. Aglomerado de coprólitos que compõem a amostra MPM-450. A numeração equivale a sequência em que aparece cada coprólito em vista superior. A, linhas vermelhas mostrando a superfície de contato entre os coprólitos em vista inferior e superior; B, esquematização do aglomerado de coprólitos em vista inferior e superior, com a medida de comprimento total da amostra; C, esquematização da vista

superior da amostra MPM-450 destacando cada um dos coprólitos que compõe a amostra e seus comprimentos. Os pontos de interrogação no coprólito 2 da figura C indicam a parte desconhecida que está entre os coprólitos 1 e 3. .... 87

Figura 24. Deformação estrutural em coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. A, achatamento vertical e curvatura longitudinal na amostra FUP-156; B, deformação estrutural e curvatura longitudinal na amostra MPM-454. Escala = 1,00 cm. .... 88

Figura 25. Deformações terminais e marcas em coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. A, setas pretas indicando possível perfuração de invertebrado em dois locais e seta branca indicando deformação terminal da amostra FUP-145; B, seta branca indicando deformação terminal na amostra MPMA-08-0087-14; C-D, marcas de superfície nas amostras MPMA-08-0092-14 e FUP-160; E, deformação terminal em pino na amostra MPMA-08-0114-14. Escala = 1,00 cm. .... 89

Figura 26. Corte transversal mostrando fissuras e vesículas gasosas em alguns em alguns coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. As setas vermelhas indicam as fissuras e as azuis as vesículas. Coprólitos: A, MPM-468; B, MPMA-08-0116-03; C, MPMA-08-0073-14; D, MPMA-08-0095-14. Escala = 1,00 cm. .... 91

Figura 27. Rachaduras de ressecamento em coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. Coprólitos: A, FUP-159; B, MPM-458. Escala = 1,00 cm. .... 92

Figura 28. Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. A, coprólito FUP-151, proveniente de Fernandópolis, apresentando grãos de areia vistos com polarizador cruzado com

aumento da objetiva de 2,5 x; B, coprólito FUP-161, proveniente de Fernandópolis, apresentando minerais metálicos (opacos) vistos com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 2,5 x. C, coprólito MPM-451, proveniente de Adamantina, apresentando grãos de areia de tamanho pequeno e frações silte/argila vistos com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 10 x; D, coprólito MPMA-08-106-14, proveniente de Ibirá, em avançado estágio de mineralização visto com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 10 x..... 94

Figura 29. Fotomicrografia de seção delgada mostrando estruturas interpretadas como ovos de parasita dentro de uma estrutura tubular no coprólito MPMA-08-0116-03 proveniente de Ibirá. A, imagem vista com polarizador descruzado com aumento da objetiva de 5 x; B, imagem é vista com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 20,00x..... 95

Figura 30. Macroinclusões observadas em coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. As setas vermelhas indicam as estruturas observadas. A, escama de peixe de formato losangular associado a Lepisosteiformes no coprólito MPM-470, proveniente de Adamantina; B, fragmento ósseo no coprólito MPMA-08-0074-14, proveniente de Ibirá; C, pequeno fragmento ósseo no coprólito FUP-151, associado a Baurusuchidae em Fernandópolis; possíveis restos vegetais no coprólito FUP-150, associado a Sphagesauridae em Fernandópolis. Escala = 1,00 cm..... 97

Figura 31. Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo mostrando possíveis fragmentos ósseos com presença de ósteons. As setas vermelhas indicam a localização dos ósteons. Coprólitos: A-B, fragmentos ósseos da amostra FUP-156, proveniente de Fernandópolis, vistos com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), com aumento

da objetiva de 2,5 x; C-D, fragmentos ósseos da amostra MPMA-08-0092-14, proveniente de Ibirá, vistos com polarizador descruzado (C) e cruzado (D), com aumento da objetiva de 2,5 x..... 98

Figura 32. Borda de alteração no coprólito MPMA-08-0076-14, proveniente de Ibirá. A, coprólito MPMA-08-0076-14 com vista em fragmentação transversal, destacando em vermelho uma região da borda; B, imagem vista com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 2,5 x, mostrando cristalização da borda do coprólito e uma massa amorfa na região interna, onde as porções de interação com a luz polarizadas correspondem apenas aos grãos de areia presentes na massa fecal..... 99

Figura 33. Presença de possíveis bolhas de gás na amostra MPM-451, Formação Adamantina, Gupo Bauru, Bacia Bauru proveniente de Adamantina. A, amostra MPM-451; B, fotomicrografia de seção delgada com aumento da objetiva de 2,5 x e polarizador descruzado; C-D, análise de MEV do coprólito mostrando em detalhes a estrutura; E, gráfico de difração de raios-X do coprólito demonstrando picos associados a fluorapatita e calcita. As setas vermelhas (B, C e D) indicam as possíveis bolhas de gás. .... 101

Figura 34. Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo mostrando possíveis fissuras preenchidas por carbonato. As setas vermelhas indicam as fissuras presentes nas imagens e uma possível vesícula gasosa (C), vistas com polarizador descruzado com aumento da objetiva de 2,5 x. A, coprólito MPM-452, proveniente de Adamantina; B, coprólito MPM-454, proveniente de Adamantina; C, coprólito MPMA-08-0073-14, proveniente de Ibirá; D, gráfico de difração de raios-X do coprólito MPM-454 demonstrando picos associados a fluorapatita e calcita. .... 103

- Figura 35. Fezes de espécies de mamíferos de médio e grande porte atuais e nativos do Brasil. A-D, fezes cilíndricas de mamíferos carnívoros; E-H, fezes ovoides de mamíferos herbívoros. Produtores das fezes: A, *Panthera onca* (onça-pintada); B, *Puma concolor* (onça-parda); C, *Puma yagouaroundi* (gato-mourisco); D, *Pteronura brasiliensis* (ariranha); E, *Tapirus terrestris* (anta); F, *Pecari tajacu* (cateto); G, *Sylvilagus brasiliensis* (tapeti); H, *Hydrochoerus hydrochaeris* (capivara). Fotos do autor..... 106
- Figura 36. Variação na densidade média de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. O círculo central representa a média da densidade dos coprólitos cilíndricos e ovoides/cônicos. O *whisker* representa o intervalo de confiança a 95,00%. ..... 110
- Figura 37. Morfoespaço das medidas de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo, gerado a partir dos dados de comprimento e largura de 75 amostras em melhor estado de preservação estrutural. O asterisco azul representa a amostra MPM-450, um aglomerado de três coprólitos de crocodilomorfo que deixou a amostra com tamanho discrepante. .... 112
- Figura 38. Diversidade de coprólitos produzidos por vertebrados da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo..... 114

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Exemplos de hifas fossilizadas. A, hifas encontradas no interior de fóssil de planta vascular permineralizada do Pennsylvaniano (Carbonífero); B, hifas e clamidósporos encontrados em tecido vegetal no Rhynie Chert (Devoniano); C, coprólito do Devoniano composto por hifas. Escala: A = 10,00  $\mu\text{m}$ ; B = 120,00  $\mu\text{m}$ ; C = 50,00  $\mu\text{m}$ . Fonte das imagens (Taylor et al. 2009)..... 225

- Anexo 2. Análise de microscopia eletrônica de varredura demonstrando o efeito do fungo de controle biológico *Trichoderma harzianum* (T) sobre o fungo fitopatogênico *Rhizoctonia solani* (R). A-B, após dois dias de inoculação hifas de *T. harzianum* (T) formam espirais densas e envolvem hifas de *R. solani* (R). C-D, por volta de quatro e seis dias de inoculação respectivamente, as hifas de *R. solani* (R) apresenta perda de turgor e colapso celular, enquanto as hifas de *T. harzianum* (T) continuam com aparência normal. Ampliação: A = 2500 x; B e D = 5000 x; C = 6000x. Fonte das imagens (Benhamou & Chet 1993)..... 226
- Anexo 3. Fragmentos vegetais encontrados em coprólitos de dinossauros herbívoros. A, pequenos fragmentos de madeira em coprólitos da Formação Two Medicine, Montana, EUA; B, pequeno fragmento vegetal em coprólito da Formação Lameta, Índia. Fonte das imagens: A (Chin 2007); B (Khosla *et al.* 2015)..... 227
- Anexo 4. Representantes atuais de grupos de plantas que podem ter feito parte da paisagem durante o final do Cretáceo na Formação Adamantina, Grupo Bauru. A, Cycadophyta; B-D, Gnetophyta. A, *Cycas* sp.; B, *Ephedra torreyana*; C, *Gnetum gnemon*; D, *Welwitschia mirabilis*. Fonte das imagens (Taylor *et al.* 2009)..... 228
- Anexo 5. Morfologia de *Ephedra*. A-D, tipos de folha; E-H, cone feminino e morfologia da semente; I-K, cone estaminado e tipos de grãos de pólen. A, *Ephedra americana*, com pontas de folhas livres bem desenvolvidas e bases de folhas decussadas escuras e intumescidas; B, *Ephedra aspera*, mostrando diferença marcante no desenvolvimento da lâmina de extremamente grande (esquerda) a moderadamente desenvolvida (direita), ambas as folhas provêm da mesma planta; C, *Ephedra torreyana*, mostrando verticilos únicos de quatro folhas no nó, indicando possível integração com *E. aspera*; D, *Ephedra trifurca*, folha madura, apresentando divisão típica da lâmina; E, *Ephedra nevadensis*, cone pedunculado com duas sementes

- projetadas; F, *Ephedra torreyana*, micrografia eletrônica de varredura de semente lanceolada com ponta alongada e cristas transversais na superfície da semente; G, *Ephedra torreyana*, micrografia eletrônica de varredura mostrando detalhes das cristas transversais; H, *Ephedra aspera*, micrografia eletrônica de varredura de sementes ovoides; I, *Ephedra funerea*, cone estaminado mostrando numerosos microspongióforos por estróbilo; J, *Ephedra californica*, microscopia eletrônica de varredura de grão de pólen primitivo com cristas retas e sulcos; K, *Ephedra coryi*, micrografia eletrônica de varredura de grão de pólen derivado com estrutura altamente ramificada na superfície e crista espessada. Escala: A e B = 3,00 mm; C = 1,50 mm; D e H = 2,00 mm; E = 5,00 mm; F = 1,00 mm; G = 200,00  $\mu\text{m}$ ; I = 10,00 mm; J e K = 20,00  $\mu\text{m}$ . Fonte das imagens (Ickert-Bond & Renner 2016). ..... 229
- Anexo 6. Morfologia das estruturas reprodutivas de *Gnetum*. A, *Gnetum cuspidatum*, cones ovulares jovens de uma floresta tropical de planície em Sulawesi, Indonésia; B, *Gnetum gnemon*, cones ovulares produzindo abundantes gotículas de polinização; C, cones estaminados com óvulos estéreis nas pontas de seta; D, *Gnetum gnemon*, micrografia eletrônica de varredura de grão de pólen. E e F, *Gnetum gnemon*, micrografias eletrônicas de transmissão de estratificação de exina. end, endexina lamelar; gr, grânulos infratectais; te, tectum. Escala: A = 1,00 cm; B = 2,00 cm; C = 5,00 mm; D = 5,00  $\mu\text{m}$ ; E e F = 1,00  $\mu\text{m}$ . Fonte das imagens (Ickert-Bond & Renner 2016). ..... 230
- Anexo 7. Cone ovular mostrando as unidades reprodutivas femininas verticiladas (FRUs). Fonte da imagem (Yang *et al.* 2017). ..... 231
- Anexo 8. Morfologia das estruturas reprodutivas de *Welwitschia mirabilis*. A, cones femininos; B, detalhe de extensões micropilares (mi) e gotículas de polinização; C, cones estaminados; D, detalhe de cone estaminado com massas pegajosas amarelas

de grãos de pólen (po) e óvulo estéril central (sov) cercado por unidades reprodutivas estaminadas, observe sinangia composta de três esporângios fundidos (nas setas); E, micrografia eletrônica de varredura do grão de pólen poliplicado elipsoidal de *Welwitschia mirabilis*; F, micrografia eletrônica de transmissão da estratificação da exina do grão de pólen de *Welwitschia mirabilis*; G, espécimes cultivados em canteiro elevado na estufa do Jardim Botânico de Berlim; H, espécime feminino de *Welwitschia mirabilis* na Namíbia. End, endexina; gr, grânulos infratectais; mi, tubo micropilar; po, grãos de pólen; sov, óvulo estéril; sy, sinângio; te, tectum. Escala: A = 5,00 cm; B = 1,50 cm; C = 1,00 cm; D = 3,00 mm; E = 10,00  $\mu$ m; F = 5,00  $\mu$ m. (Ickert-Bond & Renner 2016). ..... 232

Anexo 9. Alguns exemplares de sementes atuais e fósseis de Gnetophytas em comparação com a estrutura achatada encontrada no coprólito FUP-150. Sementes de espécies atuais do gênero *Ephedra*: A, *E. funerea*; B, *E. torreyana*; C, *E. rhytidosperma*; D, *E. major*. Espécimes de sementes fósseis de *Ephedra*: E-G, *E. portugallica*. H, semente atual da espécie *Welwitschia mirabilis*; I, estrutura longitudinal, achatada e fragmentada encontrada no coprólito FUP-150, associado a Sphagesauridae. Escala: A-D = 2,00 mm; E-G = 0,50 mm; H-I = 5,00 mm. Fonte das imagens: A-D (Ickert-Bond & Rydin 2011); E-G (Rydin *et al.* 2006); H (Bihrmann 2009); I (este trabalho). ..... 233

## APRESENTAÇÃO

Esta tese de doutorado é apresentada na forma de artigo, conforme Art. 35 do Regimento da Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Aqui são apresentados e discutidos dados sobre coprólitos de vertebrados da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), Estado de São Paulo, Brasil. Os textos foram divididos em dois manuscritos escritos em português. O ARTIGO I discute características morfoestruturais de coprólitos encontrados junto a restos de crocodilomorfos da Formação Adamantina, em Jales e Fernandópolis, Estado de São Paulo. O ARTIGO II discute a descrição de morfotipos e características de um grande conjunto de coprólitos de oito localidades da Formação Adamantina no Estado de São Paulo. As localidades em questão abrangem os municípios de Jales, Fernandópolis, Adamantina, Marília, Ibirá, Taquaral, Fernando Prestes e Monte Alto.

O primeiro tópico apresentado é uma introdução geral que trata do tema principal desta tese, os coprólitos. Na sequência, são apresentados os manuscritos definidos como ARTIGO I e ARTIGO II. Os textos (ainda em português) foram elaborados seguindo o modelo para submissão do periódico *Palaeontology*. As figuras, tabelas, citações e referências bibliográficas seguem os parâmetros do periódico. Por fim, é apresentado um tópico final de conclusão integrando os dois manuscritos.

Adicionalmente, o texto é complementado com Material Suplementar que atende aos dois manuscritos, e são apresentados na sequência que foram citados. São fornecidos os resultados das análises de difração de raios-X, os resultados das análises de MEV+EDS, dados brutos do material de estudo e um completo registro fotográfico. Há, ainda, material anexo da literatura científica que atende o ARTIGO I, apenas como referência de consulta para os leitores, quando o texto tratar de temas específicos.

## RESUMO

### **Coprólitos da Formação Adamantina, Cretáceo Superior do Grupo Bauru, Estado de São Paulo, Brasil**

Autor: Fábio Antônio de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci

A Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), é uma importante unidade geológica fossilífera do território brasileiro. Os crocodilomorfos encontrados na Formação Adamantina destacam-se com notável abundância e diversidade de espécies, e suas características indicam distintas formas e hábitos de vida. O registro fóssil também inclui dinossauros saurópodes e materiais escassos de dinossauros terópodes. Além de fósseis de vertebrados, também podem ser encontrados grande quantidade de coprólitos, que receberam pouca atenção até o momento. Esses coprólitos são produtos dos organismos que habitaram a região centro-oeste, noroeste e nordeste do Estado de São Paulo e podem revelar importantes informações de seus produtores. Esta tese apresenta e discute características de 137 coprólitos de vertebrados da Formação Adamantina das localidades paulistas de Jales, Fernandópolis, Adamantina, Marília, Ibirá, Taquaral, Fernando Prestes e Monte Alto. Em Jales e Fernandópolis, os coprólitos foram recuperados dos mesmos blocos de rochas em que ocorrem fósseis de *Baurusuchidae* e *Sphagesauridae*. Os morfotipos encontrados foram: cilíndricos ( $n = 71$ ), liquefeitos ( $n = 7$ ), ovoides ( $n = 21$ ) e cônicos ( $n = 3$ ). Um total de 35 coprólitos apresentam alta fragmentação e não foram categorizados. O conjunto de evidências levantadas sugerem alta dominância de coprólitos produzidos por crocodilomorfos,

reflexo da elevada abundância e riqueza do grupo, seguido por coprólitos de dinossauros saurópodes e terópodes. Os coprólitos atribuídos a dinossauros saurópodes apresentam morfologia, densidade e composição característico de herbívoros. Coprólitos com presença de fragmentos ósseos, fissuras internas e maior largura podem ser atribuídos a dinossauros terópodes. Os coprólitos atribuídos a crocodilomorfos indicam que esses animais ocuparam a maior parte dos nichos ecológicos e exploraram distintas estratégias alimentares. As inclusões encontradas sugerem carnivoría, piscivoría e herbivoría, que podem ser atribuídas a diferentes espécies de crocodilomorfos de Baurusuchidae, Peirosauridae e Sphagesauridae, respectivamente. Em Jales, os coprólitos liquefeitos estão associados a esqueletos de Baurusuchidae, ovos e associações de ovos, sugerindo que esses coprólitos foram produzidos por filhotes de Baurusuchidae. Os coprólitos atribuídos a Sphagesauridae sugerem que esses animais incluíam plantas na dieta, que podem ser atribuídas a Gnetales. Os resultados encontrados sugerem que os coprólitos são indicadores da diversidade de vertebrados da Formação Adamantina, tal como a diversidade de esqueletos encontrados, e reforçam a importância do estudo desses icnofósseis como fonte informações paleobiológicas e paleoecológicas de organismos extintos.

**Palavras-chave:** Morfotipos, Dieta, Gnetales, Crocodilomorfos, Diversidade.

**ABSTRACT****Coprolites from the Adamantina Formation, Upper Cretaceous of the Bauru Group, State of São Paulo, Brazil**

Author: Fábio Antônio de Oliveira

Advisor: Prof. DSc. Rodrigo Miloni Santucci

The Adamantina Formation, Bauru Group (Bauru Basin, Upper Cretaceous), is an important fossiliferous geological in Brazil. The crocodylomorphs found in these deposits are well known for their abundance and diversity of species, and their morphology also indicate different behaviour. The Adamantina Formation fossil record also includes sauropod dinosaurs and scarce theropod materials. In addition to vertebrate fossils, vertebrate coprolites findings are common, but they received little attention so far. These coprolites are products of the organisms that inhabited the central-west, northwest, and northeast regions of the State of São Paulo and can provide important information about their producers. This thesis presents and discusses the features of 137 vertebrate coprolites from the Adamantina Formation from the cities of Jales, Fernandópolis, Adamantina, Marília, Ibirá, Taquaral, Fernando Prestes, and Monte Alto. In Jales and Fernandópolis, the coprolites were recovered from the same blocks of rocks where fossils of Baurusuchidae and Sphagesauridae were found. The morphotypes found were classified in different morphotypes: cylindrical (n = 71), liquefied (n = 7), ovoid (n = 21), and conical (n = 3). A total of 35 coprolites are highly fragmented and have not been categorized. The analyses suggest a high abundance of coprolites produced by crocodylomorphs, reflecting the high number of skeleton findings and diversity of the

group, followed by coprolites of sauropod and theropod dinosaurs. The coprolites attributed to sauropod dinosaurs have morphology, density, and composition typical of herbivores. Coprolites with bone fragments within, internal fissures, and relatively larger in diameter were assigned to theropod dinosaurs. The coprolites attributed to crocodylomorphs indicate that these animals occupied most of the ecological niches and explored different feeding strategies. The inclusions found suggest carnivory, piscivory, and herbivory, and can be assigned to different species of Baurusuchidae, Peirosauridae and Sphagesauridae, respectively. In Jales, liquefied coprolites are associated with Baurusuchidae skeletons, eggs and egg associations, suggesting that these coprolites were produced by yearling or juvenile Baurusuchidae. The coprolites attributed to Sphagesauridae suggest that these animals included plants in their feeding habits, since the remains found within the coprolites can be attributed to Gnetales. The results suggest that coprolites are indicators of the diversity of vertebrates in the Adamantina Formation, as well as the diversity of skeletons previously found, and reinforce the importance of these ichnofossils as a source of paleobiological and paleoecological information on extinct organisms.

**Keywords:** Morphotypes, Feeding Habit, Gnetales, Crocodylomorphs, Diversity.

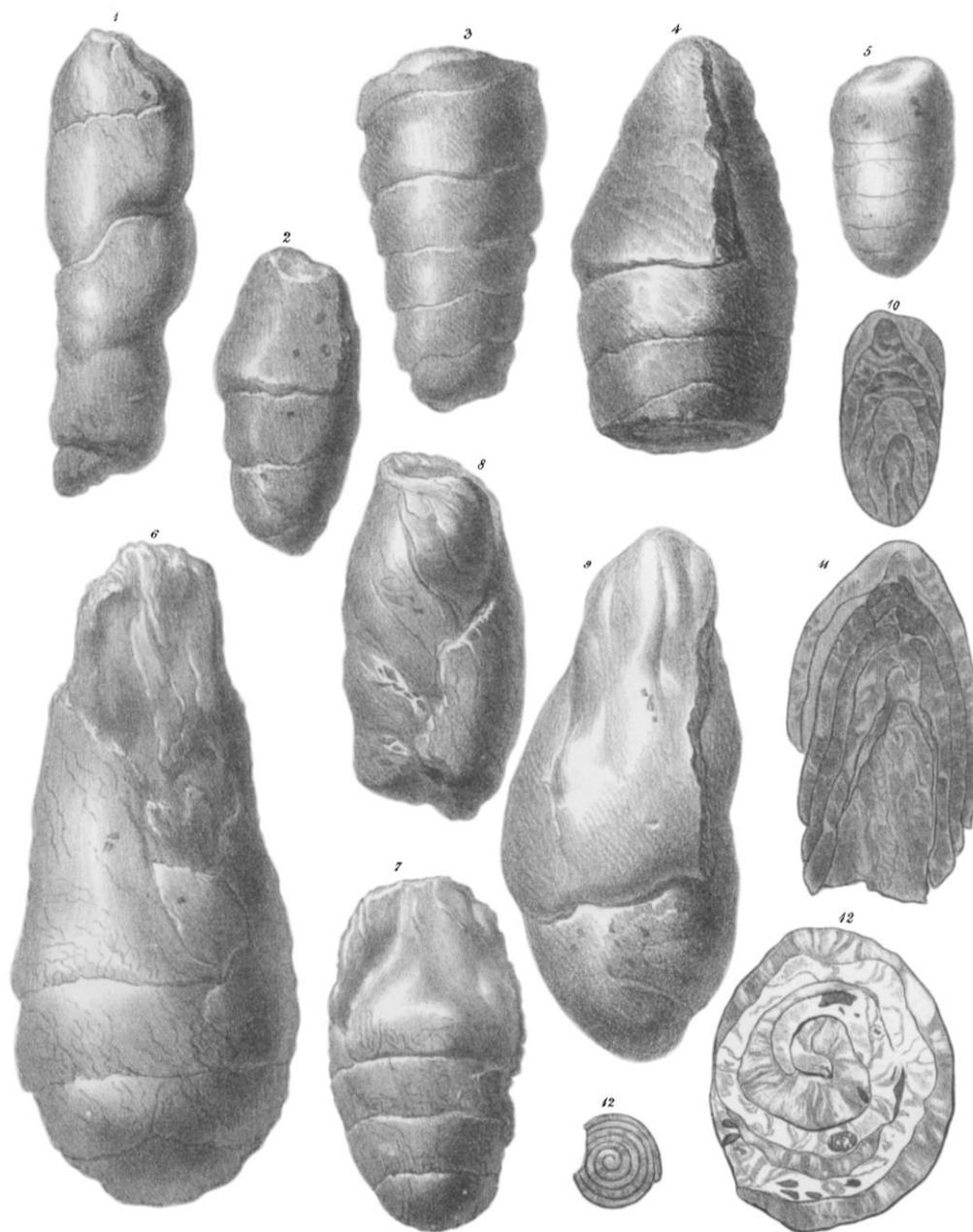
## 1. INTRODUÇÃO

O primeiro relato de um coprólito de vertebrado na literatura, apresentado em texto e imagem, é atribuído a Edward Lhwyd (1660-1709), quando foi publicado em 1699 o *Lithophylacii Britannici Ichnographia*, primeiro catálogo ilustrado de uma coleção pública de fósseis da Inglaterra (Duffin 2012). Entretanto, a história dos coprólitos, reconhecidos de fato como fezes fossilizadas, começou quando Mary Anning (1799-1847) observou que alguns objetos rochosos, considerados na época um tipo de “pedra bezoar” ou cone de abeto, eram frequentemente encontrados na região das costelas ou próximo da pelve de muitos esqueletos de ictiossauros, que ocorrem em folhelhos marinhos do Jurássico Inferior do Grupo Lias, em Lyme Regis, sul da Inglaterra (Rudwick 2008).

Segundo Rudwick (2008), Mary Anning observou que o interior dessas “pedras” continha ossos e escamas de peixes e, às vezes, ossos de pequenos ictiossauros. Com base nas observações de Mary Anning, o geólogo e paleontólogo William Buckland (1784-1856) propôs que esses objetos eram na verdade fezes fossilizadas, e por isso associou os termos gregos *kopros* (excremento) e *lithos* (pedra), cunhando o termo coprólito (Buckland 1829).

Segundo Buckland (1829), Mary Anning informou que em toda espessura do afloramento em Lyme Regys, os coprólitos são mais abundantes nos níveis em que os esqueletos de ictiossauros são mais numerosos. Desta forma, Buckland interpretou que os coprólitos descritos foram produzidos por ictiossauros (**Figura 1**), que as formas espiraladas indicavam que os ictiossauros possuíam sulcos espirais nos intestinos, semelhante aos tubarões modernos, e que alguns dos coprólitos eram negros pela ingestão de sacos de tinta de belemnites.

*Geol. Trans.: 2<sup>nd</sup> Series, Vol. III, Pl. 28.*



*Lithographed from Nature by G. Scharf.*

*Printed by G. Bullock.*

*Coprolites and Sections of Coprolites from the Lias at Lyme Regis. Scale, Natural Size.*

**Figura 1.** Uma das pranchas do clássico trabalho de William Buckland. A imagem mostra coprólitos espiralados do Jurássico Inferior da região de Lymes Regis, Inglaterra. Fonte: Buckland (1829).

As descobertas de Mary Anning e a vívida descrição da cadeia alimentar apresentada por Buckland, inspiraram Henry De la Beche (1796-1855) a pintar em 1830 o *Duria Antiquior*<sup>1</sup> (**Figura 2**), considerada a primeira representação artística de uma cena do passado distante (Rudwick 1992) e primeira tentativa de reconstrução paleoecológica (Hart 2012; Hunt *et al.* 2012; Pemberton 2012).



**Figura 2.** *Duria Antiquior*, por Henry De la Beche, a primeira ilustração paleoartística. Fonte: Hart (2012).

Os registros mais antigos de coprólitos, na forma de pelotas fecais, datam do Neoproterozoico ( $\pm 800$  Ma) e foram atribuídas aos primeiros metazoários (Häntzschel *et al.* 1968). Os primeiros fósseis de vertebrados conhecidos são do Cambriano da China,

---

<sup>1</sup> A pintura *Duria Antiquior* retrata fósseis descobertos por Mary Anning, como ictiossauros, plesiossauros, pterossauros, belemnites, amonites e crinóides. Também podem ser observadas fezes saindo de um plesiossauro, ilustrando o que se tornariam coprólitos. Henry De la Beche era amigo de Mary Anning, e providenciou a produção e venda de cópias do seu *Duria Antiquior* para ajudá-la financeiramente (Rudwick 1992).

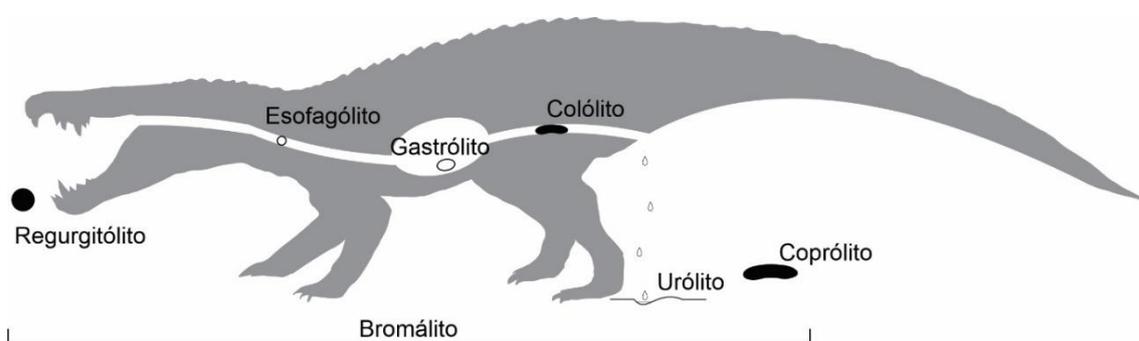
atribuídos aos agnatos *Myllokunmingia fengjiao* Shu *et al.*, 1999 e *Haikouichthys ercaicunensis* Luo *et al.*, 1999 (Shu *et al.* 1999). Entretanto, as ocorrências mais antigas de coprólitos de vertebrados datam do Siluriano da Irlanda, constituindo-se de formas espiraladas atribuídas a peixes ostracodermos (Gilmore 1992). Até o momento todos os coprólitos do Cambriano reportados na literatura foram atribuídos a invertebrados (Chen *et al.* 2007; Kimmig & Strotz 2017). Já os coprólitos de grande porte, depositados em ambiente terrestre, foram reportados para o Triássico da Argentina (Mancuso *et al.* 2004).

Mais de um século após o pioneiro trabalho de Buckland (1829), foi publicada a primeira revisão da nomenclatura sobre coprólitos (Amstutz 1958). Posteriormente, um importante levantamento bibliográfico foi realizado por Häntzschel *et al.* (1968), que compilaram cerca de 200 trabalhos sobre coprólitos de invertebrados e vertebrados de diferentes idades e partes do mundo. Apenas a partir do final do século passado pesquisas com coprólitos adquiriram nova dimensão científica, com estudos abordando aspectos paleobiológicos (e.g., Thulborn 1991; Northwood 2005; Chin 2007), paleoecológicos (e.g., Hunt *et al.* 1994), paleoparasitológicos (e.g., Poinar-Jr. & Boucot 2006; Cardia *et al.* 2019), moleculares (e.g., Poinar *et al.* 1998), reconstituição de possíveis cadeias tróficas de ecossistemas antigos (e.g., Chin & Gill 1996; Khosla *et al.* 2015) e até mesmo de relação predador-presa, no qual um coprólito de Tyrannosauridae de grande porte, interpretado como de *Tyrannosaurus rex* Osborn, 1905 revelou a presença de fragmentos ósseos de dinossauros Ornithischia, interpretados como *Triceratops* ou *Edmontosaurus* (Chin *et al.* 1998).

Os coprólitos são classificados dentro de um grupo de icnofósseis denominado bromálitos, onde *broma* = alimento (Hunt 1992, p.221). Esse termo foi referido por alguns autores como bromatólitos (e.g., Souto 2008, p. 18; Dentzien-Dias 2010, p. 34). Os bromálitos são os materiais resultantes de alimentação que foram preservados no interior

de um animal ou expelido via oral ou anal (Hunt 1992). Posteriormente, Hunt & Lucas (2012) revisaram e propuseram uma abrangente terminologia hierárquica, totalizando 43 termos, para classificar entre icnofósseis bromálitos e não-bromálitos.

Relacionados aos bromálitos, além dos coprólitos, estão entre os principais icnofósseis os regurgitólitos ou regurgititos, conteúdo expelido via oral (Hunt 1992), esofagólitos, conteúdo preservado na região do trato gastrointestinal anterior ao estômago (Hunt & Lucas 2012), gastrólitos<sup>2</sup>, conteúdo preservado na região do estômago (Northwood 2005), colólitos, conteúdo preservado na região do trato gastrointestinal posterior ao estômago (Agassiz 1833 *apud* Hunt & Lucas 2012) e urólitos, marcas de urina preservadas no sedimento (Fernandes *et al.* 2004). A **Figura 3** ilustra os principais bromálitos citados considerando como modelo anatômico um Baurusuchidae.



**Figura 3.** Classificação dos principais tipos de bromálitos segundo Hunt & Lucas (2012). Sem escala.

As primeiras referências sobre coprólitos do Brasil foram publicadas no exterior, na década de 1920, abordando exemplares do Permiano e Triássico (*sensu* Souto 2017).

<sup>2</sup> Wieland em 1906 usou o termo em inglês *gastrolith* para se referir a rochas engolidas retidas na região estômago de vertebrados (*sensu* Hunt & Lucas 2012), enquanto Northwood (2005) usou *gastrolite* para se referir a conteúdo alimentar fossilizado na região do estômago. Os termos em inglês se diferenciam, mas em português ambos se denominam gastrólitos. A diferença se observa na origem do material, que pode ser inorgânica (resultante da ingestão de rochas) ou orgânica (resultante da ingestão de alimento). A origem aqui referida para gastrólitos são os de origem orgânica.

Apenas nos últimos 30 anos estudos mais elaborados foram publicados, abordando coprólitos de peixes do Permiano (Ragonha 1987), aves do Terciário (Castro *et al.* 1988) e mamíferos do Quaternário (Duarte 1994). Na mesma época, um levantamento bibliográfico listou as ocorrências de coprólitos no território brasileiro até aquele momento (Fernandes 1993).

Em relação ao Grupo Bauru, Bacia Bauru, a primeira publicação sobre coprólitos ocorreu em 1992 com o relato de dois exemplares da Formação Adamantina no município de Ibirá, São Paulo, sendo também a primeira publicação de coprólitos do Cretáceo brasileiro (Brandt-Neto *et al.* 1992). Nos anos seguintes os coprólitos do Grupo Bauru foram citados no estudo de outros materiais fósseis de vertebrados (e.g., Bertini *et al.* 1993; Campanha *et al.* 1993; Souto & Magalhães-Ribeiro 1999).

No começo da década de 2000 foi realizado o maior e mais importante trabalho sobre coprólitos do Brasil. Esse trabalho descreveu cerca de 200 amostras das bacias cretáceas brasileiras, das quais 40 pertencem ao Grupo Bauru e 33 delas são da Formação Adamantina, trazendo uma descrição morfológica e estrutural detalhada, um refinamento de análises químicas, associação com os produtores e interpretações paleoambientais (Souto 2003). Nos anos seguintes os coprólitos do Grupo Bauru fizeram parte de publicações literárias mais abrangentes sobre o tema (Souto 2008, 2017). Souto & Fernandes (2015) trataram da atualização de registros de coprólitos e urólitos associados a dinossauros do Brasil, e alguns dos coprólitos mencionados são do Grupo Bauru.

Coprólitos do Grupo Bauru, mais especificamente da região de Peirópolis, também foram alvos recentes de alguns estudos. Francischini *et al.* (2014) relataram preliminarmente a presença de icnofósseis de invertebrados em coprólitos de Peirópolis, relacionadas com algum tipo de inseto em fase de pupa. Mais tarde, realizaram análises laboratoriais em duas amostras e consideraram todo o conjunto material (16 amostras)

como pseudocoprólitos, e descreveram os vestígios superficiais de nove amostras como uma nova icnoespécie, *Asthenopodichnium fallax* Francischini *et al.*, 2016, que seria produzida por invertebrados em ambiente de água doce (Francischini *et al.* 2016). Entretanto, Oliveira & Santucci (2017) demonstraram que em Peirópolis coprólitos e pseudocoprólitos ocorrem nas mesmas camadas, sendo possível a sua diferenciação, e que apresentam relação com um efeito tafonômico, sugerindo mistura temporal e espacial. Por fim, parte desses coprólitos revelaram o primeiro registro de grãos de pólen na região, ilustrando que parte da vegetação foi composta de gnetófitas, coníferas e cicadáceas adaptadas à ambiente de clima árido, e o primeiro registro de esporos de fungos do Grupo Bauru (Oliveira & Santucci 2020).

Em se tratando da Formação Adamantina, após os trabalhos já mencionados (Brandt-Neto *et al.* 1992; Souto 2003), foram mencionados coprólitos no Estado de São Paulo nos municípios de General Salgado (Souto *et al.* 2005) e Presidente Prudente (Souto & Nava 2007). Em Marília, coprólitos atribuídos a *Mariliasuchus amarali* Carvalho & Bertini, 1999 auxiliaram na interpretação de uma provável dieta onívora para esse animal (Nobre *et al.* 2008). Posteriormente, Souto (2010) realizou análises morfológicas e químicas em coprólitos de Marília, Jales, Ibirá, Votuporanga e General Salgado e os interpretou como produzidos por crocodilomorfos, incluindo coprólitos de indivíduos jovens. Por fim, as compilações mais recentes de coprólitos da Formação Adamantina, abordaram amostras associadas a crocodilomorfos do município de Santo Anastácio, e apresentaram registros de ovos de parasitas relacionados a Ascaridoidea (Cardia *et al.* 2018) e Acanthocephala (Cardia *et al.* 2019).

## **1.1. Justificativa**

Este trabalho aborda características de 137 coprólitos, provenientes de diversas localidades da Formação Adamantina no interior do Estado de São Paulo: Jales, Fernandópolis, Adamantina, Marília, Ibirá, Taquaral, Fernando Prestes e Monte Alto. Trata-se de uma grande oportunidade para expansão do conhecimento destes icnofósseis, que são os menos estudados, mas que ocorrem em significativa abundância nesta unidade geológica. A Formação Adamantina é famosa pela ocorrência de fósseis de crocodilomorfos, dinossauros e outros vertebrados. Soma-se o fato de 41 coprólitos encontrados em Jales e Fernandópolis estarem associados aos fósseis de Baurusuchidae e Sphagesauridae, abrindo novas perspectivas na obtenção de dados da dieta dos produtores, com resolução de um problema sobre a possível dieta herbívora de crocodilomorfos da família Sphagesauridae.

## **1.2. Objetivos**

Esta tese de doutorado tem como objetivo geral descrever morfológicamente e classificar os coprólitos, relacionando aos seus prováveis produtores e dietas. Além disso, verificar se os coprólitos refletem a diversidade e quantidade de vertebrados da Formação Adamantina, comparando com os esqueletos encontrados.

O ARTIGO I tem como objetivo fazer uma descrição completa de coprólitos associados a fósseis de crocodilomorfos nas regiões de Jales e Fernandópolis, Estado de São Paulo e, com isso, atribuir coprólitos produzidos por Baurusuchidae e Sphagesauridae e propor uma dieta para Sphagesauridae.

O ARTIGO II tem como objetivo descrever coprólitos da Formação Adamantina, provenientes de diversas regiões, integrando os resultados encontrados em um contexto deposicional e paleoambiental. Além disso, propor uma distribuição de abundância e

riqueza das espécies de vertebrados que incluem crocodilomorfos, dinossauros saurópodes e terópodes.

### 1.3. Referências bibliográficas

- AMSTUTZ, G. C. 1958. Coprolites; a review of the literature and a study of specimens from southern Washington. *Journal of Sedimentary Research*, **28**, 498–508. 10.1306/74D7084E-2B21-11D7-8648000102C1865D
- BERTINI, R. J., MARSHAL, L. G., GAYET, M. & BRITO, P. M. 1993. The vertebrate fauna of the Adamantina and Marília Formations, Upper Cretaceous of the Paraná Basin, southeast Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, **188**, 71–101.
- BRANDT-NETO, M., BERTINI, R. J. & MANZINI, F. F. 1992. Ocorrência de coprólitos em sedimentos da Formação Adamantina (K) na região de Ibirá (SP). *2nd Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras*, 165–166.
- BUCKLAND, W. 1829. On the Discovery of Coprolites, or Fossil Fæces, in the Lias at Lyme Regis, and in other Formations. *Transactions of the Geological Society of London*, **3**, 223–236. 10.1144/transgslb.3.1.223
- CAMPANHA, V. A., ETCHEBEHERE, M. L. C., SAAD, A. R. & FULFARO, V. J. 1993. Novas ocorrências fossilíferas no Grupo Bauru na região do Triângulo Mineiro, MG. *Geociências*, **12**, 353–372.
- CARDIA, D. F. F., BERTINI, R. J., CAMOSSO, L. G. & LETIZIO, L. A. 2018. The first record of ascaridoidea eggs discovered in crocodyliformes hosts from the upper cretaceous of Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **21**, 238–244. 10.4072/RBP.2018.3.04
- CARDIA, D. F. F., BERTINI, R. J., CAMOSSO, L. G. & LETIZIO, L. A. 2019. First

- record of Acanthocephala parasites eggs in coprolites preliminary assigned to Crocodyliformes from the Adamantina Formation (Bauru Group, Upper Cretaceous), São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **91**, 1–10. 10.1590/0001-3765201920170848
- CASTRO, A. C. J., FERNANDES, A. C. S. & CARVALHO, I. S. 1988. Coprólitos de aves da Bacia de Taubaté, SP. *35th Congresso Brasileiro de Geologia*, 2358–2370.
- CHEN, J., WALOSZEK, D., MAAS, A., BRAUN, A., HUANG, D., WANG, X. & STEIN, M. 2007. Early Cambrian Yangtze Plate Maotianshan Shale macrofauna biodiversity and the evolution of predation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **254**, 250–272. 10.1016/j.palaeo.2007.03.018
- CHIN, K. 2007. The paleobiological implications of herbivorous dinosaur coprolites from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana: why eat wood? *Palaios*, **22**, 554–566. 10.2110/palo.2006.p06-087r
- CHIN, K. & GILL, B. D. 1996. Dinosaurs, dung beetles, and conifers: participants in a Cretaceous food web. *Palaios*, **11**, 280–285. 10.2307/3515235
- CHIN, K., TOKARYK, T. T., ERICKSON, G. M. & CALK, L. C. 1998. A king-sized theropod coprolite. *Nature*, **393**, 680–682.
- DENTZIEN-DIAS, P. C. 2010. Icnofósseis de vertebrados das formações Rio do Rasto (Permiano) e Guará (Jurássico) do Sudoeste do RS. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 162pp.
- DUARTE, A. N. 1994. Estudo paleoparasitológico em coprólitos do Sítio Arqueológico da Furna do Estrago, Município do Brejo da Madre de Deus, Pernambuco - Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 84pp.
- DUFFIN, C. J. 2012. The Earliest Published Records Of Coprolites. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 25–28.

- FERNANDES, A. C. S. 1993. Bibliografia indexada sobre estudos e registros de estruturas biogênicas no Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, **16**, 49–106.
- FERNANDES, M. A., FERNANDES, L. B. R. & SOUTO, P. R. F. 2004. Occurrence of urolites related to dinosaurs in the Lower Cretaceous of the Botucatu Formation, Paraná basin, São Paulo state, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7**, 263–268.
- FRANCISCHINI, H., PAES NETO, V. D., MARTINELLI, A. G., SOARES, M. B., SCHULTZ, C. L., MARINHO, T. S., FERRAZ, M. L. F. & TEIXEIRA, V. P. A. 2014. Invertebrate trace fossils on vertebrate coprolites from the upper Cretaceous Marília Formation (Minas Gerais State, Brazil). *4th International Palaeontological Congress*, 239.
- FRANCISCHINI, H., PAES NETO, V. D., MARTINELLI, A. G., PEREIRA, V. P., MARINHO, T. S., TEIXEIRA, V. P. A., FERRAZ, M. L. F., SOARES, M. B. & SCHULTZ, C. L. 2016. Invertebrate traces in pseudo-coprolites from the upper Cretaceous Marília Formation (Bauru Group), Minas Gerais State, Brazil. *Cretaceous Research*, **57**, 29–39. 10.1016/j.cretres.2015.07.016
- GILMORE, B. 1992. Scroll coprolites from the Silurian of Ireland and the feeding of early vertebrates. *Palaeontology*, **35**, 319–333.
- HÄNTZSCHEL, W., EL-BAZ, F. & AMSTUTZ, G. C. 1968. Coprolites: an annotated bibliography. *Geological Society of America Memoir*, **108**, 1–132. 10.1130/MEM108
- HART, M. B. 2012. Developments in Mesozoic and Cenozoic stratigraphy and palaeontology during the last fifty years (1962-2012). *Geoscience in South-West England*, **13**, 12–30.
- HUNT, A. P. 1992. Late Pennsylvanian coprolites from the Kinney Brick Quarry, central

- New Mexico, with notes on the classification and utility of coprolites. *Bulletin of the New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources*, **138**, 221–229.
- HUNT, A. P. & LUCAS, S. G. 2012. Classification of Vertebrate Coprolites and Related Trace Fossils. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 137–146.
- HUNT, A. P., CHIN, K. & LOCKLEY, M. G. 1994. The palaeobiology of vertebrate coprolites. In DONOVAN, S. K. (ed.) *The Palaeobiology of Trace Fossils*, John Wiley & Sons, London, 221–240 pp.
- HUNT, A. P., LUCAS, S. G., MILÀN, J. & SPIELMANN, J. A. 2012. Vertebrate coprolite studies: status and prospectus. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 5–24.
- KHOSLA, A., CHIN, K., ALIMOHAMMADIN, H. & DUTTA, D. 2015. Ostracods, plant tissues, and other inclusions in coprolites from the Late Cretaceous Lameta Formation at Pisdura, India: taphonomical and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **418**, 90–100. 10.1016/j.palaeo.2014.11.003
- KIMMIG, J. & STROTZ, L. C. 2017. Coprolites in mid-Cambrian (Series 2-3) Burgess Shale-type deposits of Nevada and Utah and their ecological implications. *Bulletin of Geosciences*, **92**, 297–309. 10.3140/bull.geosci.1667
- MANCUSO, A. C., MARSICANO, C. & PALMA, R. 2004. Vertebrate coprolites from the Triassic of Argentina (Cuyana Basin). *Ameghiniana*, **41**, 347–354.
- NOBRE, P. H., CARVALHO, I. S., VASCONCELLOS, F. M. & SOUTO, P. R. F. 2008. Feeding behavior of the Gondwanic Crocodylomorpha *Mariliasuchus amarali* from the Upper Cretaceous Bauru Basin, Brazil. *Gondwana Research*, **13**, 139–145. 10.1016/j.gr.2007.08.002

- NORTHWOOD, C. 2005. Early Triassic coprolites from Australia and their palaeobiological significance. *Palaeontology*, **48**, 49–68. 10.1111/j.1475-4983.2004.00432.x
- OLIVEIRA, F. A. & SANTUCCI, R. M. 2017. Criteria for recognition and taphonomy of coprolites from the Serra da Galga Member, Marília Formation (Upper Cretaceous), Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **78**, 1–16. 10.1016/j.jsames.2017.05.012
- OLIVEIRA, F. A. & SANTUCCI, R. M. 2020. Palynological analysis of coprolites from the Marília Formation, Bauru Group (Upper Cretaceous), Minas Gerais, Brazil. *Cretaceous Research*, **115**, 104545. 10.1016/j.cretres.2020.104545
- PEMBERTON, S. G. 2012. William Buckland (1784-1856) and Henry De La Beche (1796-1855): the early history of coprolites. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 29–44.
- POINAR-JR., G. & BOUCOT, A. J. 2006. Evidence of intestinal parasites of dinosaurs. *Parasitology*, **133**, 245–249. 10.1017/S0031182006000138
- POINAR, H. N., HOFREITER, M., SPAULDING, W. G., MARTIN, P. S., STANKIEWICZ, B. A., BLAND, H., EVERSLED, R. P., POSSNERT, G. & PÄÄBO, S. 1998. Molecular Coproscopy: Dung and Diet of the Extinct Ground Sloth *Nothrotheriops shastensis*. *Science*, **281**, 402–406. 10.1126/science.281.5375.402
- RAGONHA, E. W. 1987. Coprólitos espiralados da Formação Corumbataí. *10th Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 307–317.
- RUDWICK, M. J. S. 1992. *Scenes from Deep Time: Early Pictorial Representations of the Prehistoric World*. The University of Chicago Press, Chicago.
- RUDWICK, M. J. S. 2008. *Worlds Before Adam: The Reconstruction of Geohistory in*

- the Age of Reform*. The University of Chicago Press, Chicago.
- SHU, D. G., LUO, H. L., CONWAY-MORRIS, S., ZHANG, X. L., HU, S. X., CHEN, L., HAN, J., ZHU, M., LI, Y. & CHEN, L. Z. 1999. Lower Cambrian vertebrates from south China. *Nature*, **402**, 42–46. 10.1038/46965
- SOUTO, P. R. F. 2003. Coprólitos do Cretáceo do Brasil. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 237pp.
- SOUTO, P. R. F. 2008. *Coprólitos do Brasil: principais ocorrências e estudo*. Publit, Rio de Janeiro.
- SOUTO, P. R. F. 2010. Crocodylomorph coprolites from the Bauru Basin, Upper Cretaceous, Brazil. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **51**, 201–208.
- SOUTO, P. R. F. 2017. Coprólitos. In SOUTO, P. R. F. (ed.) *Iconologia de Paleovertebrados*, Letra Capital, Rio de Janeiro, 57–92 pp.
- SOUTO, P. R. F. & MAGALHÃES-RIBEIRO, C. M. 1999. Fragmentos de cascas de ovos fósseis e coprólitos da Bacia Bauru (Ks): aplicação na interpretação paleoambiental. *5th Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 501–507.
- SOUTO, P. R. F. & NAVA, W. R. 2007. Coprólitos de vertebrados da localidade de Presidente Prudente, Formação Adamantina, Bacia do Paraná. In CARVALHO, I. S., CASSAB, R. C. T. & SCHWANKE, C. (eds.) *Paleontologia: Cenários de Vida*, Interciência, Rio de Janeiro, 517–522 pp.
- SOUTO, P. R. F. & FERNANDES, M. A. 2015. Fossilized excreta associated to dinosaurs in Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **57**, 32–38. 10.1016/j.jsames.2014.11.010
- SOUTO, P. R. F., ARRUDA, J. T. & CARVALHO, I. S. 2005. Ocorrência de coprólitos de crocodyliforme no município de General Salgado, São Paulo (Formação

Adamantina, Bacia Bauru). *2nd Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados*, 253–254.

THULBORN, R. A. 1991. Morphology, preservation and paleobiological significance of dinosaur coprolites. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **83**, 341–366.

## **2. ARTIGO I – Coprólitos associados a fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), Estado de São Paulo, Brasil: inferências sobre a dieta de Baurusuchidae e Sphagesauridae**

**Resumo:** Os depósitos fluviais da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior) apresentam rico registro fossilífero de vertebrados que inclui peixes, anfíbios, lagartos, serpentes, tartarugas, dinossauros e mamíferos. Os crocodilomorfos, no entanto, são os mais expressivos em termos de diversidade e abundância. Aqui discutimos algumas características dos coprólitos encontrados junto a restos de crocodilomorfos da Formação Adamantina, em Jales e Fernandópolis, no Estado de São Paulo. Em Jales, até o momento, além dos coprólitos, foram encontrados ossos de Baurusuchidae e ovos de crocodilomorfos. Em Fernandópolis, foram encontrados ossos de Baurusuchidae e Sphagesauridae, sendo os ovos de crocodilomorfos menos comuns. Um total de 41 coprólitos coletados nessas duas áreas foram analisados, variando de restos parcialmente preservados a completos. Diversas características comumente presentes nos coprólitos foram avaliadas: fraturas, perfurações, rachaduras de dessecação e desgaste. Eles variam de 1,09 a 5,54 cm (média  $2,29 \pm 0,96$ ) de comprimento e 0,58 a 2,81 cm (média  $1,59 \pm 0,54$ ) de largura. Em termos de morfologia, 34,15% são cilíndricos ( $n = 14$ ), 17,07% liquefeitos ( $n = 7$ ) e 48,78% indeterminados ( $n = 20$ ). Coprólitos liquefeitos foram preservados no mesmo nível em que ocorrem ovos e associações de ovos de crocodilomorfos. A ocorrência desses coprólitos liquefeitos está relacionada com a presença de filhotes, sugerindo área de nidificação. Um dos coprólitos encontrados pode ter sido produzido por um Theropoda. As análises de difração de raios-X de amostras cilíndricas mostraram que os coprólitos apresentam picos de fluorapatita. O conteúdo de algumas amostras sugere que coprólitos associados a Baurusuchidae podem apresentar

restos ósseos, indicando não apenas uma dieta carnívora, mas que ingeriam fragmentos de ossos grandes e coprólitos associados a Sphagesauridae podem apresentar restos vegetais, indicando possível dieta onívora/herbívora. Os resultados encontrados revelam como os coprólitos podem ser importantes no estudo do hábito alimentar de seus produtores.

**Palavras-chave:** Vertebrados, Morfotipos, Área de nidificação, Theropoda, Herbivoria.

## 2.1. Introdução

Notosuchia é o grupo de vertebrados com maior diversidade do Cretáceo Superior sul-americano (Riff *et al.* 2012). Os mais comuns foram os Baurusuchidae, cujos dados até o momento sugerem que tiveram distribuição restrita no Gondwana (Carvalho *et al.* 2011) e os Sphagesauridae, que são, até o momento, um grupo endêmico da América do Sul (*sensu* Riff *et al.* 2012; Pol *et al.* 2014). Estes crocodylomorfos possuem características que sugerem adaptação a vida no ambiente terrestre (e.g., Andrade & Bertini 2008a; Nascimento & Zaher 2010, 2011; Carvalho *et al.* 2011; Riff & Kellner 2011).

Entre os Notosuchia, os Baurusuchidae apresentam hipercarnivoria, como mostra um fóssil de associação direta de um exemplar de *Aplestosuchus sordidus* Godoy *et al.*, 2014 com um Sphagesauridae em sua cavidade abdominal (Godoy *et al.* 2014), confirmando relação predador-presa entre os representantes desses dois grupos. Por outro lado, outros Notosuchia como *Marillasuchus* e Sphagesauridae apresentam características únicas na linhagem de Crocodylomorpha, com padrões de dentição (dentes incisiviformes, caniniformes e molariformes) e mandíbula que sugerem maior diversidade alimentar (Pol 2003). Segundo Ricart *et al.* (2019), *Marillasuchus* e

Sphagesauridae apresentam espessura no esmalte dos dentes maiores que Baurusuchidae, além de facetas de desgaste horizontais, sugerindo que são capazes de processar alimentos. Outras publicações tratam de morfologia mandibular e movimentos de mastigação em exemplares de certos Notosuchia e atentaram para possibilidade de herbivoria (Andrade & Bertini 2008b; Nobre *et al.* 2008; Ösi 2013; Cunha *et al.* 2020).

No Grupo Bauru ocorre rica fauna de Crocodylomorpha, destacando-se a Formação Adamantina com vasto material, sobretudo no Estado de São Paulo. Os Notosuchia reportados para a Formação Adamantina no Estado de São Paulo incluem espécies com posicionamento taxonômico ainda não totalmente definido no grupo como *Mariliasuchus amarali* Carvalho & Bertini, 1999, *Mariliasuchus robustus* Nobre *et al.*, 2007 e *Morrinhosuchus luziae* Iori & Carvalho, 2009, espécies associadas a Baurusuchidae como *Baurusuchus pachecoi* Price, 1945, *Baurusuchus salgadoensis* Carvalho *et al.*, 2005, *Baurusuchus albertoi* Nascimento & Zaher, 2010, *Stratiotosuchus maxhechti* Campos *et al.*, 2001, *Gondwanasuchus scabrosus* Marinho *et al.*, 2013 e *Aplestosuchus sordidus* (Godoy *et al.* 2014), e espécies associadas a Sphagesauridae como *Sphagesaurus huenei* Price, 1950, *Adamantinasuchus navae* Nobre & Carvalho, 2006, *Armadillosuchus arrudai* Marinho & Carvalho, 2009, *Caryonosuchus pricei* Kellner *et al.*, 2011, *Caipirasuchus montealtensis* (Andrade & Bertini, 2008a), *Caipirasuchus paulistanus* Iori & Carvalho, 2011 e *Caipirasuchus stenognathus* Pol *et al.*, 2014. Segundo Riff *et al.* (2012), os Baurusuchidae foram provavelmente predadores de topo na Formação Adamantina, considerando os escassos materiais atribuídos a Theropoda encontrados.

Outros fósseis que ocorrem em relativa abundância no Grupo Bauru são os coprólitos (Souto 2003; Oliveira & Santucci 2017), produzidos pelos animais que representaram a fauna da região. O estudo de coprólitos pode auxiliar na compreensão do

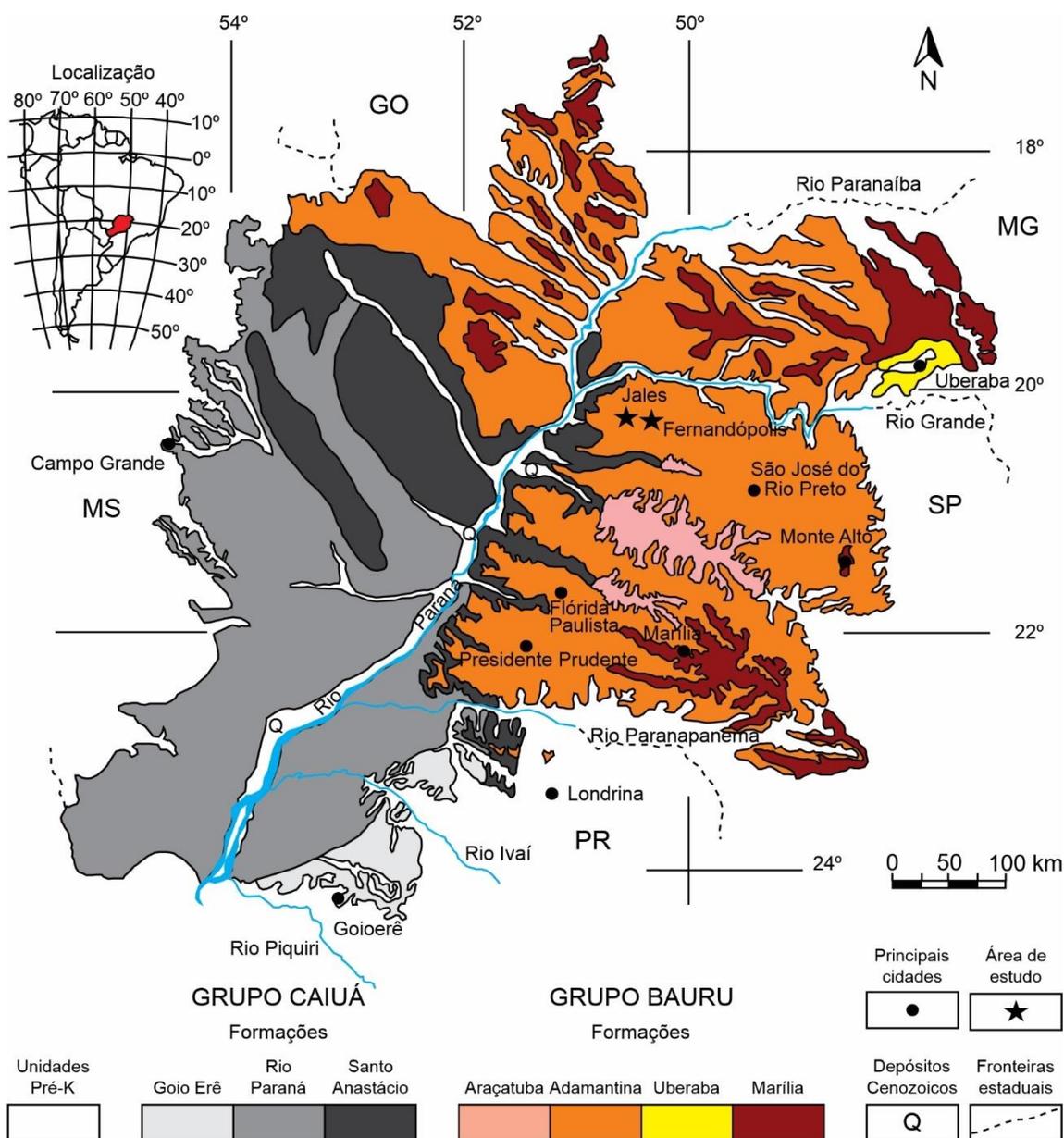
comportamento alimentar de seus produtores, além de fornecer detalhes sobre o habitat e das interações entre esses organismos e o meio em que viveram. Como exemplo, estudos dessa natureza com coprólitos já demonstraram relações tróficas entre dinossauros herbívoros e caracóis pela exploração de fezes (Chin *et al.* 2009), marca de mordida de tubarão em coprólito de crocodilomorfo, indicando predação ou coprofagia abortada (Godfrey & Smith 2010), restos vegetais em coprólitos de dinossauros herbívoros (Khosla *et al.* 2015) e revelações sobre o hábito alimentar em Tyrannosauridae, visto que um coprólito, associado ao *Tyrannosaurus rex* Osborn, 1905 indicou elevada presença de fragmentos ósseos de dinossauros Ornithischia, associado a *Triceratops* ou *Edmontosaurus* (Chin *et al.* 1998).

Neste contexto, a descoberta de uma quantidade relativamente grande de coprólitos (41 exemplares) associada a esqueletos relativamente completos de Sphagesauridae na região de Fernandópolis-SP e dois Baurusuchidae, um também de Fernandópolis e outro de Jales-SP em rochas da Formação Adamantina fornecem uma oportunidade única para um conjunto de evidências da dieta dos dois grupos, e que no caso de Sphagesauridae há evidências de herbivoria. Nesse trabalho, esses materiais são descritos e comparados e, com base em diferenças composicionais e em seu conteúdo interno, são classificados como produzidos por Sphagesauridae e Baurusuchidae.

## 2.2. Geologia regional e paleontologia

As rochas do Grupo Bauru abrangem uma área total de aproximadamente 230.000 km<sup>2</sup> (Fúlfaro 1974; Fernandes & Coimbra 1996; Batezelli 2010). O clima inferido para a época de deposição dos sedimentos é considerado como essencialmente árido/semiárido (Batezelli *et al.* 2005). O Grupo Bauru é cronocorrelato com os depósitos eólicos do Grupo Caiuá, e formam a Bacia Bauru (**Figura 4**). Os limites do Grupo Bauru são

caracterizados por processos erosivos e/ou tectônicos (Batezelli 2010). O registro fóssil do Grupo Bauru compreende microfósseis, crustáceos, moluscos, peixes, anfíbios, serpentes, lagartos, crocodilomorfos, dinossauros avianos e não-avianos e mamíferos (Bertini *et al.* 1993; Fernandes 2004; Bittencourt & Langer 2011).



**Figura 4.** Mapa geológico da Bacia Bauru. Modificado de Fernandes & Coimbra (1996).

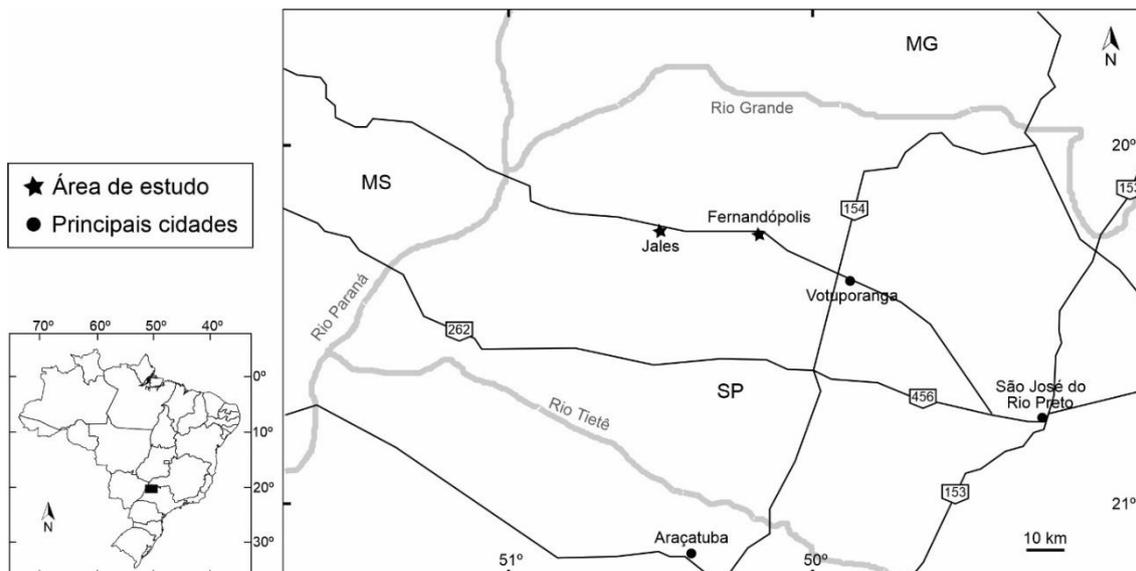
As rochas da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru são interpretadas como depositadas por sistema de deposição de rios entrelaçados (Fernandes & Coimbra

2000; Batezelli *et al.* 2003). Segundo Batezelli (2010), ela é caracterizada por arenitos avermelhados, lamíticos e, subordinadamente, conglomerados, com intercalações lamíticas, constituídos por grãos arredondados a sub-arredondados de quartzo e hematita, com seleção moderada. Assenta-se de forma gradacional sobre os depósitos finos da Formação Araçatuba no Estado de São Paulo e sobre os basaltos da Formação Serra Geral nas demais localidades da bacia (Fernandes 2004; Milani *et al.* 2007).

Algumas propostas atribuem a idade da Formação Adamantina como Campaniano inferior/Maastrichtiano inferior (Gobbo-Rodrigues *et al.* 2000; Santucci & Bertini 2001). Por outro lado, Dias-Brito *et al.* (2001) consideram sua parte inferior de idade Turoniano-Coniaciano e sua parte superior como Coniaciano-Santoniano. E recentemente, Castro *et al.* (2018) posicionaram a Formação Adamantina entre o Coniaciano e o Maastrichtiano com base em datação radiométrica em cristais de zircão.

A Formação Adamantina é considerada a unidade mais rica em fósseis de vertebrados do Grupo Bauru (Bertini *et al.* 1993; Kellner & Campos 1999, 2000; Riff *et al.* 2012), ocorrendo restos associados a quelônios, crocodilomorfos, dinossauros terópodes e saurópodes e, mais recentemente, aves (Bertini *et al.* 1993; Kellner & Campos 1999, 2000; Alvarenga & Nava 2005; Riff *et al.* 2012). Também já foram reportados fósseis bem preservados de ostracodes, conchostráceos e moluscos (Mezzalira 1974, 1989; Gobbo-Rodrigues *et al.* 1999a, b).

Os afloramentos de onde originaram os coprólitos estudados se encontram nas regiões de Jales e Fernandópolis, noroeste do Estado de São Paulo (**Figura 5**) e são compostos essencialmente por arenito fino, mal selecionado, com grãos maiores arredondados e grãos menores angulosos e incipiente estratificação plano-paralela, segundo observações em campo. Também apresentam camadas com maior contribuição de arenito médio arredondado, com nódulos carbonáticos milimétricos.



**Figura 5.** Mapa de localização da área de estudo no Estado de São Paulo, Brasil.

Finalmente, também são encontradas camadas de arenito com cimentação carbonática, de cor acinzentada, intercaladas com camadas de arenito fino/muito fino siltoso. Em alguns locais, nas regiões mais elevadas com rocha preservada são encontrados siltitos com laminação plano-paralela. Na região de Jales ocorrem até o momento exemplares de Baurusuchidae associados com icnofósseis de invertebrados e do próprio crocodilomorfo (coprólitos e associações de ovos e cascas de ovos). Por outro lado, em Fernandópolis foram encontrados até o momento exemplares de Baurusuchidae e Sphagesauridae, incluindo indivíduos de vários estágios ontogenéticos de Baurusuchidae. Também são encontrados icnofósseis de invertebrados e coprólitos associados. As associações de ovos e cascas de ovos são muito raras.

A interpretação dada para essa associação de rochas segue a mesma linha das propostas apresentadas na literatura, ou seja, de depósitos fluviais de sistemas entrelaçados (*braided*). Entretanto, a presença de cascas e associações de ovos de crocodilomorfos eclodidos na região de Jales, como reportado por Oliveira *et al.* (2011), e a presença de grande concentração de icnofósseis de invertebrados e marcas de raízes em alguns desses níveis de arenito, apontam para a presença de depósitos de barras de

areia que ficavam temporariamente expostas a condições subaéreas. Caso contrário, não seria possível o desenvolvimento de vegetação (ainda que herbácea e arbustiva) e a eclosão dos ovos de crocodilomorfos.

### **2.3. Material e métodos**

Os fósseis dos crocodilomorfos foram encontrados em atividades de campo entre 2011 e 2016. Alguns coprólitos foram coletados no momento da retirada dos fósseis. No entanto, a maioria das amostras somente foi revelada no laboratório, durante a preparação dos blocos de rochas que continham os fósseis. Ao final, 41 coprólitos foram encontrados junto aos dois fósseis de Baurusuchidae e de um Sphagesauridae. O estado de preservação dos coprólitos varia desde fragmentos quebrados a massas fecais inteiras. Devido à fragilidade e raridade do material, foram necessários procedimentos de preparação que possibilitaram o máximo de preservação (Amstutz 1958; Häntzschel *et al.* 1968). A preparação consistiu principalmente da retirada da matriz de arenito que envolvia os fósseis, que demandou muito tempo. Devido à fragilidade, algumas amostras continuam envoltas por uma capa de arenito ou completamente aderidas ao sedimento. Logo após tratadas, as 41 amostras foram tombadas na coleção científica do Laboratório de Paleontologia da Faculdade UnB Planaltina (FUP) com número de registro FUP-142 a FUP-182.

A descrição dos coprólitos consistiu na determinação dos caracteres morfológicos e morfométricos de acordo com as principais referências (Thulborn 1991; Hunt *et al.* 1994). Durante essa etapa, a análise foi realizada sob microscópio estereoscópico (*Opton*). As medidas de comprimento e largura foram tomadas com paquímetro (*Mitutoyo*) e o peso aferido com balança digital de precisão (*Diamond*). Adicionalmente,

também foram mensurados espessura, volume e densidade de cada amostra (Jepsen 1963; Souto 2003; Oliveira & Santucci 2017, 2020).

As diversas características presentes, tais como marcas, fraturas, perfurações, rachaduras e desgaste foram anotadas. Com base nos caracteres morfológicos, quando possível, os coprólitos foram agrupados por morfotipos (e.g., Chin 2002; Souto 2003; Eriksson *et al.* 2011; Owocki *et al.* 2012; Oliveira & Santucci 2017). Todas as informações coletadas foram compiladas numa base de dados no *software Calc* do pacote *LibreOffice (The Document Foundation)*. Para cada parâmetro morfométrico foram calculados a média e desvio padrão. Adicionalmente, todos os gráficos foram plotados no *software QtiPlot* (Vasilief 2011), e os desenhos criados no *Inkscape* e *Gimp*. Todos os *softwares* citados foram utilizados no sistema operacional *Debian GNU/Linux*.

Na sequência, alguns coprólitos foram escolhidos para realização de algumas análises. Pequenos fragmentos das amostras FUP-150, FUP-151, FUP-156, FUP-162, FUP-164 e FUP-177 foram enviadas para o Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília (UnB) para realização de análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Adicionalmente, a espectroscopia de energia dispersiva (EDS) foi realizada na amostra FUP-164 (associada a *Sphagesauridae*). Para a realização de difração de raios-X foram escolhidos os coprólitos FUP-142, FUP-143, FUP-149, FUP-150, FUP-151, FUP-153, FUP-156, FUP-157, FUP-161, FUP-162, FUP-164, FUP-173, FUP-174 e FUP-182. De cada amostra foi retirado um pequeno fragmento e, em seguida, pulverizado e acondicionado em *ependorf* numerado. As análises foram realizadas no Laboratório de Difração de Raios-X da Universidade de Brasília (UnB). Foram realizadas seções delgadas das amostras FUP-142, FUP-151, FUP-153, FUP-156, FUP-157, FUP-161, FUP-162, FUP-164, FUP-174 e FUP-182 no Laboratório de Laminação da Universidade de São Paulo (USP). As lâminas foram submetidas a análise em microscópio petrográfico

acoplado com câmera fotográfica, obtendo registros de diferentes aumentos. Por fim, o coprólito FUP-150, associado a Sphagesauridae, foi enviado para o Laboratório de Caracterização Tecnológica da Universidade de São Paulo (USP) para tomada de imagens com microtomógrafo (ZEISS Xradia Versa XRM-510, com fatias de espaçamento de 0,05 mm). As imagens da tomografia foram manipuladas e segmentadas em 3D no *software* *ITK-SNAP* (Yushkevich *et al.* 2006).

## 2.4. Resultados e discussão

Os 41 coprólitos associados aos fósseis de Baurusuchidae e Sphagesauridae da região de Jales e Fernandópolis analisados, variam de 1,09 a 5,54 cm (média  $2,29 \pm 0,96$ ) de comprimento e 0,58 a 2,81 cm (média  $1,59 \pm 0,54$ ) de largura (**Tabela 1**). Devido à fragilidade do material, alguns coprólitos ainda estão contidos no sedimento ou possuem sedimento incrustado. Nesses casos, não foi possível aferir peso, volume e densidade para esses materiais. Mas algumas amostras estão bem preservadas. Alguns coprólitos estão preservados inteiros e outros muito fragmentados.

O material estudado apresenta características que mostram tratarem-se de coprólitos verdadeiros, como: morfologia externa, marcas de superfície, material orgânico incluso e matriz com granulação muito fina e uniforme (Hunt *et al.* 1994). A densidade dos coprólitos é baixa, em alguns casos menor que a densidade da água, variando de 0,65 a 1,91 g/cm<sup>3</sup> (**Tabela 1**), enquanto a densidade encontrada no sedimento é maior, com valores de 2,07 g/cm<sup>3</sup> em Fernandópolis e 2,15 g/cm<sup>3</sup> em Jales. A baixa densidade encontrada é semelhante à de coprólitos do Membro Serra da Galga, Formação Marília em Uberaba, Minas Gerais, cujo critério foi fundamental para se diferenciar coprólitos de pseudocoprólitos, que apresentaram alta densidade (Oliveira & Santucci 2017).

**Tabela 1.** Parâmetros físicos dos 41 coprólitos da Formação Adamantina, Bacia Bauru de Jales e Fernandópolis, Estado de São Paulo, Brasil. Coprólitos de Fernandópolis – FUP-142 a FUP-166, coprólitos de Jales – FUP-167 a FUP-182. A coluna “fóssil associado” indica à qual esqueleto o coprólito estava mais próximo.

<b>Amostra</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Volume (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Morfotipo</b>	<b>Fóssil associado</b>
FUP-142	2,80	2,33	-	-	-	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-143	1,09	0,61	0,39	0,60	0,65	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-144	1,56	1,44	1,90	1,30	1,46	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-145	1,92	1,25	2,33	1,50	1,55	Cilíndrico	Baurusuchidae
FUP-146	1,66	1,11	0,53	0,80	0,66	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-147	2,38	2,01	-	-	-	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-148	1,60	1,41	1,48	1,20	1,23	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-149	1,73	1,62	-	-	-	Indeterminado	Sphagesauridae
FUP-150	4,13	2,01	8,39	5,35	1,56	Cilíndrico	Sphagesauridae
FUP-151	3,30	1,95	2,99	2,90	1,03	Cilíndrico	Baurusuchidae
FUP-152	2,05	1,89	2,31	2,00	1,15	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-153	2,92	1,88	7,56	5,80	1,30	Cilíndrico	Baurusuchidae
FUP-154	1,81	1,52	1,39	1,10	1,26	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-155	1,28	0,62	0,26	0,20	1,30	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-156	5,54	2,46	19,72	15,00	1,31	Cilíndrico	Sphagesauridae
FUP-157	1,78	1,71	1,68	1,50	1,12	Indeterminado	Sphagesauridae
FUP-158	2,93	2,08	7,12	5,20	1,36	Indeterminado	Sphagesauridae
FUP-159	1,44	1,33	1,42	0,90	1,57	Cilíndrico	Baurusuchidae
FUP-160	1,96	1,92	4,88	3,00	1,62	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-161	2,11	1,57	5,49	3,50	1,56	Cilíndrico	Sphagesauridae
FUP-162	2,51	1,39	-	-	-	Indeterminado	Sphagesauridae
FUP-163	3,16	2,17	9,76	6,00	1,62	Cilíndrico	Sphagesauridae
FUP-164	2,95	1,37	5,16	3,80	1,35	Cilíndrico	Sphagesauridae
FUP-165	1,63	1,00	0,65	0,60	1,08	Indeterminado	Sphagesauridae
FUP-166	1,63	0,83	1,24	0,90	1,37	Cilíndrico	Sphagesauridae
FUP-167	1,33	1,07	-	-	-	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-168	1,91	1,35	-	-	-	Liquefeito	Baurusuchidae
FUP-169	1,43	1,01	-	-	-	Liquefeito	Baurusuchidae
FUP-170	2,09	1,89	3,26	2,90	1,12	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-171	3,56	1,68	6,04	4,60	1,31	Cilíndrico	Baurusuchidae
FUP-172	2,24	1,41	4,26	2,70	1,57	Cilíndrico	Baurusuchidae
FUP-173	4,53	2,42	26,83	14,00	1,91	Cilíndrico	Baurusuchidae
FUP-174	1,84	1,84	2,34	2,50	0,93	Indeterminado	Baurusuchidae

Amostra	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Peso (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Morfotipo	Fóssil associado
FUP-175	1,47	0,58	0,25	0,30	0,83	Indeterminado	Baurusuchidae
FUP-176	2,10	1,80	-	-	-	Liquefeito	Baurusuchidae
FUP-177	2,00	0,94	-	-	-	Liquefeito	Baurusuchidae
FUP-178	1,96	1,58	1,75	1,70	1,02	Cilíndrico	Baurusuchidae
FUP-179	3,48	2,81	-	-	-	Liquefeito	Baurusuchidae
FUP-180	3,44	2,65	-	-	-	Liquefeito	Baurusuchidae
FUP-181	1,68	1,20	-	-	-	Liquefeito	Baurusuchidae
FUP-182	1,30	1,66	1,73	1,90	0,91	Indeterminado	Baurusuchidae

#### 2.4.1. Morfologia das amostras

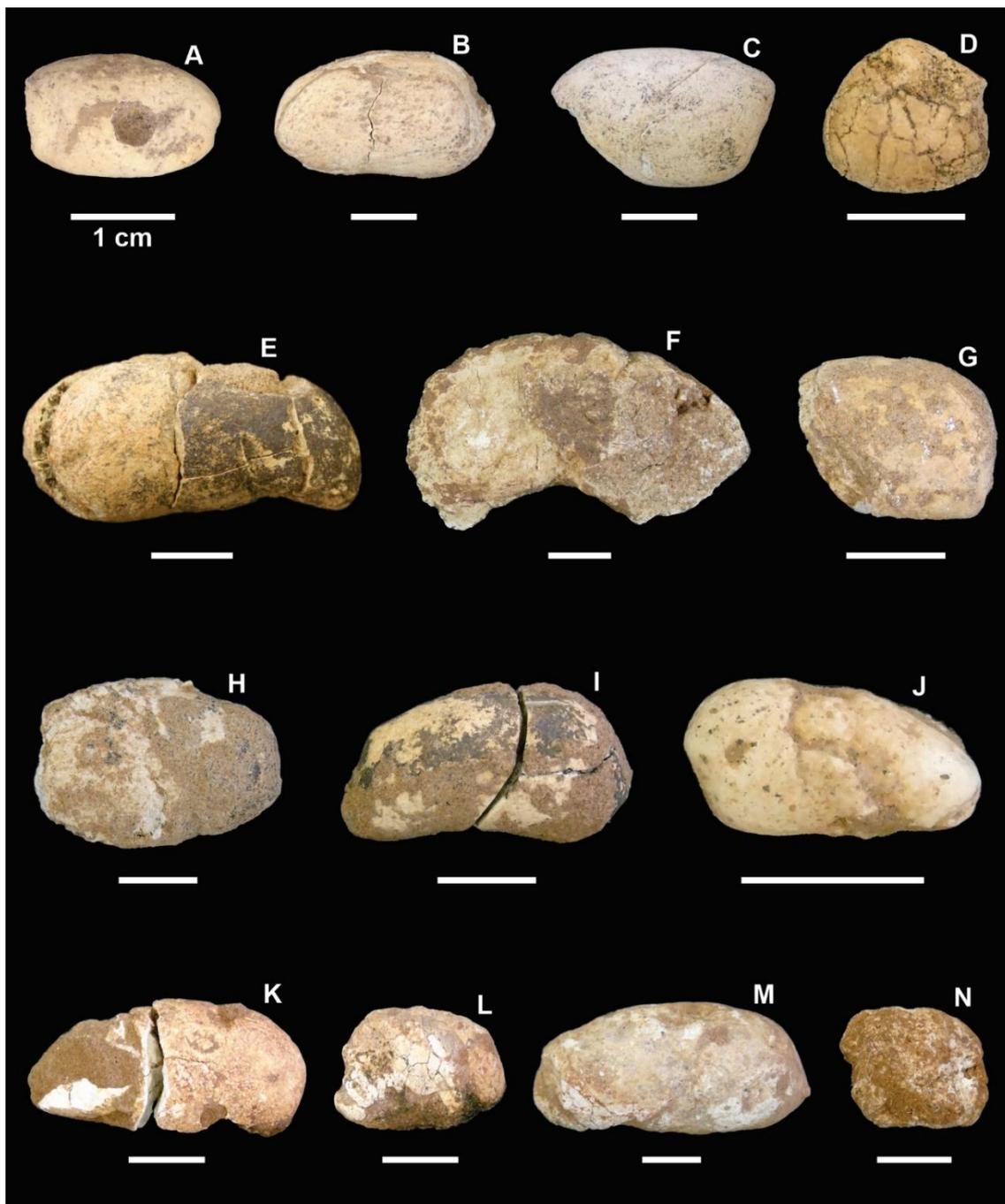
O conjunto de coprólitos analisados revelou dois morfotipos básicos: cilíndricos e liquefeitos (**Tabela 1**). Por outro lado, alguns coprólitos não puderam ser associados a uma morfologia determinada. Uma breve descrição dos morfotipos encontrados e dos coprólitos de morfologia indeterminada é apresentada a seguir:

**Morfotipos cilíndricos** – Foram encontrados 14 coprólitos cilíndricos (**Figura 6**), que podem ser de subtipos curtos (mais ovalados) ou alongados, mas são caracterizados por estruturas de diâmetro mais ou menos constante ao longo do seu comprimento. Apresentam extremidades isopolar ou anisopolar, que podem ser arredondadas ou pontiagudas. O comprimento médio foi  $2,95 \text{ cm} \pm 1,18$  e a largura foi  $1,70 \text{ cm} \pm 0,46$ , incluindo os coprólitos completos e fragmentados. Esses coprólitos também possuem uma leve curvatura ao longo de seu comprimento, exceto a amostra FUP-156, que possui curvatura mais acentuada (**Figura 6F**). Ademais, o coprólito FUP-156 também difere um pouco dos demais coprólitos cilíndricos na aparência. Os coprólitos cilíndricos variaram em relação à coloração externa, indo do bege ao castanho. Entretanto, internamente, os coprólitos são esbranquiçados ou bege. Foram encontrados quatro coprólitos cilíndricos

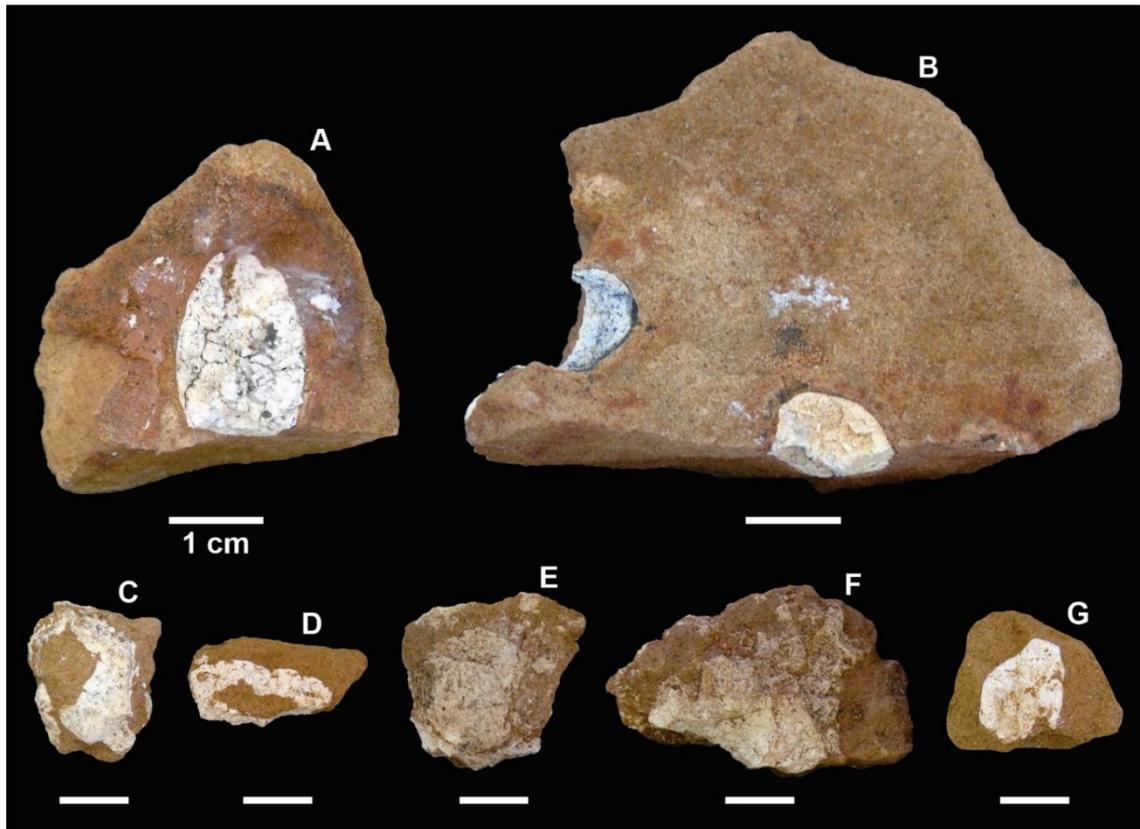
associados a fósseis de Baurusuchidae em Fernandópolis, quatro à Baurusuchidae em Jales e seis à Sphagesauridae em Fernandópolis.

**Morfotipos liquefeitos** – Foram encontrados sete coprólitos liquefeitos (**Figura 7**), associados apenas com restos de Baurusuchidae em Jales. Esses coprólitos foram reportados para a Formação Adamantina por Souto (2010), considerados como resultantes de fezes de aspecto mais líquido, depositadas na superfície dos planos de estratificação dos finos níveis areníticos. São menores que coprólitos do morfotipo cilíndrico, com comprimento médio de  $2,29 \text{ cm} \pm 0,82$  e largura  $1,68 \pm 0,76$ . Os coprólitos liquefeitos encontrados são, predominantemente, de coloração esbranquiçada.

**Indeterminados** – Incluem 20 coprólitos de morfologia indeterminada (**Figura 8**), por estarem muito fragmentadas, apesar de algumas serem compatíveis com a forma cilíndrica. Essas amostras apresentaram comprimento médio de  $1,84 \text{ cm} \pm 0,50$  e largura  $1,46 \text{ cm} \pm 0,51$ . Foram encontrados dez coprólitos de morfologia indeterminada junto ao Baurusuchidae em Fernandópolis, cinco ao Baurusuchidae em Jales e cinco ao Sphagesauridae em Fernandópolis. Quanto a cor, os coprólitos de morfologia indeterminada são semelhantes aos morfotipos cilíndricos, variando do bege ao castanho externamente, mas esbranquiçados na parte interna.



**Figura 6.** Coprólitos cilíndricos associados aos fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. Coprólitos associados à Baurusuchidae em Fernandópolis: A, FUP-145; B, FUP-151; C, FUP-153; D, FUP-159. Coprólitos associados à Sphagesauridae em Fernandópolis: E, FUP-150; F, FUP-156; G, FUP-161; H, FUP-163; I, FUP-164; J, FUP-166. Coprólitos associados à Baurusuchidae em Jales: K, FUP-171; L, FUP-172; M, FUP-173; N, FUP-178. Escala = 1,00 cm.

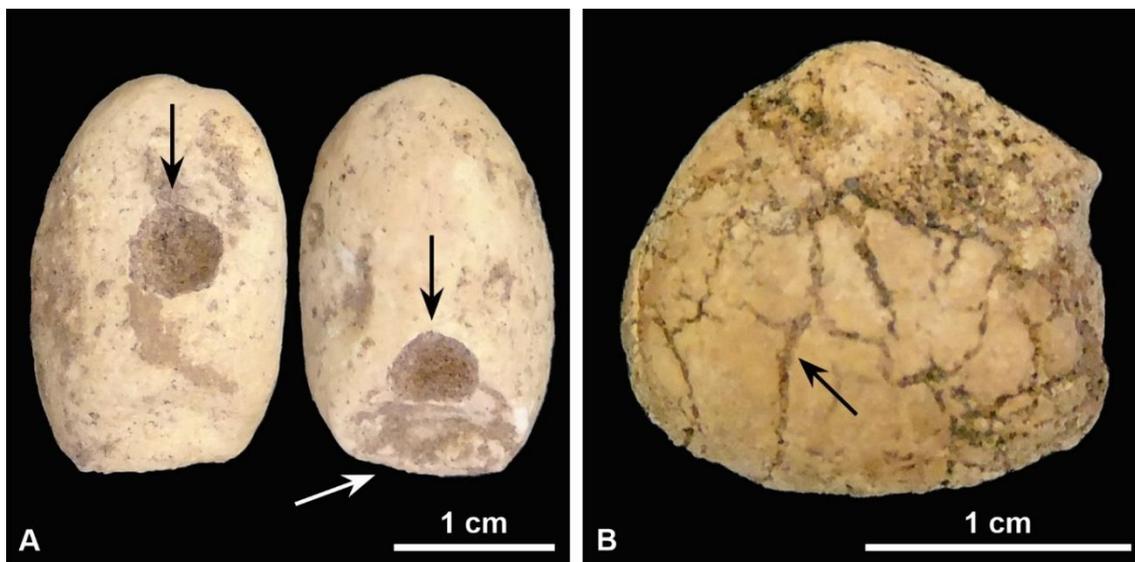


**Figura 7.** Coprólitos liquefeitos associados à fósseis de Baurusuchidae em Jales, Estado de São Paulo, Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru: A, FUP-168; B, FUP-169; C, FUP-176; D, FUP-177; E, FUP-179; F, FUP-180; G, FUP-181. Escala = 1,00 cm.



**Figura 8.** Coprólitos de morfologia indeterminada associados aos fósseis de crocódilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. Coprólitos associados à Baurusuchidae em Fernandópolis: A, FUP-142; B, FUP-143; C, FUP-144; D, FUP-146; E, FUP-147; F, FUP-148; G, FUP-152; H, FUP-154; I, FUP-155; J, FUP-160. Coprólitos associados à Sphagesauridae em Fernandópolis: K, FUP-149; L, FUP-157; M, FUP-158; N, FUP-162; O, FUP-165. Coprólitos associados à Baurusuchidae em Jales: P, FUP-167; Q, FUP-170; R, FUP-174; S, FUP-175; T, FUP-182. Escala = 1,00 cm.

Dentre as características observadas, destaca-se a deformação estrutural de alguns coprólitos, relacionada à plasticidade das fezes quando foram expelidas, causando deformação terminal (FUP-153, **Figura 6C**), curvatura longitudinal (FUP-156, **Figura 6F**) e marcas de superfície (FUP-160, **Figura 8J**). A deformação terminal da amostra FUP-145 (**Figura 9A**) pode ter se formado antes do material ter sido expelido, visto que a área afetada não é plana, mas sim côncava. Essa deformação pode ser resultante do contato entre dois exemplares antes da evacuação. A amostra FUP-145 ainda apresenta duas perfurações preenchidas por sedimento (**Figura 9A**). As perfurações são muito semelhantes àsquelas produzidas por invertebrados coprófagos, e já foram descritas em coprólitos de outras localidades (e.g., Dentzien-Dias *et al.* 2012; Milàn *et al.* 2012). Rachaduras de ressecamento foram encontradas em alguns coprólitos, como a amostra FUP-159 (**Figura 9B**), sugerindo um período de exposição subaérea com condições de elevada temperatura e baixa umidade (Souto 2003; Oliveira & Santucci 2017).

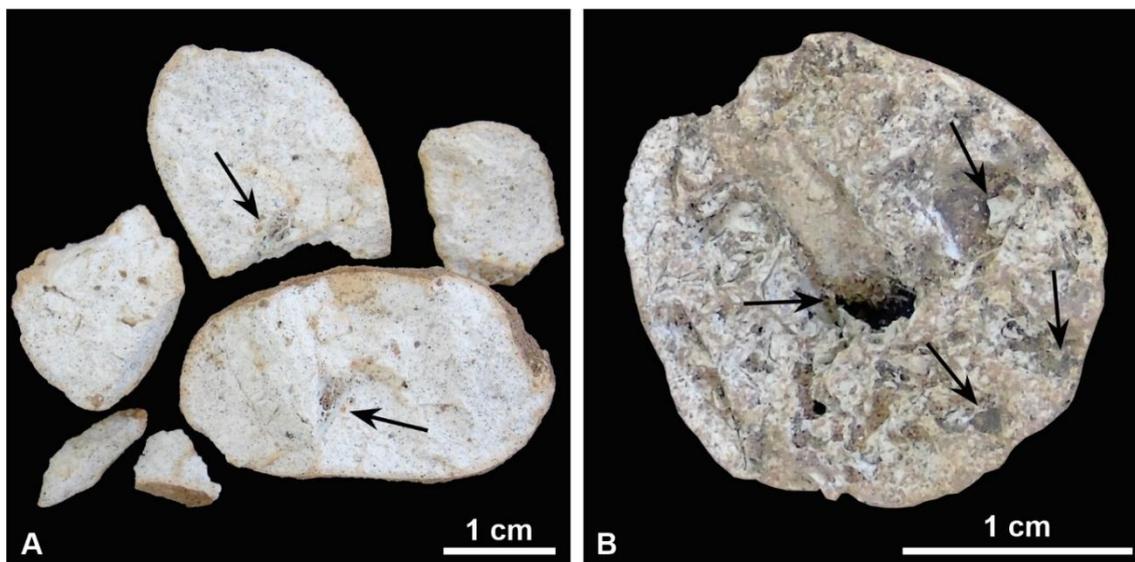


**Figura 9.** Características estruturais observadas em alguns coprólitos associados aos fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. A, setas pretas indicando perfuração de invertebrado em dois locais e seta branca indicando deformação terminal da amostra FUP-145; B, Seta preta indicando rachadura de ressecamento na amostra FUP-159.

#### 2.4.2. Composição química e inclusões

Os coprólitos mostrados na **Figura 6** foram encontrados praticamente inteiros, exceto FUP-159, que está quebrado em uma extremidade e FUP-156, que está quebrado nas duas extremidades. Porém, alguns desses coprólitos, embora encontrados praticamente inteiros, estavam fragmentados em duas ou mais partes, como FUP-150 e FUP-164, associadas a Sphagesauridae, além de FUP-151 e FUP-171, associadas a Baurusuchidae. Isso possibilitou a triagem da porção interna desses coprólitos.

Ao analisar os fragmentos, nada foi observado nas amostras FUP-164 e FUP-171. Por outro lado, algumas estruturas foram observadas nos demais. A amostra FUP-151, associada a Baurusuchidae, contém pequenos fragmentos ósseos (**Figura 10A**), indicando carnivorina de seu produtor. Fragmentos ósseos também foram observados em coprólitos de crocodilomorfos da Formação Adamantina (Souto 2010). Entretanto, a presença de fragmentos ósseos em fezes de crocodilomorfos não é considerada comum devido a eficácia do sistema digestório desses arcossauros (Milàn 2012; Dentzien-Dias *et al.* 2018). Já a amostra FUP-150, associada a Sphagesauridae, contém possíveis restos vegetais (**Figura 10B**). Essas estruturas são laminadas e de formato curvilíneo, sugerindo uma origem vegetal. Há, ainda, uma depressão percorrendo a parte interna do coprólito, a qual continha alguma estrutura de formato achatado.



**Figura 10.** Características estruturais observadas em alguns coprólitos associados aos fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. A, setas indicando fragmentos ósseos na amostra FUP-151, associada a Baurusuchidae em Fernandópolis; B) setas indicando possíveis restos vegetais na amostra FUP-150, associado a Sphagesauridae em Fernandópolis.

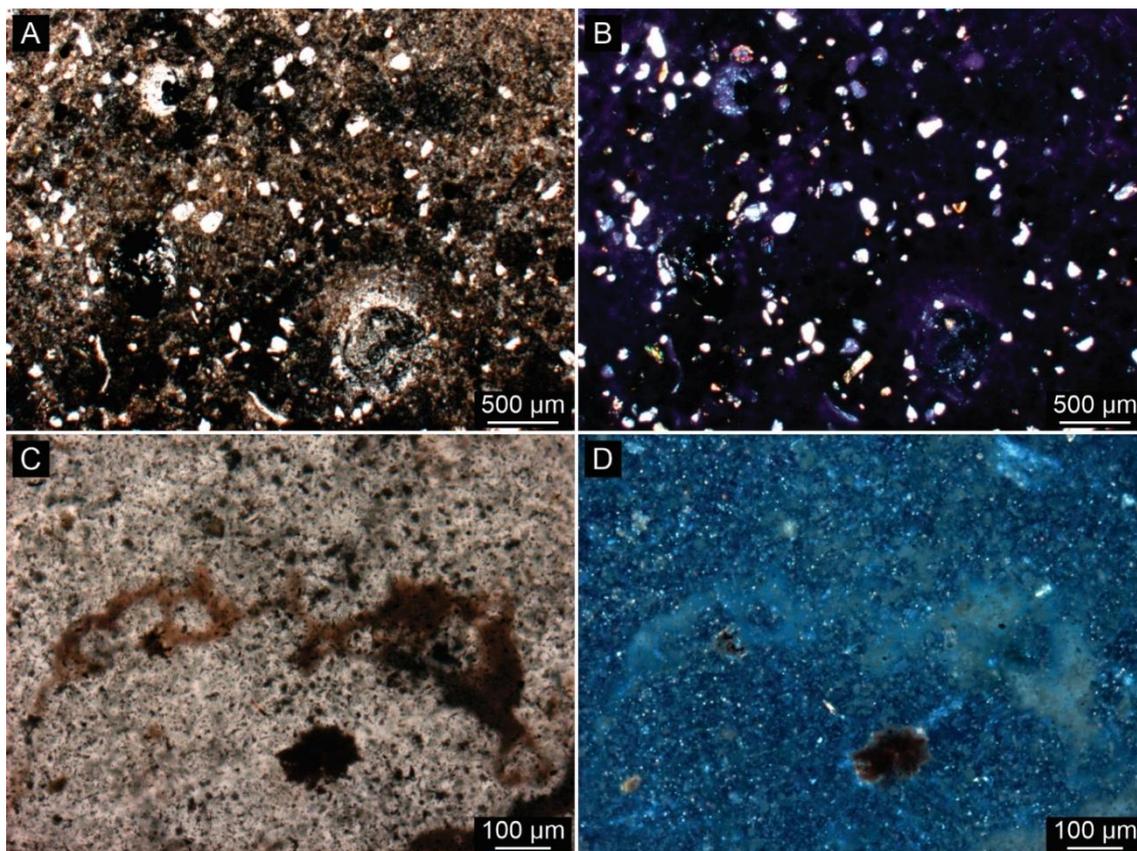
Análises de difração de raios-X revelaram que os coprólitos de Jales e Fernandópolis são abundantes em fosfato de cálcio, representado pela fluorapatita –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  (**Material Suplementar 1**). Esse resultado era esperado, visto que, frequentemente, coprólitos são de composição fosfática, cujo fosfato de cálcio deriva da matéria orgânica original (Häntzschel *et al.* 1968; Thulborn 1991). Ademais, Hunt *et al.* (1994) propuseram que a presença de fosfato de cálcio também é mais um critério para se determinar um coprólito verdadeiro. Além da fluorapatita, todas as análises também mostraram picos de quartzo –  $\text{SiO}_2$ .

Alguns coprólitos, associados a Baurusuchidae e Sphagesauridae, produziram picos associados ao microclínio –  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , saponita –  $\text{Ca}_{0.2}\text{Mg}_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  e montmorilonita –  $\text{Ca}_{0.2}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . A amostra FUP-173, associada a Baurusuchidae, foi a única que apresentou picos de calcita –  $\text{CaCO}_3$ . Por outro lado, alguns coprólitos associados a Sphagesauridae (FUP-156, FUP-157 e FUP-161)

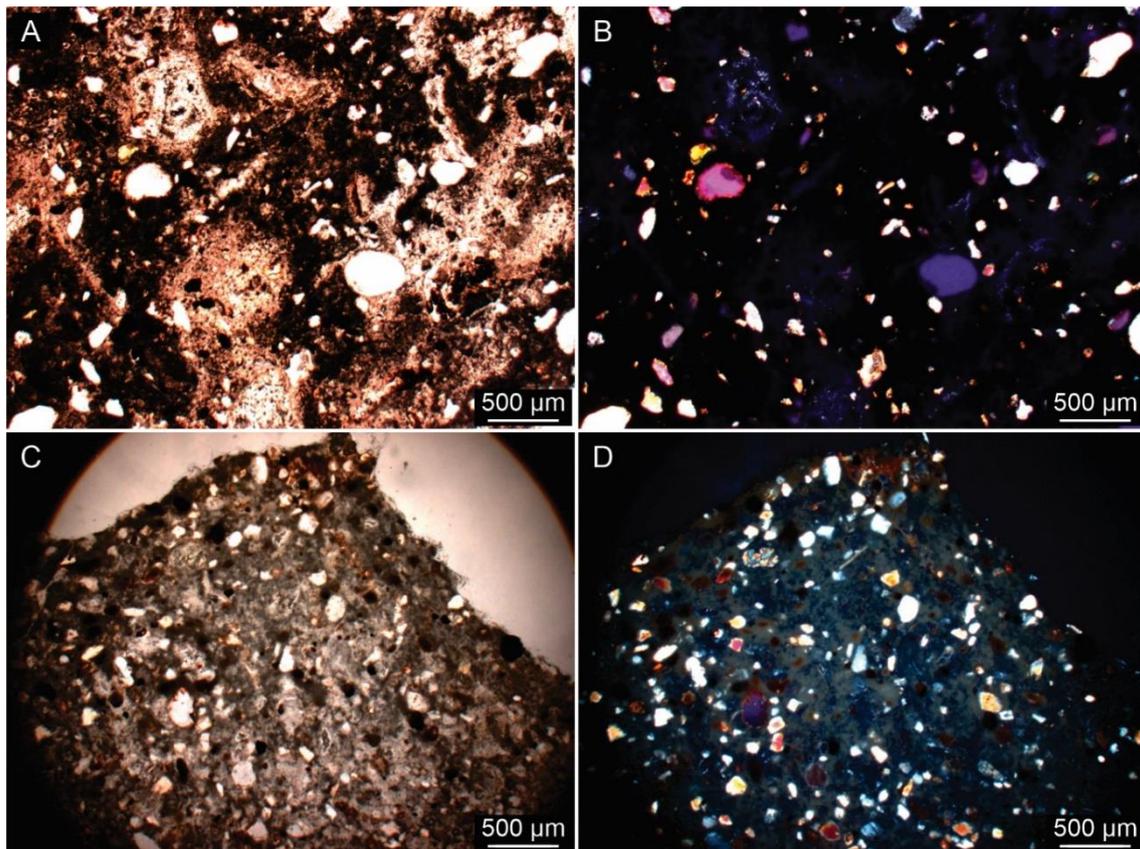
apresentaram picos de ferroactinolita –  $(Ca,Na,K)_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$ . Outros minerais que apareceram em difrações de coprólitos associados a Sphagesauridae foi illita –  $(K,H_3O)Al_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$  (FUP-161).

A análise de MEV dos pequenos fragmentos enviados permitiu a visualização da matriz dos coprólitos, mas nenhuma amostra apresentou quaisquer indícios de conteúdo ingerido pelos produtores. Os resultados da análise de MEV+EDS da amostra FUP-164, associada a Sphagesauridae, revelou que os principais componentes da matriz coprolítica são P e Ca (**Material Suplementar 2**). Ademais, outros componentes da amostra foram o Si, S e F, além dos elementos metálicos Mg, Al, Cu, Na, K, Fe, Ce, Mn, Ba e Ti.

As fotomicrografias das seções delgadas mostraram que os coprólitos apresentam uma massa amorfa, que não reage a luz polarizada, com grãos de areia arredondados que variam em tamanho. Uma diferença observada entre os coprólitos associados a Baurusuchidae e Sphagesauridae foi o tamanho das frações minerais. Coprólitos associados aos fósseis de Baurusuchidae geralmente apresentam grãos de areia de até 0,20 mm em Fernandópolis, como na amostra FUP-151 (**Figura 11A e B**), e apresentam frações de silte ou silte/argila em Jales, como na amostra FUP-174 (**Figura 11C e D**). Em contraste, os coprólitos associados ao Sphagesauridae em Fernandópolis podem apresentar grãos de areia mais grossos, chegando até 0,50 mm e variando mais em tamanho como FUP-157 e FUP-161 (**Figura 12**). Além disso, também se observa na matriz a presença de minerais metálicos (opacos) vistos com polarizador descruzado e cruzado (**Figura 12C-D**).



**Figura 11.** Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos associados a Baurusuchidae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia do Bauru do Estado de São Paulo. A e B, amostra FUP-151, proveniente do afloramento de Fernandópolis, apresentando grãos de areia vistos com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), com aumento da objetiva de 2,5 x; C e D, amostra FUP-174, proveniente do afloramento de Jales, apresentando silte ou silte/argila vistos com polarizador descruzado (C) e cruzado (D), com aumento da objetiva de 10 x.

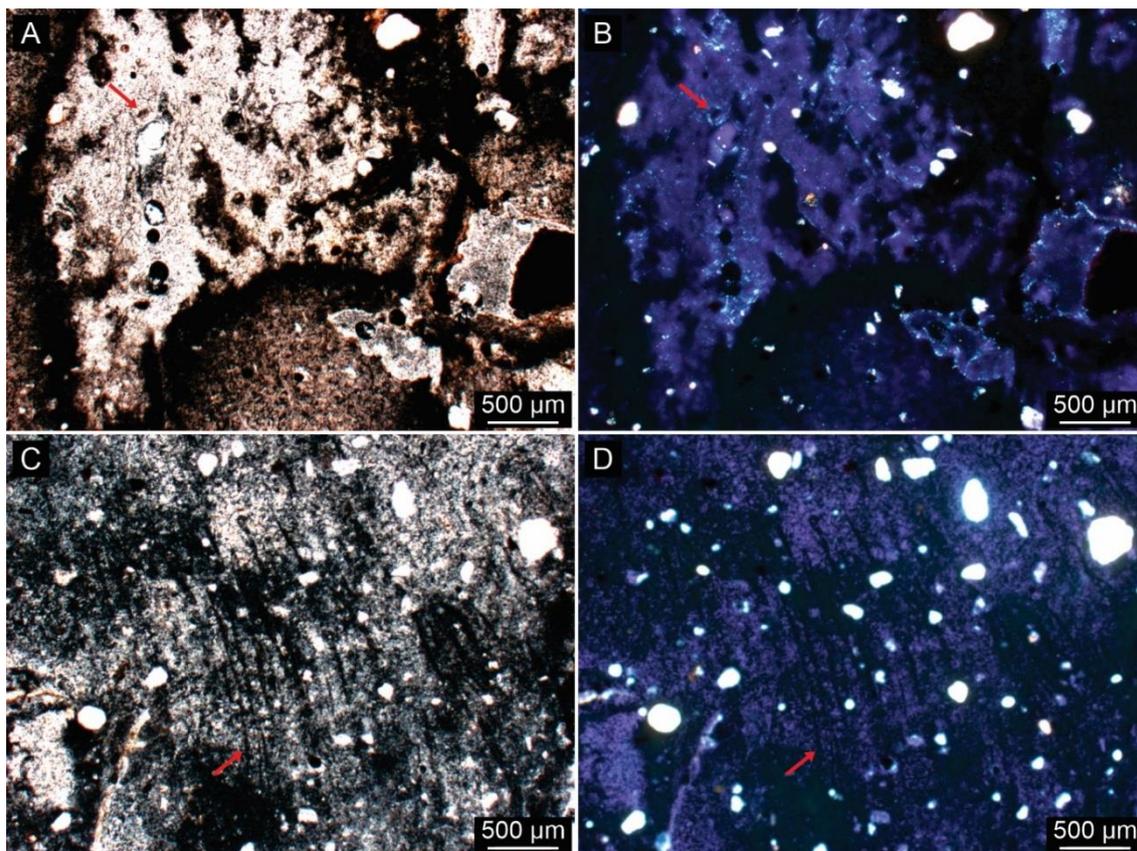


**Figura 12.** Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos associados a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo. A e B, amostra FUP-157, proveniente do afloramento de Fernandópolis, apresentando grãos de areia grossos e finos vistos com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), com aumento da objetiva de 2,5 x; C e D, amostra FUP-161, proveniente do afloramento de Fernandópolis, apresentando minerais metálicos (opacos) vistos com polarizador descruzado (C) e cruzado (D), com aumento da objetiva de 2,5 x.

Merecem destaque também os resultados encontrados na seção delgada da amostra FUP-156. Esse coprólito foi encontrado no bloco de sedimento próximo ao esqueleto de Sphagesauridae. Embora também seja do morfotipo cilíndrico, difere um pouco dos demais tipos cilíndricos de crocodilomorfos. Mesmo quebrado nas duas extremidades e um pouco achatado, foi o maior coprólito cilíndrico encontrado em comprimento e largura (ver **Tabela 1**). Seu peso e volume foi consideravelmente superior ao dos demais coprólitos, mas a densidade foi similar. Ademais, a difração de raios-X indica que o coprólito FUP-156 apresenta composição semelhante aos demais coprólitos.

A seção delgada da amostra FUP-156 revelou a presença de prováveis fragmentos ósseos com presença de ósteons ainda relativamente visíveis (**Figura 13A e B**), uma estrutura do osso formado por lamelas de tecido ósseo que cercam um canal de *Havers*. Em comparação, a seção delgada de um coprólito da Formação Frenchman, no sudoeste de Saskatchewan, Canadá, produzido por um *Tyrannosaurus rex*, também revelou presença de restos ósseos com ósteons (Chin *et al.* 1998). Na Formação Adamantina, foram reportados terópodes dos grupos Abelisauroidea e Maniraptoriformes (Ghilardi & Fernandes 2011; Geroto & Bertini 2014; Tavares *et al.* 2014; Bandeira *et al.* 2018; Delcourt *et al.* 2020). Mesmo na região de Jales e Fernandópolis, onde nos afloramentos são abundantes os restos de crocodilomorfos, escassos restos de dinossauros terópodes, ainda inéditos, foram encontrados nos mesmos níveis. Considerando que a presença de restos ósseos em coprólitos de crocodilomorfos tende a ser incomum, propõe-se que o coprólito FUP-156 pode ter sido produzido por um dinossauro terópode. Porém, Chin *et al.* (1998) advertem que é mais difícil determinar coprólitos produzidos por terópodes, visto que outros taxa carnívoros coexistiram com dinossauros e a maioria das fezes são taxonomicamente ambíguas.

Adicionalmente, estruturas alongadas e orientadas semelhantes à pelos foram encontradas na seção delgada da amostra FUP-156 (**Figura 13C e D**). Essas estruturas possuem até 2,00 mm de comprimento e cerca de 50,00  $\mu\text{m}$  nas porções mais bulbosas. Em algumas dessas estruturas observa-se a região mais bulbosa em uma das extremidades, afinando-se progressivamente na direção da outra extremidade. A cor dessas estruturas é escura, não apresentando interação com a luz polarizada, indicando se tratar de material amorfo. Uma estrutura semelhante foi encontrada em um coprólito do Triássico da Formação Santa Maria, Rio Grande do Sul (Francischini *et al.* 2018). Recentemente, uma publicação descreveu o dente pré-molar de *Brasilestes stardusti* Castro *et al.*, 2018, um mamífero Tribosphenida da Formação Adamantina na região de General Salgado, São Paulo (Castro *et al.* 2018), distando cerca de 60 km ao sul das cidades de Jales e Fernandópolis, apresentando rochas de litologia semelhante e com ocorrências de fósseis de Baurusuchidae e fragmentos de cascas de ovos. Isso demonstra que mamíferos também poderiam estar presentes na região de Jales e Fernandópolis. De toda forma, apenas o registro dessas estruturas não é suficiente para confirmar sua origem.



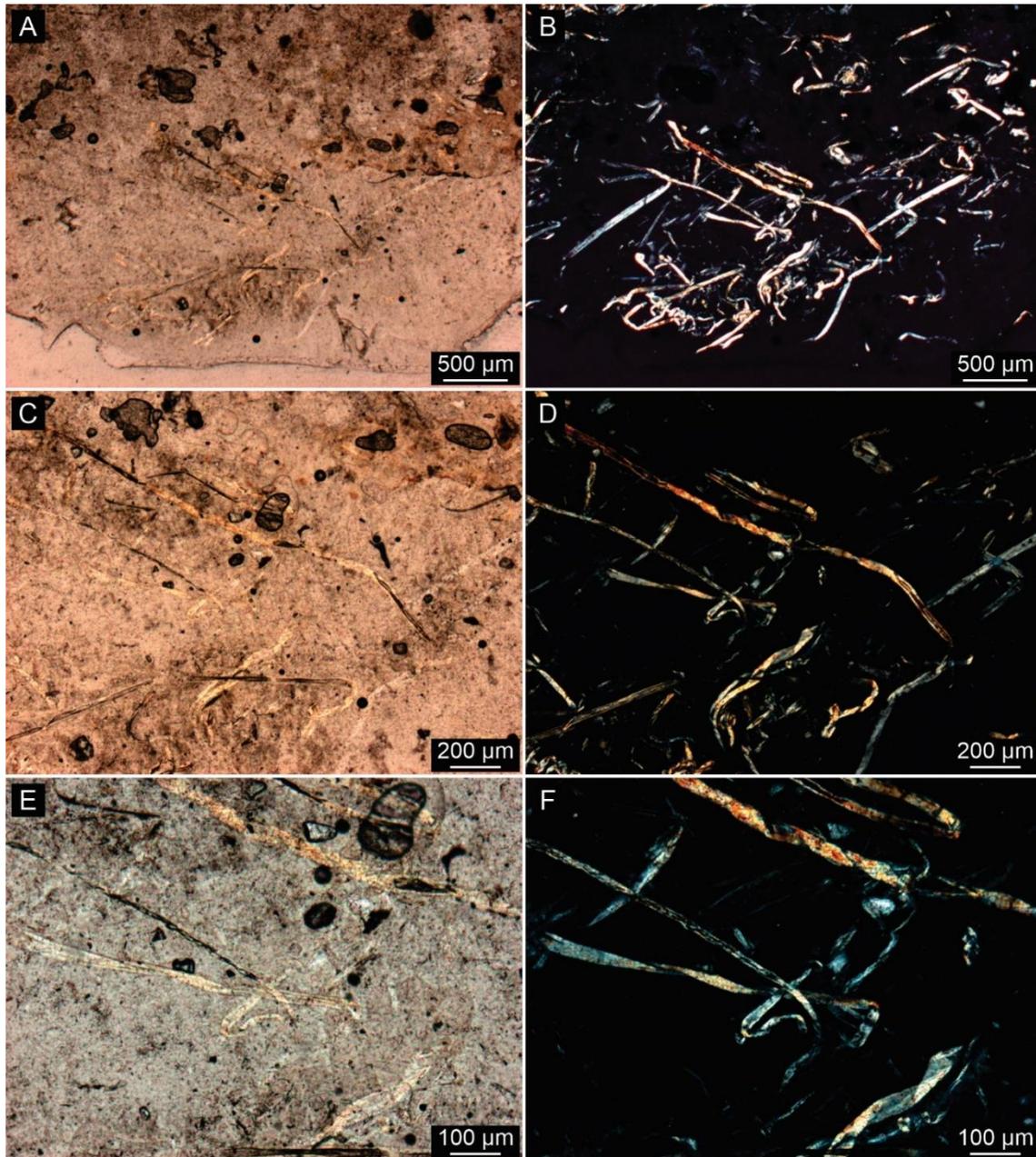
**Figura 13.** Fotomicrografia de seção delgada da amostra FUP-156 associada a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo. O coprólito FUP-156, embora associado a Sphagesauridae, difere um pouco dos coprólitos associados a crocodilomorfos. A e B, fragmento ósseo com presença de ósteons, um deles indicado pela seta vermelha, vistos com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), com aumento da objetiva de 2,5 x; C e D, estruturas filamentosas de origem desconhecida, vistas com polarizador descruzado (C) e cruzado (D), com aumento da objetiva de 2,5 x.

Ainda sobre as seções delgadas, foram encontradas estruturas filamentosas com orientação preferencial na amostra FUP-142, associada a Baurusuchidae em Fernandópolis (**Figura 14**). Nota-se que algumas dessas estruturas estão dobradas, e mesmo as dobras também seguem uma orientação. Na imagem de maior aumento, vista com a luz polarizada, observa-se que parte dos filamentos estão retorcidos, alguns com maior intensidade no enrolamento (**Figura 14F**). Considera-se que se trata de um material orgânico que agora se apresenta microcristalino por causa dos efeitos da diagênese. A massa fecal não foi afetada da mesma forma pelos efeitos da diagênese, visto que a maior parte do coprólito não interage com a luz polarizada. Com essas observações, as estruturas encontradas são aqui associadas a hifas de fungos. Fósseis de hifas de fungos já foram encontrados associados a plantas e coprólitos (Taylor *et al.* 2009), e apresentam certa semelhança com as estruturas da amostra FUP-142 (ver exemplos no **Anexo 1**).

Atualmente, certos tipos de fungos são usados na agricultura como micoparasitas de controle (**Anexo 2**), cujas hifas se enrolam nas hifas de fungos fitopatogênicos (Benhamou & Chet 1993; Cao *et al.* 2009). Vale destacar que esses fungos pertencem a Sordariomycetes, um táxon com milhares de espécies de fungos que podem ser micoparasitas, patógenos e endófitos de plantas, patógenos de animais, decompositores de madeira e fezes (Zhang *et al.* 2006). Há uma possibilidade interessante da presença de filamentos de fungo micoparásita na amostra FUP-142. Isso explica a presença de filamentos que, em parte, são helicoidais, mas de acordo com as características do grupo não é possível afirmar se os filamentos foram ingeridos pelo animal junto com o alimento, ou se está relacionado aos processos de decomposição das fezes.

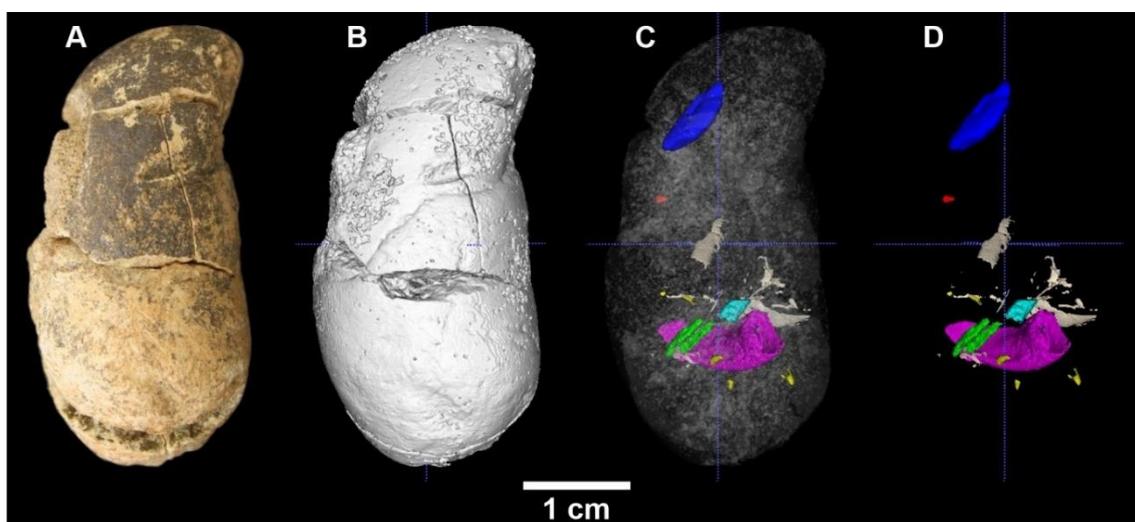
Na literatura paleontológica foram reportados resultados sobre a ocorrência de fungos em coprólitos. A presença de fungos epífilos em coprólitos do saurópode *Isisaurus* (Titanosauria), da Formação Lameta, Índia se deve a ingestão de folhas contaminadas por

esse tipo de fungo, enquanto a presença de micorrizas nos mesmos coprólitos se deve a contaminação após o dinossauro expelir as fezes (Sharma *et al.* 2005). Na Formação Two Medicine, em Montana, EUA, madeira parcialmente decomposta em coprólitos de dinossauros ornitíscios, incluindo *Maiasaura peeblesorum* Horner & Makela, 1979, sugerem que os animais comeram madeira decomposta por fungos em períodos de escassez alimentar, sendo útil como fonte de nutrientes após a decomposição da lignina e celulose por ação desses fungos (Chin 2007). Isso demonstra que a presença de fungos em coprólitos pode ter duas origens, uma ocorrida pela ingestão de fungos junto ao alimento ou como alimento e outra por contaminação das fezes. Adicionalmente, esporos de fungos e hifas septadas foram recentemente reportadas em coprólitos de animais herbívoros, incluindo titanossauros, da Formação Marília, Grupo Bauru, na região de Peirópolis, Minas Gerais, cuja presença parece estar relacionada aos processos de decomposição e ressecamento antes da fossilização (Oliveira & Santucci 2020).



**Figura 14.** Fotomicrografia de seção delgada da amostra FUP-142 associada a Baurusuchidae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo. Os registros são de um mesmo local na lâmina, vistas com aumento da objetiva de 2,5 x com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), aumento da objetiva de 5 x com polarizador descruzado (C) e cruzado (D) e aumento da objetiva de 10 x com polarizador descruzado (E) e cruzado (F). Observe que as estruturas parecem ter uma orientação preferencial (B). Quando vistas com aumento da objetiva de 10 x, observa-se que em certos locais os filamentos estão retorcidos chegando a apresentar um padrão de enrolamento helicoidal (F).

Com as imagens da tomografia, carregadas no *software ITK-SNAP*, foi realizada a segmentação para criar um modelo 3D do coprólito FUP-150, associado a Sphagesauridae em Fernandópolis (**Figura 15**). Algumas estruturas observadas nas imagens tomografadas foram segmentadas e revelaram sete tipos de inclusão na amostra. Uma imagem com transparência parcial do coprólito mostra a localização espacial dessas estruturas, que foram separadas por diferentes cores (**Figura 15C**). É digno de nota mencionar que a maioria dessas estruturas são cavidades bem definidas dentro do coprólito. Estruturas que aparecem na imagem na cor preta são de baixíssima densidade, enquanto estruturas que aparecem em branco são mais densas. Como pode ser observado na **Figura 10B**, a maior das estruturas são cavidades geradas pela decomposição de matéria orgânica original.



**Figura 15.** Coprólito FUP-150 associado a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo, com algumas de suas inclusões. A, coprólito inteiro, montado a partir de vários fragmentos; B, modelo 3D de superfície do coprólito; C, coprólito semitransparente demonstrando a localização de algumas inclusões segmentadas; D, modelo 3D de algumas inclusões segmentadas.

As estruturas segmentadas não encontram semelhança com restos de animais, tais como ossos, pelos, penas, escamas ou carapaças. O material incluído representado pela cor

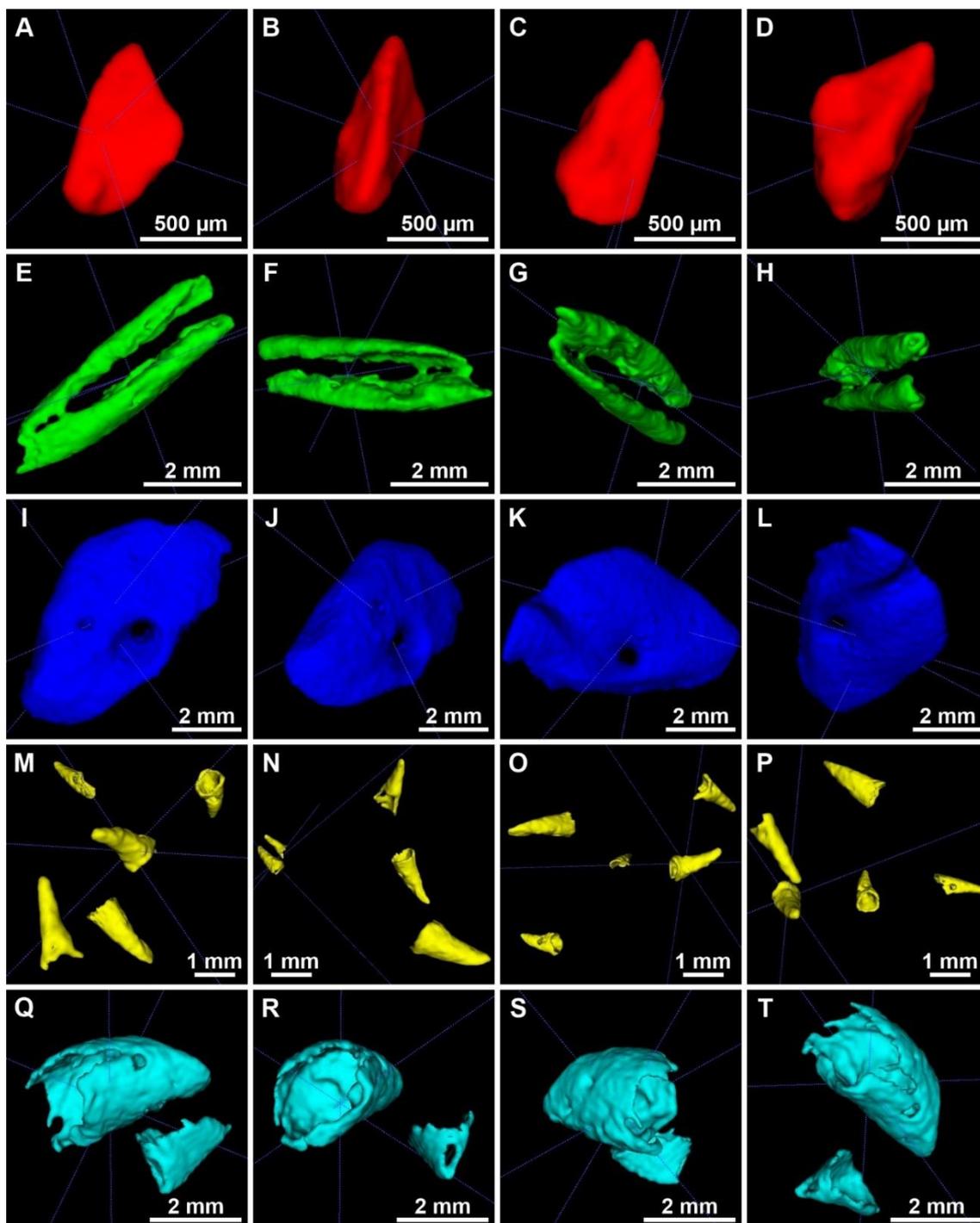
vermelha apresenta formato irregular e possui, aproximadamente, 1,00 mm (**Figura 16A-D**). Na imagem carregada no programa ela aparece na cor cinza, semelhante à cor do coprólito. Essa estrutura é de origem desconhecida.

A inclusão representada pela cor verde possui 5,50 mm, aparenta um formato cilíndrico e está partida longitudinalmente. Além disso, os fragmentos estão retorcidos. Essa estrutura remete um pequeno galho ou pecíolo foliar e pode ser um fragmento vegetal (**Figura 16E-H**). Pequenos fragmentos vegetais já foram reportados em coprólitos de dinossauros herbívoros (ver **Anexo 3**) das formações Two Medicine em Montana, EUA (Chin 2007) e Lameta, Índia (Khosla *et al.* 2015), ambas do Cretáceo Superior, mesma idade da Formação Adamantina.

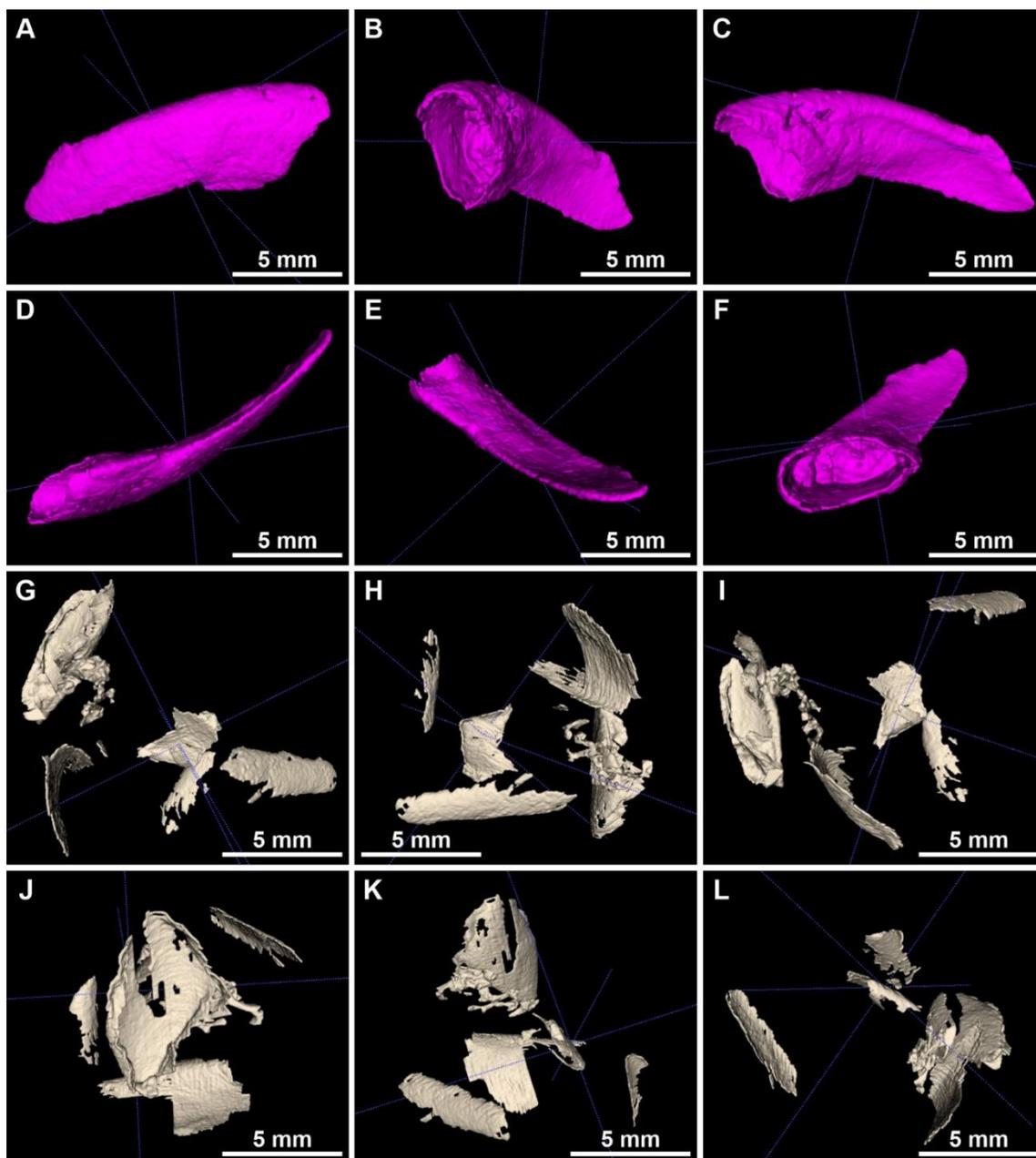
A inclusão de cor azul escura possui 7,50 mm e apresenta uma perfuração com, aproximadamente, 0,50 mm de largura, mas sua origem é desconhecida (**Figura 16I-L**). Também foram encontradas inclusões em formato de cone. As menores, cerca de 2,00 mm, foram segmentadas com a cor amarela (**Figura 16M-P**) e as maiores, cerca de 4,00 mm, na cor azul clara (**Figura 16Q-T**). A primeira suspeita foi que as inclusões em formato de cone encontradas poderiam ser conchas de gastrópodes, considerando que Souto (2003) relatou possíveis fragmentos de conchas de gastrópodes em coprólitos da Formação Adamantina. Na Formação Two Medicine, Montana, EUA, Chin *et al.* (2009) reportaram gastrópodes em coprólitos de dinossauros herbívoros e sugerem que esses moluscos exploraram as fezes como fonte de alimento e abrigo. Porém, as estruturas cônicas encontradas no coprólito FUP-150, não mostram as voltas da espira, como é bem característico nos gastrópodes reportados por Chin *et al.* (2009). Ademais, a parte interna desses cones é oca, não aparecendo a columela presente na concha de gastrópodes. Desta forma, essas estruturas podem ter origem em partes coniformes ou espinescentes de plantas.

Uma estrutura achatada (mostrada preliminarmente na **Figura 10B**) e segmentada na cor violeta destaca-se no interior do coprólito FUP-150 (**Figura 17A-F**). Ela alcança 1,50 cm de comprimento, possuindo uma extremidade mais larga e ovalada, com 5,00 mm, que vai se tornando gradativamente mais fina e achatada em direção a outra extremidade. Essa estrutura está fragmentada na extremidade mais larga e em uma das laterais. A amostra FUP-150 não possui qualquer perfuração externa que indique ação de organismos coprófagos, como o coprólito FUP-145 (**Figura 9**) e outros descritos na literatura (e.g., Dentzien-Dias *et al.* 2012; Milàn *et al.* 2012). Ademais, como se observa na **Figura 15C** a estrutura está totalmente contida no interior do coprólito e é achatada, diferente dos buracos mostrados nos trabalhos citados.

Finalmente, algumas estruturas laminadas foram segmentadas na cor bege (**Figura 17G-L**). Elas foram preliminarmente mostradas na **Figura 10B**. Essas estruturas laminadas mostram-se bastante fragmentadas, irregulares e de tamanhos variados. Elas apresentam pouca espessura, as bordas estão mal definidas e algumas estão dobradas. Essas características contribuem para a inferência de que podem ser folhas parcialmente digeridas. Khosla *et al.* (2015), encontraram restos de folhas no interior do coprólito de um saurópode da Formação Lameta, Índia, mas de formato de agulha, interpretadas como folhas de pinheiro.



**Figura 16.** Inclusões segmentadas no coprólito FUP-150 associado a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo. A-D, inclusão não identificada; E-H, provável fragmento vegetal de formato cilíndrico, que está partido longitudinalmente; I-L, inclusão não identificada contendo uma perfuração; M-P, prováveis restos vegetais em formato de cone ou espinho; Q-T, prováveis restos vegetais em formato de cone.



**Figura 17.** Inclusões segmentadas no coprólito FUP-150 associado a Sphagesauridae da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru em Fernandópolis, Estado de São Paulo. A-F, estrutura achatada, mas de seção ovalada em uma das extremidades, de possível origem vegetal; G-L, estruturas laminadas de possíveis restos foliares.

A presença de algumas possíveis inclusões vegetais no coprólito FUP-150 indica uma dieta herbívora de seu produtor. Thulborn (1991) alerta que informações detalhadas da dieta, com base em conteúdo de coprólitos, costumam ter valor limitado. Ademais, alia-se o fato de que o registro de fósseis vegetais no Grupo Bauru é bastante escasso, relacionado com as condições de aridez do clima (Fernandes 2004) e das condições de deposição/diagenéticas oxidantes, reveladas pela cor avermelhada dos sedimentos, que têm potencial para destruir matéria vegetal preservada. Por outro lado, Oliveira & Santucci (2020) reportaram palinomorfos em coprólitos da Formação Marília em Uberaba, Minas Gerais característicos de condições de aridez, afins a Cycadaceae e Gnetales (exemplares atuais desses grupos podem ser visualizados no **Anexo 4**). Como as condições ambientais da Formação Adamantina foram semelhantes às da Formação Marília, é aceitável supor que plantas dos mesmos grupos devem ter feito parte da paisagem.

Os conteúdos segmentados no coprólito FUP-150 remetem a algumas estruturas presentes em plantas Gnetales. O registro fóssil de Gnetales é abundante do ponto de vista palinológico, devido a enorme quantidade de grãos de pólen eferoides relatados na literatura, sendo mais limitados os macrofósseis vegetais (Taylor *et al.* 2009). Ao considerar os gêneros atuais, *Ephedra* (**Anexo 5**), *Gnetum* (**Anexo 6** e **Anexo 7**) e *Welwitschia* (**Anexo 8**), observamos como são eco-morfológicamente distintos (Rydin *et al.* 2006; Taylor *et al.* 2009). Por outro lado, o registro fóssil mostra grande variação morfológica durante o Mesozoico (*sensu* Puebla *et al.* 2017), e pode auxiliar sobre o entendimento da evolução de uma morfologia tão divergente nos Gnetales atuais (Yang *et al.* 2017). É importante observar que as estruturas cônicas segmentadas no coprólito FUP-150 (**Figura 16**) são compatíveis em tamanho com as pontas de cones das estruturas reprodutivas de Gnetales (exemplos nos Anexos).

A estrutura achatada segmentada na **Figura 17** é de difícil interpretação. A segmentação não permite a visualização de estruturas detalhadas devido ao limite do tamanho mínimo do pixel no *software* utilizado. Sua forma indica representar um fragmento de semente. Como exemplo, na literatura, foram reportados coprólitos associados a dinossauros herbívoros da Formação Lameta, Índia, contendo sementes de *Arecaceae* (Ambwani & Dutta 2005) e *Capparaceae* (Dutta & Ambwani 2007), demonstrando que esse tipo de preservação é possível, visto que sementes podem ser suficientemente duras para resistir à compressão durante a fossilização (Crane & Upchurch-Jr 1987).

Considerando as Gnetales existentes, espécies dos gêneros *Ephedra* e *Welwitschia* são as que habitam regiões áridas (Taylor *et al.* 2009; Ickert-Bond & Renner 2016), em equivalência com o paleoambiente da Formação Adamantina. A morfologia das sementes relacionadas a *Ephedraceae* varia inter e intraespecificamente (Ickert-Bond & Rydin 2011). Elas podem ser lanceoladas, elípticas, ovais ou oblongas, seja em representantes atuais (e.g., Ickert-Bond & Rydin 2011; Ickert-Bond & Renner 2016) ou fósseis do Cretáceo (e.g., Yang *et al.* 2005; Rydin *et al.* 2006; Yang & Wang 2013; Puebla *et al.* 2017). Já as sementes de *Welwitschia* possuem asas que se desenvolvem a partir de brácteas, são achatadas com forma elíptica a triangular, arredondados na base e tornam-se afinados em direção a região apical (e.g., Mundry & Stützel 2004; Ickert-Bond & Renner 2016; Cardoso *et al.* 2019). Sementes fósseis relacionadas a *Welwitschiaceae* do Cretáceo foram descritas em diversos locais do mundo (e.g., Crane & Upchurch-Jr 1987; Friis *et al.* 2014). No Brasil, foram reportadas para a Formação Crato sementes de *Cratonia cotyledon* Rydin (Rydin *et al.* 2003) e *Welwitschiella austroamericana* Dilcher (Dilcher *et al.* 2005). Posto isso, a estrutura achatada é aqui associada a uma semente de Gnetales. As asas, comuns em sementes relacionadas a *Welwitschiaceae*, e a parte da base

quebrada podem ter se perdido no processo de alimentação ou digestão do animal. Exemplares de sementes atuais e fósseis de Gnetales podem ser visualizadas no **Anexo 9**.

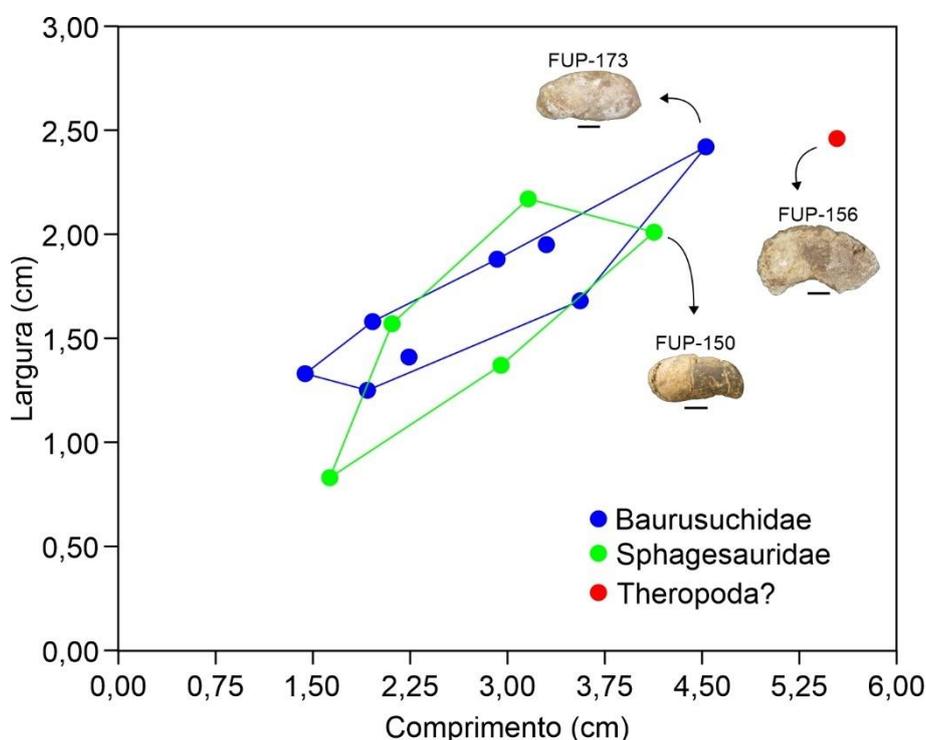
#### ***2.4.3. Interpretação dos produtores dos coprólitos e sua dieta***

Apesar dos resultados apresentados e discutidos nos tópicos anteriores, a determinação direta do produtor de um coprólito deve ser feita com parcimônia. A ambiguidade morfológica dos coprólitos torna difícil a associação direta com o produtor (Chin *et al.* 1998; Chin 2002). Desta forma, todo tipo de informação levantada pode ser útil, especialmente as físico-químicas (Chin 2002). Como exemplo, ao analisar padrões morfológicos e conteúdo de coprólitos da Formação Urumaco, Mioceno da Venezuela, Dentzien-Dias *et al.* (2018) determinaram que seus prováveis produtores foram carnívoros, incluindo crocodilianos e herbívoros, que incluem Rodentia, Notoungulata e Sirenia.

A maioria dos coprólitos identificados neste estudo é de morfologia cilíndrica com as extremidades arredondadas e de tamanho relativamente pequeno (poucos centímetros), seja associado a Baurusuchidae ou Sphagesauridae. Este padrão morfológico tem se mostrado comum em coprólitos de crocodilomorfos, independente do táxon ou período geológico (e.g., Young 1964; Sawyer 1981; Harrell & Schwimmer 2010; Souto 2010; Lucas *et al.* 2012; Dentzien-Dias *et al.* 2018). Mesmo os Crocodylia atuais produzem excrementos similares em morfologia e tipos de inclusão (Milàn 2012). Entretanto, do conjunto de coprólitos cilíndricos do estudo, a amostra FUP-156 mostra-se um pouco diferente. Resultados de difração e densidade mostram equivalência com os demais coprólitos, mas ela apresenta uma curvatura mais proeminente, é maior em comprimento e largura, mesmo se apresentando quebrada nas duas extremidades, contém prováveis fragmentos ósseos e estruturas que remetem à pelos. A literatura mostra que coprólitos

de dinossauros carnívoros também são cilíndricos, e uma característica é a riqueza em fragmentos ósseos (Thulborn 1991; Chin *et al.* 1998, 2003).

Quando se considera as medidas de comprimento e largura das amostras cilíndricas, a variação de dados não sugere diferença no tamanho dos coprólitos associados a Baurusuchidae e Sphagesauridae, ocorrendo alta sobreposição de valores (**Figura 18**). Deve ser levado em consideração o limitado número de amostras que compõem o gráfico, mas de todo modo o resultado mostra como apenas padrões morfológicos não são suficientes para determinação dos produtores dos coprólitos. A maior amostra cilíndrica encontrada (FUP-156) é mostrada isolada no gráfico. Observa-se que, mesmo fragmentada nas duas extremidades (**Figura 6F**), ainda apresentou maior comprimento.



**Figura 18.** Variação de tamanho dos coprólitos cilíndricos associados aos fósseis de crocodilomorfos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru dos municípios de Jales e Fernandópolis, São Paulo. Escala dos coprólitos = 1,00 cm.

Embora a forma e tamanho não sejam diagnósticas para se diferenciar coprólitos de Baurusuchidae e Sphagesauridae, os métodos para determinar a composição química e conteúdo retornaram interessantes resultados. Entretanto, deve ser levado em consideração que a composição química dos coprólitos, independente de produtor e idade tende a apresentar dominância de P, Ca e Si, e esta composição sofre variação conforme a dieta do produtor e o processo de diagênese (Chin 2007). A presença de fragmentos ósseos no coprólito FUP-151 indica que foi produzido por um carnívoro, interpretado como um Baurusuchidae, já que estava associado a este fóssil. A alta concentração de fluorapatita –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  reforça ainda mais a origem carnívora dos produtores desses coprólitos (Souto 2010; Souto & Fernandes 2015; Vajda *et al.* 2016). Outra informação que vale ser destacada é a presença de grãos de areia menores nos coprólitos de Baurusuchidae.

Por outro lado, as análises em coprólitos associados a Sphagesauridae não indicaram carnivoría dos produtores, exceto pela amostra FUP-156, que pode estar relacionado a um dinossauro terópode. As análises de MEV+EDS indicaram que a amostra FUP-164 possui Si, Ca, Al, P e Fe na composição. Além disso, análises de difração de raios-X sugerem a presença de silicatos. A ocorrência de picos associados a sílica em coprólitos da Formação Marília em Peirópolis, Uberaba, Minas Gerais foi relacionada com animais herbívoros (Souto & Fernandes 2015; Oliveira & Santucci 2017, 2020). Além disso, a segmentação de estruturas 3D do coprólito FUP-150 sugere a presença de restos vegetais, interpretados como associados a Gnetales. Os Sphagesauridae apresentam heterodontia e facetas de desgaste horizontais nos dentes, indicando que possuíam capacidade de processamento de alimento com movimento propalinal da mandíbula e que poderiam se alimentar de tipos distintos de alimentos, incluindo herbivoría (Andrade & Bertini 2008b). Levando em consideração o conteúdo

encontrado nos coprólitos associados a Sphagesauridae, e que as difrações também mostram picos de fluorapatita como os coprólitos de Baurusuchidae, os dados indicam que os Sphagesauridae poderiam ter sido onívoros e/ou herbívoros. Diferentemente dos coprólitos de Baurusuchidae, os grãos de areia nos coprólitos de Sphagesauridae são maiores e mais diversos. Esta diferença pode estar relacionada ao hábito alimentar, considerando que os Sphagesauridae devem ter se alimentado de plantas herbáceas ou arbustivas e poderiam ingerir essa areia quando arrancavam as plantas do solo. Tal hábito também é suportado pela presença de facetas de desgaste horizontais e profundas nos dentes caniniformes e molariformes dessas espécies (Andrade & Bertini 2008a; Ösi 2013; Pol *et al.* 2014; Cunha *et al.* 2020).

Os coprólitos liquefeitos ocorrem apenas no afloramento em Jales, associados a Baurusuchidae. A ocorrência de coprólitos liquefeitos foi reportada para a Formação Adamantina em Marília e General Salgado, e foi associada à presença de filhotes em áreas de nidificação (Souto 2010). Interessante observar que no afloramento de Jales também ocorrem diversos ovos e associações de ovos de crocodilomorfos, já reportados na literatura (Oliveira *et al.* 2011).

## 2.5. Conclusão

A morfologia dos coprólitos revelou domínio das formas cilíndricas atribuídas a crocodilomorfos, vertebrados fósseis comuns na Formação Adamantina das localidades estudadas. A preservação de material de origem orgânica (ossos) e análises químicas indicaram que parte desses coprólitos foram produzidos por animais de dieta carnívora como Baurusuchidae (hábito alimentar). A presença de fragmentos de ossos maiores mostra também que os Baurusuchidae podiam se alimentar de presas maiores. Parte desses coprólitos foram preservados no mesmo nível em que ocorrem ovos e associações

de ovos (hábito de reprodução) de crocodilomorfos. Além disso, a ocorrência dos coprólitos liquefeitos está relacionada com a presença de indivíduos muito jovens. A associação específica entre crocodilomorfos e coprólitos preservados com associações de ovos sugere a ocorrência de áreas de nidificação. Também foi verificada a presença de um possível coprólito de dinossauro carnívoro junto ao fóssil de Sphagesauridae, que pode ter sido transportado até o local (alóctone) ou indicar que o carnívoro esteve próximo ao local de origem do fóssil de Sphagesauridae. Os coprólitos associados a Sphagesauridae apresentam composição que inclui silicatos, grãos de areia maiores e inclusões características de animais herbívoros, tais como restos de folhas e uma possível semente. Por conta da heterodontia, é provável que os Sphagesauridae poderiam se alimentar de tipos distintos de alimentos. Os resultados encontrados estão dentro do que se espera para animais de dieta herbívora/onívora. A análise dos coprólitos atribuídos a Sphagesauridae não apenas mostra que eles incluíam plantas na sua dieta, mas que algumas dessas plantas correspondiam a Gnetales. Isso revela a importância do estudo de coprólitos como ferramenta na determinação do hábito alimentar de seus produtores. Entretanto, outras abordagens e novos materiais são fundamentais para inferência de novos dados sobre a dieta e ecologia dos Sphagesauridae.

## 2.6. Referências bibliográficas

- ALVARENGA, H. M. F. & NAVA, W. R. 2005. Aves Enantiornithes do Cretáceo Superior da Formação Adamantina do Estado de São Paulo, Brasil. *2nd Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados*, 20.
- AMBWANI, K. & DUTTA, D. 2005. Seed-like structure in dinosaurian coprolite of Lameta Formation (Upper Cretaceous) at Pisdura, Maharashtra, India. *Current Science*, **88**, 352–354.

- AMSTUTZ, G. C. 1958. Coprolites; a review of the literature and a study of specimens from southern Washington. *Journal of Sedimentary Research*, **28**, 498–508. 10.1306/74D7084E-2B21-11D7-8648000102C1865D
- ANDRADE, M. B. & BERTINI, R. J. 2008a. A new *Sphagesaurus* (Mesoeucrocodylia: Notosuchia) from the Upper Cretaceous of Monte Alto City (Bauru Group, Brazil), and a revision of the Sphagesauridae. *Historical Biology*, **20**, 101–136. 10.1080/08912960701642949
- ANDRADE, M. B. & BERTINI, R. J. 2008b. Morphology of the dental carinae in *Mariliasuchus amarali* (Crocodylomorpha, Notosuchia) and the pattern of tooth serration among basal Mesoeucrocodylia. *Arquivos do Museu Nacional*, **66**, 63–82.
- BANDEIRA, K. L. N., BRUM, A. S., PÊGAS, R. V., CIDADE, G. M., HOLGADO, B., CIDADE, A. & SOUZA, R. G. 2018. The Baurusuchidae vs Theropoda record in the Bauru Group (Upper Cretaceous, Brazil): a taphonomic perspective. *Journal of Iberian Geology*, **44**, 25–54. 10.1007/s41513-018-0048-4
- BATEZELLI, A. 2010. Arcabouço tectono-estratigráfico e evolução das Bacias Caiuá e Bauru no Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, **40**, 265–285.
- BATEZELLI, A., GOMES, N. S. Y & PERINOTTO, J. A. J. 2005. Petrografia e evolução diagenética dos arenitos da Porção Norte e Nordeste da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). *Revista Brasileira de Geociências*, **35**, 311–322.
- BATEZELLI, A., SAAD, A. R., ETCHEBEHERE, M. L. C., PERINOTTO, J. A. J. & FULFARO, V. J. 2003. Análise estratigráfica aplicada a Formação Araçatuba (Grupo Bauru - KS) no Centro-Oeste do Estado de São Paulo. *Geociências*, **22**, 5–19.
- BENHAMOU, N. & CHET, I. 1993. Hyphal interactions between *Trichoderma harzianum* and *Rhizoctonia solani*: Ultrastructure and gold cytochemistry of the

- mycoparasitic process. *Phytopatology*, **83**, 1062–1071.
- BERTINI, R. J., MARSHAL, L. G., GAYET, M. & BRITO, P. M. 1993. The vertebrate fauna of the Adamantina and Marília Formations, Upper Cretaceous of the Paraná Basin, southeast Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, **188**, 71–101.
- BITTENCOURT, J. S. & LANGER, M. C. 2011. Mesozoic dinosaurs from Brazil and their biogeographic implications. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **83**, 23–60. 10.1590/S0001-37652011000100003
- CAMPOS, D. A., SUAREZ, J. M., RIFF, D. & KELLNER, A. W. A. 2001. Short note on a new Baurusuchidae (Crocodyliformes, Metasuchia) from the Upper Cretaceous of Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Geologia*, **57**, 1–7.
- CAO, R., LIU, X., GAO, K., MENDGEN, K., KANG, Z., GAO, J., DAI, Y. & WANG, X. 2009. Mycoparasitism of endophytic fungi isolated from reed on soilborne phytopathogenic fungi and production of cell wall-degrading enzymes in vitro. *Current Microbiology*, **59**, 584–592. 10.1007/s00284-009-9477-9
- CARDOSO, J., FONSECA, J. P., SILVA-NETO, C., AGUIAR, C., BIORET, F. & COSTA, J. C. 2019. Contribuição para o conhecimento das comunidades vegetais de *Welwitschia mirabilis* (Welwitschiaceae, Gnetophyta) do deserto do Namibe (Angola). *Revista Internacional em Língua Portuguesa*, **35**, 133–149. 10.31492/2184-2043.rilp2018.35/pp.133-149
- CARVALHO, I. S., TEIXEIRA, V. P. A., FERRAZ, M. L. F., RIBEIRO, L. C. B., MARTINELLI, A. G., NETO, F. M., SERTICH, J. J. W., CUNHA, G. C., CUNHA, I. C. & FERRAZ, P. F. 2011. *Campinasuchus dinizi* gen. et sp. nov., a new Late Cretaceous baurusuchid (Crocodyliformes) from the Bauru Basin, Brazil. *Zootaxa*, **2871**, 19–42.

- CARVALHO, I. S. & BERTINI, R. J. 1999. *Mariliasuchus*: um novo Crocodylomorpha (Notosuchia) do Cretáceo da Bacia Bauru, Brasil. *Geologia Colombiana*, **24**, 83–105.
- CARVALHO, I. S., ARRUDA-CAMPOS, A. C. & NOBRE, P. H. 2005. *Baurusuchus salgadoensis*, a new Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Cretaceous), Brazil. *Gondwana Research*, **8**, 11–30. 10.1016/S1342-937X(05)70259-8
- CASTRO, M. C., GOIN, F. J., ORTIZ-JAUREGUIZAR, E., VIEYTES, E. C., TSUKUI, K., RAMEZANI, J., BATEZELLI, A., MARSOLA, J. C. A. & LANGER, M. C. 2018. A Late Cretaceous mammal from Brazil and the first radioisotopic age for the Bauru Group. *Royal Society Open Science*, **5**, 180482. 10.1098/rsos.180482
- CHIN, K. 2002. Analyses of coprolites produced by carnivorous vertebrates. *Paleontological Society Papers*, **8**, 43–50.
- CHIN, K. 2007. The paleobiological implications of herbivorous dinosaur coprolites from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana: why eat wood? *Palaios*, **22**, 554–566. 10.2110/palo.2006.p06-087r
- CHIN, K., HARTMAN, J. H. & ROTH, B. 2009. Opportunistic exploitation of dinosaur dung: fossil snails in coprolites from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana. *Lethaia*, **42**, 185–198. 10.1111/j.1502-3931.2008.00131.x
- CHIN, K., TOKARYK, T. T., ERICKSON, G. M. & CALK, L. C. 1998. A king-sized theropod coprolite. *Nature*, **393**, 680–682.
- CHIN, K., EBERTH, D. A., SCHWEITZER, M. H., RANDO, T. A., SLOBODA, W. J. & HORNER, J. R. 2003. Remarkable Preservation of Undigested Muscle Tissue Within a Late Cretaceous Tyrannosaurid Coprolite from Alberta, Canada. *Palaios*, **18**, 286–294. 10.1669/0883-1351(2003)018<0286:RPOUMT>2.0.CO;2
- CRANE, P. R. & UPCHURCH-JR, G. R. 1987. *Drewria potomacensis* gen. et sp. nov.,

- an Early Cretaceous member of Gnetales from the Potomac Group of Virginia (USA). *American Journal of Botany*, **74**, 1722–1736. 10.2307/2444143
- CUNHA, G. O., SANTUCCI, R. M., ANDRADE, M. B. & OLIVEIRA, C. E. M. 2020. Description and phylogenetic relationships of a large-bodied sphagesaurid notosuchian from the Upper Cretaceous Adamantina Formation, Bauru Group, São Paulo, southeastern Brazil. *Cretaceous Research*, **106**, 104259. 10.1016/j.cretres.2019.104259
- DELCOURT, R., BRILHANTE, N. S., GRILLO, O. N., GHILARDI, A. M., AUGUSTA, B. G. & RICARDI-BRANCO, F. 2020. Carcharodontosauridae theropod tooth crowns from the Upper Cretaceous (Bauru Basin) of Brazil: A reassessment of isolated elements and its implications to palaeobiogeography of the group. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **556**, 109870. 10.1016/j.palaeo.2020.109870
- DENTZIEN-DIAS, P. C., CARRILLO-BRICEÑO, J. D., FRANCISCHINI, H. & SÁNCHEZ, R. 2018. Paleocological and taphonomical aspects of the Late Miocene vertebrate coprolites (Urumaco Formation) of Venezuela. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **490**, 590–603. 10.1016/j.palaeo.2017.11.048
- DENTZIEN-DIAS, P. C., FIGUEIREDO, A. E. Q., HORN, B., CISNEROS, J. C. & SCHULTZ, C. L. 2012. Paleobiology of a unique vertebrate coprolites concentration from Rio do Rasto Formation (Middle/Upper Permian), Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **40**, 53–62. 10.1016/j.jsames.2012.09.008
- DIAS-BRITO, D., MUSACCHIO, E. A., CASTRO, J. C., MARANHÃO, M. S. A. S., SUÁREZ, J. M. & RODRIGUES, R. 2001. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil - concepções baseadas em dados micropaleontológicos,

- isotópicos e estratigráficos. *Revue de Paléobiologie*, **20**, 245–304.
- DILCHER, D. L., BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E., PONS, D. & LOTT, T. A. 2005. Welwitschiaceae from the Lower Cretaceous of Northeastern Brazil. *American Journal of Botany*, **92**, 1294–1310. 10.3732/ajb.92.8.1294
- DUTTA, D. & AMBWANI, K. 2007. Capers: A food for Upper Cretaceous dinosaurs of Pisdura, India. *Current Science*, **92**, 897–899.
- ERIKSSON, M. E., LINDGREN, J., CHIN, K. & MÅNSBY, U. 2011. Coprolite morphotypes from the Upper Cretaceous of Sweden: novel views on an ancient ecosystem and implications for coprolite taphonomy. *Lethaia*, **44**, 455–468. 10.1111/j.1502-3931.2010.00257.x
- FERNANDES, L. A. 2004. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. *Boletim Paranaense de Geociências*, **55**, 53–66. 10.5380/geo.v55i0.4283
- FERNANDES, L. & COIMBRA, A. M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68**, 194–205.
- FERNANDES, L. & COIMBRA, A. M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, **30**, 717–728.
- FRANCISCHINI, H., DENTZIEN-DIAS, P. C. & SCHULTZ, C. L. 2018. A fresh look at ancient dungs: the Brazilian Triassic coprolites revisited. *Lethaia*, **51**, 389–405. 10.1111/let.12251
- FRIIS, E. M., PEDERSEN, K. R. & CRANE, P. R. 2014. Welwitschioid diversity in the Early Cretaceous: evidence from fossil seeds with pollen from Portugal and eastern North America. *Grana*, **53**, 175–196. 10.1080/00173134.2014.915980
- FÚLFARO, V. J. 1974. Tectônica do alinhamento estrutural do Paranapanema. *Boletim IG*, **5**, 129–138. 10.11606/issn.2316-8978.v5i0p129-138

- GEROTO, C. F. C. & BERTINI, R. J. 2014. New records of fossil vertebrates from the Upper Cretaceous Adamantina Formation (Bauru Group), Southeastern Brazil. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, **35**, 39–56. 10.5935/0100-929X.20140008
- GHILARDI, A. M. & FERNANDES, M. A. 2011. Dentes de Theropoda da Formação Adamantina (Cretáceo Superior, Bacia Bauru) da região do município de Ibirá, São Paulo, Brasil. In CALVO, J., PORFIRI, J., RIGA, B. G. & SANTOS, D. (eds.) *Paleontología y Dinosaurios Desde América Latina*, Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo - EDIUNC, Mendoza, Argentina, 115–123 pp.
- GOBBO-RODRIGUES, S. R., PETRI, S. & BERTINI, R. J. 1999a. Ocorrências de Ostrácodes na Formação Adamantina do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná e possibilidades de correlação com depósitos isócronos argentinos. Parte I - Família Ilyocyprididae. *Acta Geologica Leopoldensia*, **23**, 3–13.
- GOBBO-RODRIGUES, S. R., PETRI, S. & BERTINI, R. J. 1999b. Ocorrências de Ostrácodes na Formação Adamantina do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná e possibilidades de correlação com depósitos isócronos argentinos - Parte II Família Limnocytheridae. *Revista UnG - Geociências*, **6**, 5–11.
- GOBBO-RODRIGUES, S. R., PETRI, S., COIMBRA, J. C. & BERTINI, R. J. 2000. Biostratigraphic Correlations Between Bauru, Neuquén and Congo Basins, Using Non-Marine Ostracodes. *1st Simpósio Internacional de Paleoartropodologia*, 87–88.
- GODFREY, S. J. & SMITH, J. B. 2010. Shark-bitten vertebrate coprolites from the Miocene of Maryland. *Naturwissenschaften*, **97**, 461–467. 10.1007/s00114-010-0659-x
- GODOY, P. L., MONTEFELTRO, F. C., NORELL, M. A. & LANGER, M. C. 2014. An

- additional baurusuchid from the Cretaceous of Brazil with evidence of interspecific predation among Crocodyliformes. *PLoS ONE*, **9**, e97138. 10.1371/journal.pone.0097138
- HÄNTZSCHEL, W., EL-BAZ, F. & AMSTUTZ, G. C. 1968. Coprolites: an annotated bibliography. *Geological Society of America Memoir*, **108**, 1–132. 10.1130/MEM108
- HARRELL, S. D. & SCHWIMMER, D. R. 2010. Coprolites of *Deinosuchus* and other crocodylians from the Upper Cretaceous of Western Georgia, USA. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **51**, 209–214.
- HUNT, A. P., CHIN, K. & LOCKLEY, M. G. 1994. The palaeobiology of vertebrate coprolites. In DONOVAN, S. K. (ed.) *The Palaeobiology of Trace Fossils*, John Wiley & Sons, London, 221–240 pp.
- ICKERT-BOND, S. M. & RYDIN, C. 2011. Micromorphology of the seed envelope of *Ephedra* L. (Gnetales) and its relevance for the timing of evolutionary events. *International Journal of Plant Sciences*, **172**, 36–48. 10.1086/657299
- ICKERT-BOND, S. M. & RENNER, S. S. 2016. The Gnetales: Recent insights on their morphology, reproductive biology, chromosome numbers, biogeography, and divergence times. *Journal of Systematics and Evolution*, **54**, 1–16. 10.1111/jse.12190
- IORI, F. V. & CARVALHO, I. S. 2009. *Morrinhosuchus luziae*, um novo Crocodylomorpha Notosuchia da Bacia Bauru, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **39**, 717–725.
- IORI, F. V. & CARVALHO, I. S. 2011. *Caipirasuchus paulistanus*, a new sphagesaurid (Crocodylomorpha, Mesoeucrocodylia) from the Adamantina Formation (Upper Cretaceous, Turonian-Santonian), Bauru Basin, Brazil. *Journal of Vertebrate*

- Paleontology*, **31**, 1255–1264. 10.1080/02724634.2011.602777
- JEPSEN, G. L. 1963. Eocene vertebrates, coprolites, and plants in the Golden Valley Formation of Western North Dakota. *Bulletin of the Geological Society of America*, **74**, 673–684. 10.1130/0016-7606(1963)74[673:EVCAPI]2.0.CO;2
- KELLNER, A. W. A. & CAMPOS, D. A. 1999. Vertebrate paleontology in Brazil — a review. *Episodes*, **22**, 238–251.
- KELLNER, A. W. A. & CAMPOS, D. A. 2000. Brief Review of Dinosaur Studies and Perspectives in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **72**, 509–538. 10.1590/S0001-37652000000400005
- KELLNER, A. W. A., CAMPOS, D. A., RIFF, D. & ANDRADE, M. B. 2011. A new crocodylomorph (Sphagesauridae, Notosuchia) with horn-like tubercles from Brazil. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **163**, 57–65. 10.1111/j.1096-3642.2011.00712.x
- KHOSLA, A., CHIN, K., ALIMOHAMMADIN, H. & DUTTA, D. 2015. Ostracods, plant tissues, and other inclusions in coprolites from the Late Cretaceous Lameta Formation at Pisdura, India: taphonomical and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **418**, 90–100. 10.1016/j.palaeo.2014.11.003
- LUCAS, S. G., SPIELMANN, J. A., HUNT, A. P. & EMRY, R. J. 2012. Crocodylian coprolites from the Eocene of the Zaysan Basin, Kazakstan. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 319–324.
- MARINHO, T. S. & CARVALHO, I. S. 2009. An armadillo-like sphagesaurid crocodyliform from the Late Cretaceous of Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **27**, 36–41.
- MARINHO, T. S., IORI, F. V., CARVALHO, I. S. & VASCONCELLOS, F. M. 2013.

- Gondwanasuchus scabrosus* gen. et sp. nov., a new terrestrial predatory crocodyliform (Mesoeucrocodylia: Baurusuchidae) from the Late Cretaceous Bauru Basin of Brazil. *Cretaceous Research*, **44**, 104–111. 10.1016/j.jsames.2008.11.005
- MEZZALIRA, S. 1974. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico - IGG, São Paulo*, **51**, 1–163.
- MEZZALIRA, S. 1989. *Os fósseis do Estado de São Paulo*. Instituto Geológico, São Paulo.
- MILÀN, J. 2012. Crocodylian scatology - a look into morphology, internal architecture, inter- and intraspecific variation and prey remains in extant crocodylian feces. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 65–72.
- MILÀN, J., RASMUSSEN, B. W. & BONDE, N. 2012. Coprolites with prey remains and traces from coprophagous organisms from the Lower Cretaceous (Late Berriasian) Jydegaard Formation of Bornholm, Denmark. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 235–240.
- MILANI, E. J., MELO, J. H. G., SOUZA, P. A., FERNANDES, L. A. & FRANÇA, A. B. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **15**, 265–287.
- MUNDRY, M. & STÜTZEL, T. 2004. Morphogenesis of the reproductive shoots of *Welwitschia mirabilis* and *Ephedra distachya* (Gnetales), and its evolutionary implications. *Organisms Diversity and Evolution*, **4**, 91–108. 10.1016/j.ode.2004.01.002
- NASCIMENTO, P. M. & ZAHER, H. 2010. A new species of *Baurusuchus* (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) from the Upper Cretaceous of Brazil, with the first complete postcranial skeleton described for the family Baurusuchidae. *Papéis Avulsos de Zoologia*, **50**, 323–361. 10.1590/S0031-10492010002100001

- NASCIMENTO, P. M. & ZAHER, H. 2011. The skull of the Upper Cretaceous baurusuchid crocodile *Baurusuchus albertoi* Nascimento & Zaher 2010, and its phylogenetic affinities. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **163**, 116–131. 10.1111/j.1096-3642.2011.00708.x
- NOBRE, P. H. & CARVALHO, I. S. 2006. *Adamantinasuchus navae*: A new Gondwanan Crocodylomorpha (Mesoeucrocodylia) from the Late Cretaceous of Brazil. *Gondwana Research*, **10**, 370–378. 10.1016/j.gr.2006.05.008
- NOBRE, P. H., CARVALHO, I. S., VASCONCELLOS, F. M. & NAVA, W. R. 2007. *Marillasuchus robustus*, um novo Crocodylomorpha (Mesoeucrocodylia) da Bacia Bauru, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, **30**, 38–49.
- NOBRE, P. H., CARVALHO, I. S., VASCONCELLOS, F. M., & SOUTO, P. R. F. 2008. Feeding behavior of the Gondwanic Crocodylomorpha *Marillasuchus amarali* from the Upper Cretaceous Bauru Basin, Brazil. *Gondwana Research*, **13**, 139–145. 10.1016/j.gr.2007.08.002
- OLIVEIRA, C. E. M., SANTUCCI, R. M., ANDRADE, M. B., FULFARO, V. J. & BENTON, M. J. 2011. Crocodylomorph eggs and eggshells from the Adamantina Formation (Bauru Group), Upper Cretaceous of Brazil. *Palaeontology*, **54**, 309–321. 10.1111/j.1475-4983.2010.01028.x
- OLIVEIRA, F. A. & SANTUCCI, R. M. 2017. Criteria for recognition and taphonomy of coprolites from the Serra da Galga Member, Marília Formation (Upper Cretaceous), Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **78**, 1–16. 10.1016/j.jsames.2017.05.012
- OLIVEIRA, F. A. & SANTUCCI, R. M. 2020. Palynological analysis of coprolites from the Marília Formation, Bauru Group (Upper Cretaceous), Minas Gerais, Brazil. *Cretaceous Research*, **115**, 104545. 10.1016/j.cretres.2020.104545

- ÖSI, A. 2013. The evolution of jaw mechanism and dental function in heterodont crocodyliforms. *Historical Biology*, **26**, 279–414. 10.1080/08912963.2013.777533
- OWOCKI, K., NIEDŹWIEDZKI, G., SENNIKOV, A. G., GOLUBEV, V. K., JANISZEWSKA, K. & SULEJ, T. 2012. Upper Permian vertebrate coprolites from Vyazniki and Gorokhovets, Vyatkian Regional Stage, Russian Platform. *Palaios*, **27**, 867–877. 10.2110/palo.2012.p12-017r
- POL, D. 2003. New remains of *Sphagesaurus huenei* (Crocodylomorpha: Mesoeucrocodylia) from the Late Cretaceous of Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **23**, 817–831. 10.1671/A1015-7
- POL, D., NASCIMENTO, P. M., CARVALHO, A. B., RICCOMINI, C., PIRES-DOMINGUES, R. A. & ZAHER, H. 2014. A new notosuchian from the Late Cretaceous of Brazil and the phylogeny of advanced notosuchians. *PLoS ONE*, **9**, e93105. 10.1371/journal.pone.0093105
- PRICE, L. I. 1945. A new reptile from the Cretaceous of Brazil. *Divisão de Geologia e Paleontologia, Notas Preliminares e Estudos*, **25**, 1–8.
- PRICE, L. I. 1950. On a new crocodylian, *Sphagesaurus*, from the Cretaceous of the State of São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **22**, 77–83.
- PUEBLA, G. G., IGLESIAS, A., GÓMEZ, M. A. & PRÁMPARO, M. B. 2017. Fossil record of *Ephedra* in the Lower Cretaceous (Aptian), Argentina. *Journal of Plant Research*, **130**, 975–988. 10.1007/s10265-017-0953-1
- RICART, R. S. D., SANTUCCI, R. M., ANDRADE, M. B., OLIVEIRA, C. E. M., NAVA, W. R. & DEGRAZIA, G. F. 2019. Dental histology of three notosuchians (Crocodylomorpha) from the Bauru Group, Upper Cretaceous, South-eastern Brazil. *Historical Biology*, **1**, 1–12. 10.1080/08912963.2019.1675057
- RIFF, D. & KELLNER, A. W. A. 2011. Baurusuchid crocodyliforms as theropod mimics:

- clues from the skull and appendicular morphology of *Stratiotosuchus maxhechti* (Upper Cretaceous of Brazil). *Zoological Journal of the Linnean Society*, **163**, 37–56. 10.1111/j.1096-3642.2011.00713.x
- RIFF, D., SOUZA, R. G., CIDADE, G. M., MARTINELLI, A. G. & SOUZA-FILHO, J. P. 2012. Crocodilomorfos: a maior diversidade de répteis fósseis do Brasil. *Terrae*, **9**, 12–40.
- RYDIN, C., MOHR, B. & FRIIS, E. M. 2003. *Cratonia cotyledon* gen. et sp. nov.: A unique Cretaceous seedling related to *Welwitschia*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **270**, S29–S32. 10.1098/rsbl.2003.0044
- RYDIN, C., PEDERSEN, K. R., CRANE, P. R. & FRIIS, E. M. 2006. Former diversity of *Ephedra* (Gnetales): Evidence from Early Cretaceous seeds from Portugal and North America. *Annals of Botany*, **98**, 123–140. 10.1093/aob/mcl078
- SANTUCCI, R. M. & BERTINI, R. J. 2001. Distribuição paleogeográfica e biocronológica dos titanossauros (Saurischia, Sauropoda) do Grupo Bauru, Cretáceo Superior do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**, 307–314.
- SAWYER, G. T. 1981. A study of crocodylian coprolites from Wannagan Creek Quarry. *Scientific Publications of the Science Museum of Minnesota*, **5**, 1–29.
- SHARMA, N., KAR, R. K., AGARWAL, A. & KAR, R. 2005. Fungi in dinosaurian (*Isisaurus*) coprolites from the Lameta Formation (Maastrichtian) and its reflection on food habit and environment. *Micropaleontology*, **51**, 73–82. 10.2113/51.1.73
- SOUTO, P. R. F. 2003. Coprólitos do Cretáceo do Brasil. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 237pp.
- SOUTO, P. R. F. 2010. Crocodylomorph coprolites from the Bauru Basin, Upper Cretaceous, Brazil. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **51**, 201–208.

- SOUTO, P. R. F. and FERNANDES, M. A. 2015. Fossilized excreta associated to dinosaurs in Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **57**, 32–38. 10.1016/j.jsames.2014.11.010
- TAVARES, S. A. S., RICARDI-BRANCO, F. & SANTUCCI, R. M. 2014. Theropod teeth from the Adamantina Formation (Bauru Group, Upper Cretaceous), Monte Alto, São Paulo, Brazil. *Cretaceous Research*, **50**, 59–71. 10.1016/j.cretres.2014.03.021
- TAYLOR, T. N., TAYLOR, E. L. & KRINGS, M. 2009. *Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Academic Press, Amsterdam; Boston.
- THULBORN, R. A. 1991. Morphology, preservation and paleobiological significance of dinosaur coprolites. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **83**, 341–366.
- VAJDA, V., PESQUERO-FERNÁNDEZ, M. D., VILLANUEVA-AMADOZ, U., LEHSTEN, V. & ALCALÁ, L. 2016. Dietary and environmental implications of Early Cretaceous predatory dinosaur coprolites from Teruel, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **464**, 134–142. 10.1016/j.palaeo.2016.02.036
- VASILIEF, I. 2011. QtiPlot - Data Analysis and Scientific Visualisation. Version 0.9.8.9 svn 2288. Available in: <<http://www.qtiplot.com/>>.
- YANG, Y. & WANG, Q. 2013. The Earliest Fleshy Cone of *Ephedra* from the Early Cretaceous Yixian Formation of Northeast China. *PLoS ONE*, **8**, e53652. 10.1371/journal.pone.0053652
- YANG, Y., XIE, L. & FERGUSON, D. K. 2017. Protognetales: A new gnetoid macrofossil family from the Jurassic of northeastern China. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, **28**, 67–77. 10.1016/j.ppees.2017.08.001

- YANG, Y., GENG, B., DILCHER, D. L., CHEN, Z. & LOTT, T. A. 2005. Morphology and affinities of an Early Cretaceous *Ephedra* (Ephedraceae) from China. *American Journal of Botany*, **92**, 231–241.
- YOUNG, C. C. 1964. New fossil crocodiles from China. *Vertebrate Palasiatica*, **8**, 190–208.
- YUSHKEVICH, P. A., PIVEN, J., HAZLETT, H. C., SMITH, R. G., HO, S., GEE, J. C. & GERIG, G. 2006. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. *NeuroImage*, **31**, 1116–1128. 10.1016/j.neuroimage.2006.01.015
- ZHANG, N., CASTLEBURY, L. A., MILLER, A. N., HUHNDORF, S. M., SCHOCH, C. L., SEIFERT, K. A., ROSSMAN, A. Y., ROGERS, J. D., KOHLMAYER, J., VOLKMANN-KOHLMEYER, B. & SUNG, G. H. 2006. An overview of the systematics of the Sordariomycetes based on a four-gene phylogeny. *Mycologia*, **98**, 1076–1087. 10.3852/mycologia.98.6.1076

### **3. ARTIGO II – Coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), Estado de São Paulo, Brasil como reflexo da diversidade e abundância regional de paleovertebrados**

**Resumo:** Os depósitos fluviais da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), apresenta rico registro fossilífero de vertebrados. Destacam-se os crocodilomorfos com alta expressividade em diversidade e abundância de material. Nos depósitos da Formação Adamantina também ocorrem materiais de dinossauros saurópodes e terópodes. Neste contexto, verifica-se também considerável abundância de coprólitos, que foram pouco estudados até o momento. Aqui apresentamos e discutimos as características de 137 coprólitos da Formação Adamantina com origem nos municípios paulistas de Jales, Fernandópolis, Adamantina, Marília, Ibirá, Taquaral, Fernando Prestes e Monte Alto. Os coprólitos variam de 1,09 a 8,12 cm de comprimento (média  $2,80 \pm 1,20$  cm) e 0,58 a 4,54 cm de largura (média  $1,90 \pm 0,65$  cm). Os morfotipos encontrados para os coprólitos foram cilíndricos ( $n = 71$ ), liquefeitos ( $n = 7$ ), ovoides ( $n = 21$ ) e cônicos ( $n = 3$ ). Parte dos coprólitos ( $n = 35$ ) apresenta alta fragmentação e não puderam ser categorizados, embora alguns remetam a formas cilíndricas. Devido à plasticidade das fezes, alguns coprólitos apresentam alterações morfológicas como achatamento, curvatura, deformação da estrutura, fraturas, deformação terminal e marcas de superfície. Além disso, alguns coprólitos apresentam rachaduras de ressecamento, sugerindo condições ambientais de elevada temperatura e baixa umidade e algum tempo de exposição subaérea antes do soterramento. Os coprólitos apresentam composição fosfática, mas alguns também apresentam picos associados a calcita e minerais silicáticos. A maior parte dos morfotipos cilíndricos e os morfotipos liquefeitos foram interpretados como produzidos por crocodilomorfos ( $n = 61$ ). Os morfotipos liquefeitos foram

preservados no mesmo nível em que ocorrem ovos e associações de ovos de Baurusuchidae, e sua ocorrência tem sido relacionada com a presença de filhotes em áreas de nidificação. Os morfotipos cilíndricos associados a crocodilomorfos possuem menor espessura, e alguns apresentam inclusões de fragmentos ósseos, escamas de peixes Lepisosteiformes e possíveis resíduos vegetais. Por outro lado, os demais coprólitos do morfotipo cilíndrico são mais espessos, apresentam fissuras gasosas e fragmentos ósseos compatíveis com coprólitos de dinossauros terópodes. Os coprólitos ovoides e cônicos são caracterizados por baixo comprimento e maior espessura, alta densidade e apresentam minerais silicáticos na composição, sugerindo que foram produzidos por animais de dieta herbívora, como saurópodes. A proporção dos coprólitos produzidos por crocodilomorfos, saurópodes e terópodes é reflexo da abundância e riqueza das espécies que habitaram a região durante o Neocretáceo.

**Palavras-chave:** Morfotipos, Crocodilomorfos, Saurópodes, Terópodes, Dieta.

### 3.1. Introdução

A Formação Adamantina, Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia Bauru, está presente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás (Fernandes & Coimbra 1996). Ela constitui o substrato da maior parte do oeste paulista, alcançando espessura da ordem de 100 m (Fernandes 2004). Em se tratando de vertebrados, os fósseis da Formação Adamantina são considerados como os mais expressivos do Grupo Bauru (Bertini *et al.* 1993; Kellner & Campos 1999, 2000; Ghilardi & Fernandes 2011; Riff *et al.* 2012). Os vertebrados com maior diversidade de registros são os crocodilomorfos, que incluem exemplares de Mesoeucrocodylia (Carvalho & Bertini 1999; Nobre & Carvalho 2006; Nobre *et al.* 2007; Iori & Carvalho 2009) como Peirosauridae (Carvalho *et al.*

2007), Sphagesauridae (Andrade & Bertini 2008a; Iori & Carvalho 2011; Kellner *et al.* 2011; Pol *et al.* 2014), Baurusuchidae (Campos *et al.* 2001; Carvalho *et al.* 2005, 2011; Nascimento & Zaher 2010; Marinho *et al.* 2013; Godoy *et al.* 2014) e provavelmente trematochampsídeos (Iori & Garcia 2012). Também estão presentes dinossauros Theropoda dos grupos Abelisauroidea e Maniraptoriformes (Ghilardi & Fernandes 2011; Geroto & Bertini 2014; Tavares *et al.* 2014; Bandeira *et al.* 2018; Delcourt *et al.* 2020) e Sauropoda do grupo Titanosauria (Kellner & Azevedo 1999; Santucci & Bertini 2006; Santucci & Arruda-Campos 2011; Machado *et al.* 2013). Em menor representatividade também foram reportados lagartos e serpentes (Candeiro 2007; Nava & Martinelli 2011), aves (Alvarenga & Nava 2005) e mamíferos (Castro *et al.* 2018).

Os afloramentos da Formação Adamantina que revelaram essa grande diversidade de vertebrados também registram coprólitos, que foram pouco estudados até o momento. Ao que tudo indica, a primeira publicação ocorreu há menos de 30 anos, em resumo que abordou dois coprólitos do município de Ibirá, São Paulo (Brandt-Neto *et al.* 1992). No começo deste século foi realizado o maior trabalho envolvendo coprólitos do Brasil. Nele foram reportados cerca de 200 coprólitos de bacias cretáceas brasileiras, das quais 33 eram da Formação Adamantina nos municípios paulistas de Ibirá, Marília, Flórida Paulista, Jales e Santo Anastácio, trazendo análises mofo-estruturais detalhadas, um refinamento de análises químicas, associação com os produtores e interpretações paleoambientais (Souto 2003).

Em anos posteriores, coprólitos da Formação Adamantina, em São Paulo foram alvo de outros estudos, destacando a ocorrência de coprólitos de crocodilomorfos em General Salgado (Souto *et al.* 2005) e coprólitos de vertebrados terrestres com evidência de piscivoria, em Presidente Prudente (Souto & Nava 2007). Análises físico-químicas de coprólitos atribuídos a *Mariliasuchus amarali* Carvalho & Bertini, 1999, o tipo de

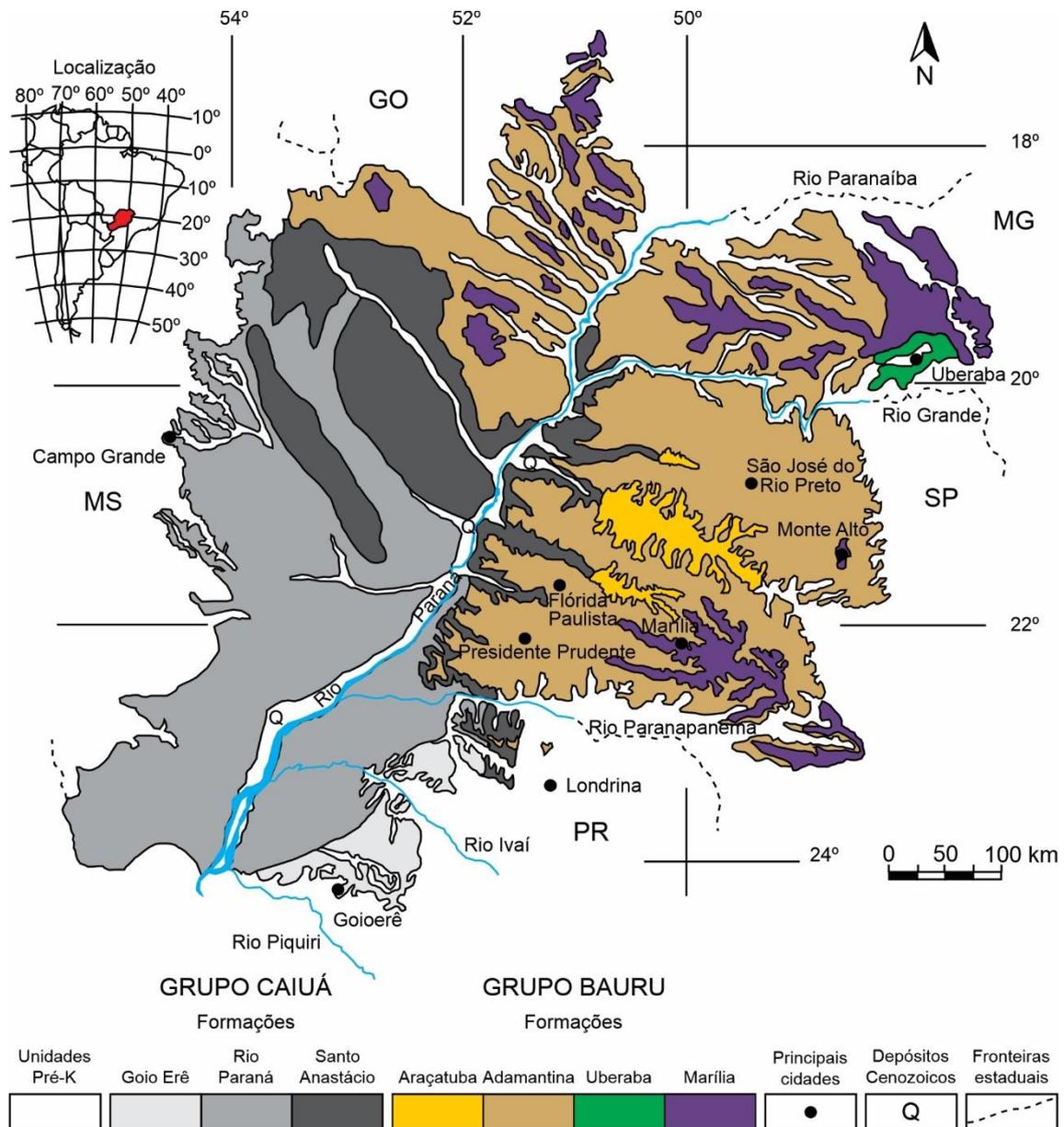
articulação entre os ossos quadrado e articular e padrão de desgaste dos dentes foram utilizados na interpretação de dieta onívora para esse *Notosuchia* (Nobre *et al.* 2008). Na sequência, foram analisados coprólitos de Marília, Jales, Ibirá, Votuporanga e General Salgado, cujas análises morfo-químicas sugerem que foram produzidos por crocódilomorfos, incluindo indivíduos juvenis (Souto 2010). As compilações mais recentes abordaram coprólitos associados a crocódilomorfos do município de Santo Anastácio, com presença de ovos de parasitas relacionados a Ascaridoidea (Cardia *et al.* 2018) e Acanthocephala (Cardia *et al.* 2019).

Neste contexto, a obtenção de coprólitos nos municípios paulistas de Jales, Fernandópolis, Adamantina, Marília, Ibirá, Taquaral, Fernando Prestes e Monte Alto surge como grande oportunidade para ampliar o conhecimento destes icnofósseis. Este estudo apresenta dados inéditos de 137 coprólitos de vertebrados da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Cretáceo Superior para o Estado de São Paulo, como análises de sua composição química e mineralógica e de seu conteúdo interno. Esses coprólitos refletem, diretamente, a paleofauna de vertebrados desta importante unidade geológica, com alta dominância de espécies de crocódilomorfos.

### 3.2. Geologia regional e paleontologia

A sequência Neocretácea da Bacia do Paraná, denominada Supersequência Bauru, foi denominada por Fernandes & Coimbra (1996) como Bacia Bauru, por considerá-la acumulada em uma nova bacia. A Bacia Bauru (**Figura 19**) é formada pelos grupos correlatos Caiuá e Bauru (Milani *et al.* 2007; Batezelli 2010). O Grupo Bauru é representado pelas formações Araçatuba, Adamantina, Uberaba e Marília (*sensu* Batezelli 2010). As rochas do Grupo Bauru afloram nos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás, ocupando uma área total de

aproximadamente 230.000 km<sup>2</sup> (Fúlfaro 1974; Fernandes & Coimbra 1996; Batezelli 2010).



**Figura 19.** Mapa geológico da Bacia Bauru. Modificado de Fernandes & Coimbra (1996).

O clima inferido para a época de deposição dos sedimentos é considerado essencialmente como árido/semiárido (Batezelli *et al.* 2005). Adicionalmente, os limites do Grupo Bauru são caracterizados por processos erosivos e/ou tectônicos (Batezelli 2010). No geral, as ocorrências fósseis do Grupo Bauru compreendem microfósseis,

crustáceos, moluscos, peixes, anfíbios, serpentes, lagartos, crocodilomorfos, dinossauros avianos e não-avianos e mamíferos (Bertini *et al.* 1993; Fernandes 2004; Bittencourt & Langer 2011).

As rochas da Formação Adamantina são interpretadas como depositadas por sistema de deposição de rios entrelaçados (Fernandes & Coimbra 2000; Batezelli *et al.* 2003). Segundo Batezelli (2010), ela é caracterizada por arenitos avermelhados, lamíticos e, subordinadamente, conglomerados, com intercalações lamíticas, constituídos por grãos arredondados a sub-arredondados de quartzo e hematita, com seleção moderada. Assenta-se de forma gradacional sobre os depósitos finos da Formação Araçatuba no Estado de São Paulo e de forma discordante sobre os basaltos da Formação Serra Geral nas demais localidades da bacia (Fernandes 2004; Milani *et al.* 2007).

Especificamente para a Formação Adamantina há algumas propostas que atribuem idade Campaniano inferior/Maastrichtiano inferior (Gobbo-Rodrigues *et al.* 2000; Santucci & Bertini 2001). Por outro lado, Dias-Brito *et al.* (2001) consideram sua parte inferior de idade Turoniano-Coniaciano e sua parte superior como Coniaciano-Santoniano. Recentemente, Castro *et al.* (2018) utilizaram grãos de zircão da Formação Adamantina e obtiveram uma idade máxima deposicional de aproximadamente 87 milhões de anos, posicionando a unidade entre o Coniaciano e o Maastrichtiano.

A Formação Adamantina é citada como a unidade mais rica em fósseis de vertebrados do Grupo Bauru (Bertini *et al.* 1993; Kellner & Campos 1999, 2000; Riff *et al.* 2012). O registro de vertebrados compreende quelônios, crocodilomorfos, dinossauros terópodes e saurópodes e, mais recentemente, aves (Bertini *et al.* 1993; Kellner & Campos 1999, 2000; Alvarenga & Nava 2005; Riff *et al.* 2012). Também já foram reportados fósseis de invertebrados bem preservados de ostracodes, conchostráceos e moluscos (Mezzalana 1974, 1989; Gobbo-Rodrigues *et al.* 1999a, b).

Neste trabalho, os coprólitos estudados foram coletados em diversas localidades, mas a maioria do material provém das regiões de Jales e Fernandópolis, Marília, Adamantina e Monte Alto. Mesmo sendo provenientes da mesma unidade geológica, esses locais apresentam variações litológicas.

Nas localidades de Jales e Fernandópolis os coprólitos foram coletados em arenitos finos a médios, essencialmente maciços, localmente apresentando incipiente estratificação plano-paralela. Coprólitos, restos de crocodilomorfos (*Baurusuchidae* e *Sphagesauridae*) e ovos então presentes nessas localidades.

Em Marília, o material foi encontrado em depósitos de arenito silteoso maciço, de cor esverdeada, podendo apresentar aumento ou diminuição da contribuição de silte em algumas camadas. Nos níveis mais silteosos é possível observar laminações plano-paralelas. No mesmo afloramento são encontrados restos de *Mariliasuchus*, ovos de crocodilomorfos, escamas de peixes lepisosteiformes e icnofósseis de invertebrados.

A localidade onde os coprólitos foram coletados em Adamantina corresponde a arenitos grossos a conglomeráticos, mal selecionados, com seixos arredondados de argilitos, essencialmente maciços. São também encontrados restos desarticulados de dinossauros saurópodes e terópodes (desses últimos, essencialmente dentes), crocodilomorfos (*Peirosauridae*) e restos de testudinos.

Em Monte Alto, os materiais são provenientes de depósitos compostos essencialmente por arenitos médios a finos, essencialmente maciços, de cor avermelhada. São encontrados em conjunto fósseis de crocodilomorfos, dinossauros saurópodes e terópodes.

### 3.3. Material e métodos

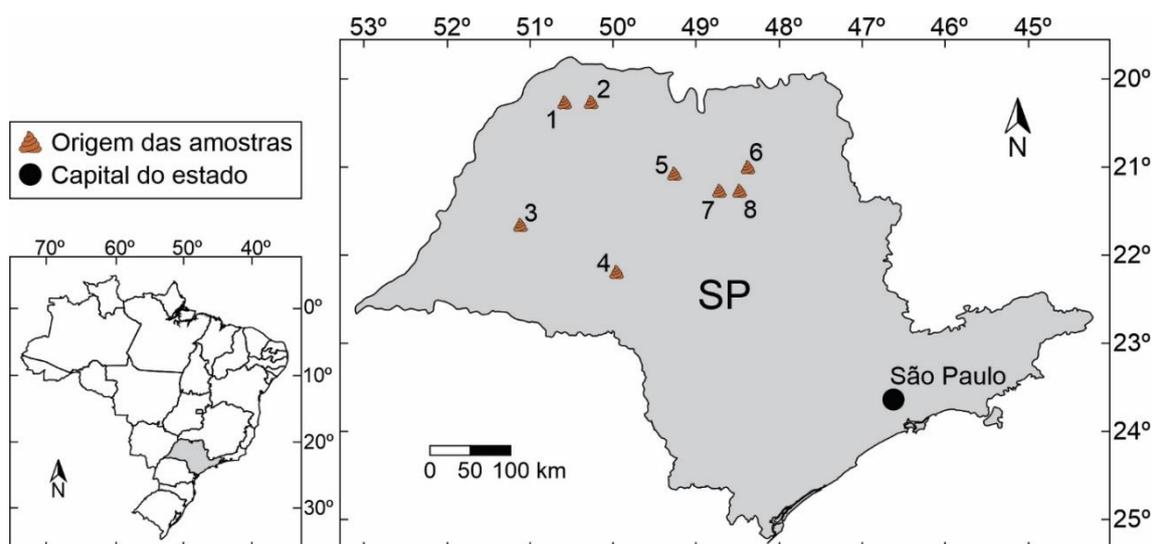
Neste trabalho foram estudados 137 coprólitos da Formação Adamantina, cujos locais de origem abrangem oito municípios localizados nas porções noroeste, nordeste e centro-oeste do Estado de São Paulo. Parte das amostras ( $n = 41$ ) foi coletada em campo, nos municípios de Jales e Fernandópolis, associadas a fósseis de espécimes de Baurusuchidae (Jales e Fernandópolis) e Sphagesauridae (Fernandópolis). O restante foi emprestado das coleções dos museus de paleontologia de Marília e Monte Alto.

O projeto se iniciou com os trabalhos em Jales e Fernandópolis, Estado de São Paulo, realizados até o ano de 2016. Os trabalhos de campo resultaram na coleta de um espécime de Baurusuchidae em Jales, onde foram reportados ninhos e ovos de crocodilomorfos (Oliveira *et al.* 2011) e dois espécimes em Fernandópolis, sendo um Baurusuchidae e um Sphagesauridae. Associado com o Baurusuchidae de Jales foram recuperados 16 coprólitos. Do material de Fernandópolis foram recuperados 14 coprólitos com o Baurusuchidae e 11 com o Sphagesauridae, totalizando 25 amostras.

Devido à fragilidade do material, alguns coprólitos ainda estão contidos no sedimento. Em outros casos, há uma camada de arenito fortemente aderida a alguns coprólitos. Devido à estas características, alguns coprólitos foram submetidos a preparação e outros não. A preparação ocorreu durante o primeiro semestre de 2017 no Laboratório de Paleontologia da Faculdade UnB Planaltina (FUP). Foram recuperados 41 coprólitos e, em seguida, tombados na coleção do laboratório (FUP-142 a FUP-182).

Os coprólitos provenientes do Museu de Paleontologia de Marília (MPM) totalizam 38 amostras (MPM-450 a MPM-487), 30 do município de Adamantina e oito de Marília, Estado de São Paulo. A visita ao museu ocorreu no dia 15 de outubro de 2017. Os empréstimos provenientes do Museu de Paleontologia de Monte Alto (MPMA) totalizam 58 amostras, compondo 52 coprólitos de Ibirá (MPMA-08-0073-14 a 0115 e

MPMA-08-0116-03 a 0124), quatro de Monte Alto (MPMA-16-0010-16 e 0011, MPMA-07-0013-01 e MPMA-66-0003-00), um de Taquaral (MPMA-18-0004-02) e um de Fernando Prestes (MPMA-76-0001-00). A visita ao museu ocorreu no dia 16 de outubro de 2017. Na sequência são mostrados os locais de origem dos coprólitos da Formação Adamantina deste estudo (**Figura 20; Tabela 2**).



**Figura 20.** Mapa com os municípios de origem dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo, analisados neste estudo. 1, Jales; 2, Fernandópolis; 3, Adamantina; 4, Marília; 5, Ibirá; 6, Taquaral; 7, Fernando Prestes; 8, Monte Alto.

**Tabela 2.** Local de origem dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo, analisados neste estudo.

<b>Coleção</b>	<b>Município (SP)</b>	<b>Local</b>	<b>Número de tombo</b>
FUP	Fernandópolis	Afloramento de Fernandópolis	FUP-142 a 166
FUP	Jales	Afloramento de Jales	FUP-167 a 182
MPM	Adamantina	Afloramento estrada vicinal Plácido Rocha	MPM-450 a 479
MPM	Marília	Sítio Estrada Velha	MPM-480 a 487
MPMA	Ibirá	Diversos locais	MPMA-08-0073-14 a 0115
MPMA	Ibirá	Sítio Duas Meninas	MPMA-08-0116-03 a 0124
MPMA	Taquaral	Campo Taquaral	MPMA-18-0004-02
MPMA	Fernando Prestes	Campo Fernando Prestes/Cândido Rodrigues	MPMA-76-0001-00
MPMA	Monte Alto	Campo estrada Monte Alto/Taiacu	MPMA-16-0010-16 e 0011
MPMA	Monte Alto	Campo Serrinha do Macaco	MPMA-66-0003-00
MPMA	Monte Alto	Campo Morrinho	MPMA-07-0013-01

Ao considerar a totalidade de amostras deste estudo (n=137), 41 foram obtidas *in situ*, durante as coletas do espécime de Baurusuchidae em Jales e dos espécimes de Baurusuchidae e Sphagesauridae em Fernandópolis. O estado de preservação desses coprólitos varia desde fragmentos quebrados a massas fecais inteiras. Devido à fragilidade e raridade do material, foram necessários procedimentos de preparação que possibilitaram o máximo de preservação (Amstutz 1958; Häntzschel *et al.* 1968). Desta forma, a preparação consistiu principalmente da retirada da matriz de arenito que envolvia os fósseis. O restante das amostras, 38 do Museu de Paleontologia de Marília e 58 do Museu de Paleontologia de Monte Alto, já estavam devidamente preparadas quando emprestadas.

A descrição dos coprólitos consistiu na determinação dos caracteres morfológicos e morfométricos de acordo com as referências clássicas (Thulborn 1991; Hunt *et al.* 1994). Durante essa etapa, a análise foi realizada sob microscópio estereoscópico (*Opton*). As medidas de comprimento e largura foram tomadas com paquímetro (*Mitutoyo*) e o peso aferido com balança digital de precisão (*Diamond*). Adicionalmente, quando possível também foram mensurados espessura, volume e densidade das amostras (Jepsen 1963; Souto 2003; Oliveira & Santucci 2017, 2020).

As diversas características presentes, tais como marcas, seixos, fraturas, perfurações, rachaduras e desgaste foram anotadas. Com base nos caracteres morfológicos, quando possível, os coprólitos foram agrupados por morfotipos (e.g., Chin 2002; Souto 2003; Eriksson *et al.* 2011; Owocki *et al.* 2012; Oliveira & Santucci 2017). Todas as informações coletadas foram compiladas numa base de dados no *software Calc* do pacote *LibreOffice* (*The Document Foundation*). Para cada parâmetro morfométrico foram calculados a média e desvio padrão. Adicionalmente, todos os gráficos foram

plotados no *software QtiPlot* (Vasilief 2011), e os desenhos criados no *Inkscape* e *Gimp*. Todos os *softwares* citados foram utilizados no sistema operacional *Debian GNU/Linux*.

Do conjunto analisado neste estudo, foram escolhidos 24 coprólitos para confecção de seções delgadas: FUP-142, FUP-151, FUP-153, FUP-156, FUP-157, FUP-161, FUP-162, FUP-164, FUP-174, FUP-182, MPM-451, MPM-452, MPM-454, MPM-460, MPM-468, MPMA-08-0073-14, MPMA-08-0076-14, MPMA-08-0089-14, MPMA-08-0092-14, MPMA-08-0106-14, MPMA-08-0107-14, MPMA-08-0113-14, MPMA-08-0116-03 e MPMA-08-0117-03. As lâminas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação da Universidade de São Paulo. As lâminas foram submetidas a análise em microscópio petrográfico acoplado com câmera fotográfica, obtendo registros de diferentes aumentos.

Para a realização de difração de raios-X foram escolhidos 39 coprólitos: FUP-142, FUP-143, FUP-149, FUP-150, FUP-151, FUP-153, FUP-156, FUP-157, FUP-161, FUP-162, FUP-164, FUP-173, FUP-174, FUP-182, MPM-450, MPM-451, MPM-454, MPM-460, MPM-463, MPM-470, MPM-479, MPM-487, MPMA-07-0013-01, MPMA-08-0073-14, MPMA-08-0075-14, MPMA-08-0076-14, MPMA-08-0088-14, MPMA-08-0089-14, MPMA-08-0091-14, MPMA-08-0092-14, MPMA-08-0095-14, MPMA-08-0102-14, MPMA-08-0106-14, MPMA-08-0107-14, MPMA-08-0113-14, MPMA-08-0116-03, MPMA-08-0117-03, MPMA-16-0011-16, MPMA-66-0003-00. De cada amostra foi retirado um pequeno fragmento e, em seguida, pulverizado e acondicionado em *ependorf* numerado. As análises foram realizadas no Laboratório de Difração de Raios-X da Universidade de Brasília.

Por fim, pequenos fragmentos de nove coprólitos (FUP-150, FUP-151, FUP-156, FUP-162, FUP-164, FUP-177, MPM-451, MPMA-08-0074-14 e MPMA-08-0075-14) foram enviados para análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) no

Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília. Adicionalmente, foi realizada análise de espectroscopia de energia dispersiva (EDS) nos coprólitos FUP-164, MPM-451, MPMA-08-0074-14 e MPMA-08-0075-14.

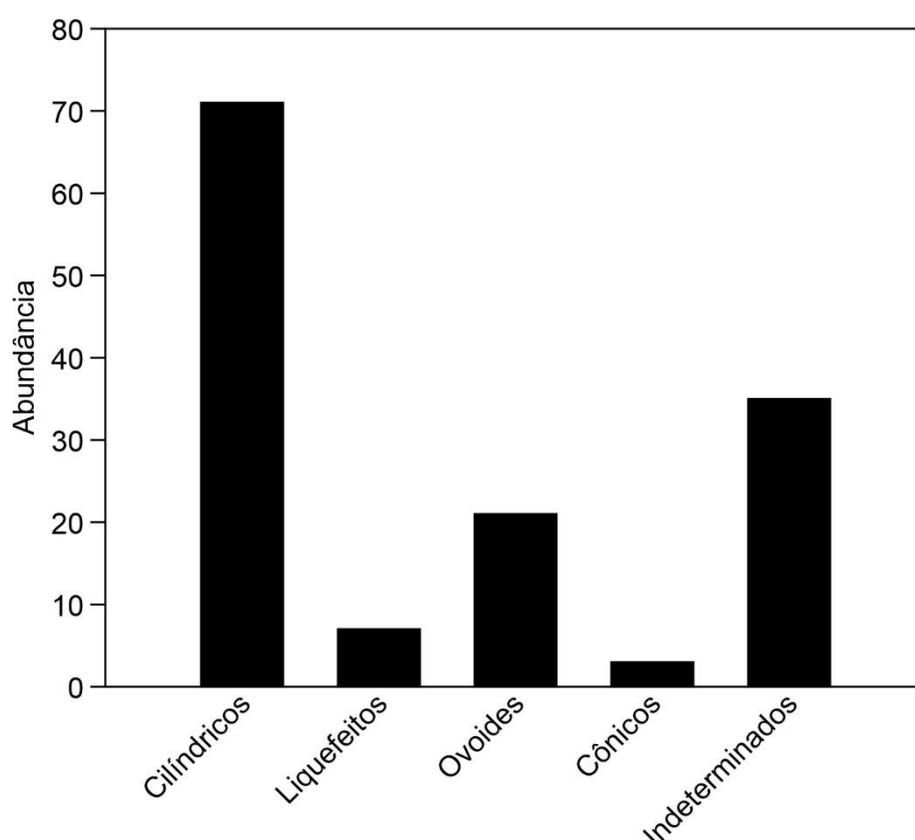
### 3.4. Resultados e discussão

O conjunto de 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Cretáceo Superior de São Paulo avaliados variam de 1,09 a 8,12 cm de comprimento (média  $2,80 \pm 1,20$ ) e 0,58 a 4,54 cm de largura (média  $1,90 \pm 0,65$ ). As dimensões de coprólitos da Formação Adamantina já reportados na literatura são de até 8,00 cm de comprimento (Souto 2010), mostrando equivalência com as amostras deste trabalho. Alguns coprólitos foram preservados inteiros e outros muito fragmentados.

De acordo com os caracteres morfológicos, tradicionalmente utilizados, os coprólitos foram agrupados nos morfotipos cilíndricos, liquefeitos, ovoides e cônicos, além dos tipos indeterminados (**Tabela 3**). A maior abundância observada foi de coprólitos cilíndricos (**Figura 21**). Este resultado era esperado, visto que o registro fóssil aponta dominância de coprólitos cilíndricos, interpretados como produzidos por animais de dieta carnívora (Thulborn 1991; Chin 2002). Além disso, os coprólitos cilíndricos alcançam maiores valores quando se considera os parâmetros de medidas, exceto pela densidade, que alcançou maior valor no morfotipo ovoide (**Tabela 3**).

**Tabela 3.** Parâmetros morfométricos dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. Os dados métricos são apresentados em seus valores mínimo e máximo.

Morfotipos	Total	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Espessura (cm)	Peso (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Cilíndricos	71	1,26-8,12	0,83-4,54	2,61-14,26	1,24-66,52	0,90-33,00	1,03-2,43
Liquefeitos	7	1,43-3,48	0,94-2,81	2,95-8,83	-	-	-
Ovoides	21	1,64-3,83	1,38-3,06	4,34-9,61	3,14-24,18	2,00-12,00	1,57-2,69
Cônicos	3	1,94-4,39	1,78-3,07	5,60-9,64	5,14-42,59	3,00-20,00	1,71-2,13
Indeterminados	35	1,09-3,51	0,58-2,47	1,82-7,76	0,25-15,76	0,20-8,10	0,65-2,08



**Figura 21.** Padrão de abundância dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo.

### 3.4.1. Descrição dos morfotipos

Na sequência, é apresentada uma breve descrição dos morfotipos encontrados e dos coprólitos de morfologia indeterminada, incluindo os subtipos de cilíndricos, ovoides e cônicos (**Figura 22**).

**Morfotipos cilíndricos** – Foram encontrados 71 coprólitos cilíndricos (**Figura 22A-D**), que se caracterizam por estruturas de diâmetro mais ou menos constante ao longo de seu comprimento. As dimensões médias encontradas foram  $3,31 \text{ cm} \pm 1,31$  de comprimento e  $2,05 \text{ cm} \pm 0,66$  de largura. Podem ser observados os subtipos 1 e 2 nos coprólitos cilíndricos. O Subtipo 1 é representado por coprólitos de maior espessura, com diâmetro constante ao longo do comprimento e extremidades isopolar (**Figura 22A-B**). Já o Subtipo 2 se caracteriza por um afinamento ao longo de seu comprimento e são anisopolares, com a extremidade mais fina de formato mais arredondado ou pontiagudo (**Figura 22C-D**). A coloração desses coprólitos pode ser esbranquiçada, amarelada, bege, castanha ou cinza escura. A textura no geral é lisa, mas também pode ser levemente áspera.

**Morfotipos liquefeitos** – Os coprólitos liquefeitos (**Figura 22E**) totalizaram apenas sete amostras, que ocorreram apenas na região de Jales, São Paulo. São coprólitos resultantes de fezes de aparência mais líquida, depositadas na superfície dos planos de estratificação dos finos níveis areníticos. Foram reportados para a Formação Adamantina por Souto (2010). São menores que coprólitos do morfotipo cilíndrico, com comprimento médio de  $2,29 \text{ cm} \pm 0,82$  e largura  $1,68 \pm 0,76$ . Os coprólitos liquefeitos encontrados são, predominantemente, de coloração esbranquiçada e a textura é lisa.

**Morfotipos ovoides** – Foram encontrados 21 coprólitos de morfologia ovoide (**Figura 22F-H**). Estas amostras variam de subformas esféricas a oblongas, apresentando as laterais mais convexas. O comprimento médio foi de  $2,61 \text{ cm} \pm 0,69$  e a largura de  $2,09 \text{ cm} \pm 0,44$ . O conjunto de coprólitos analisado revelou 3 subtipos básicos. O Subtipo 1 é representado por coprólitos circulares de extremidades isopolar (**Figura 22F**). O Subtipo

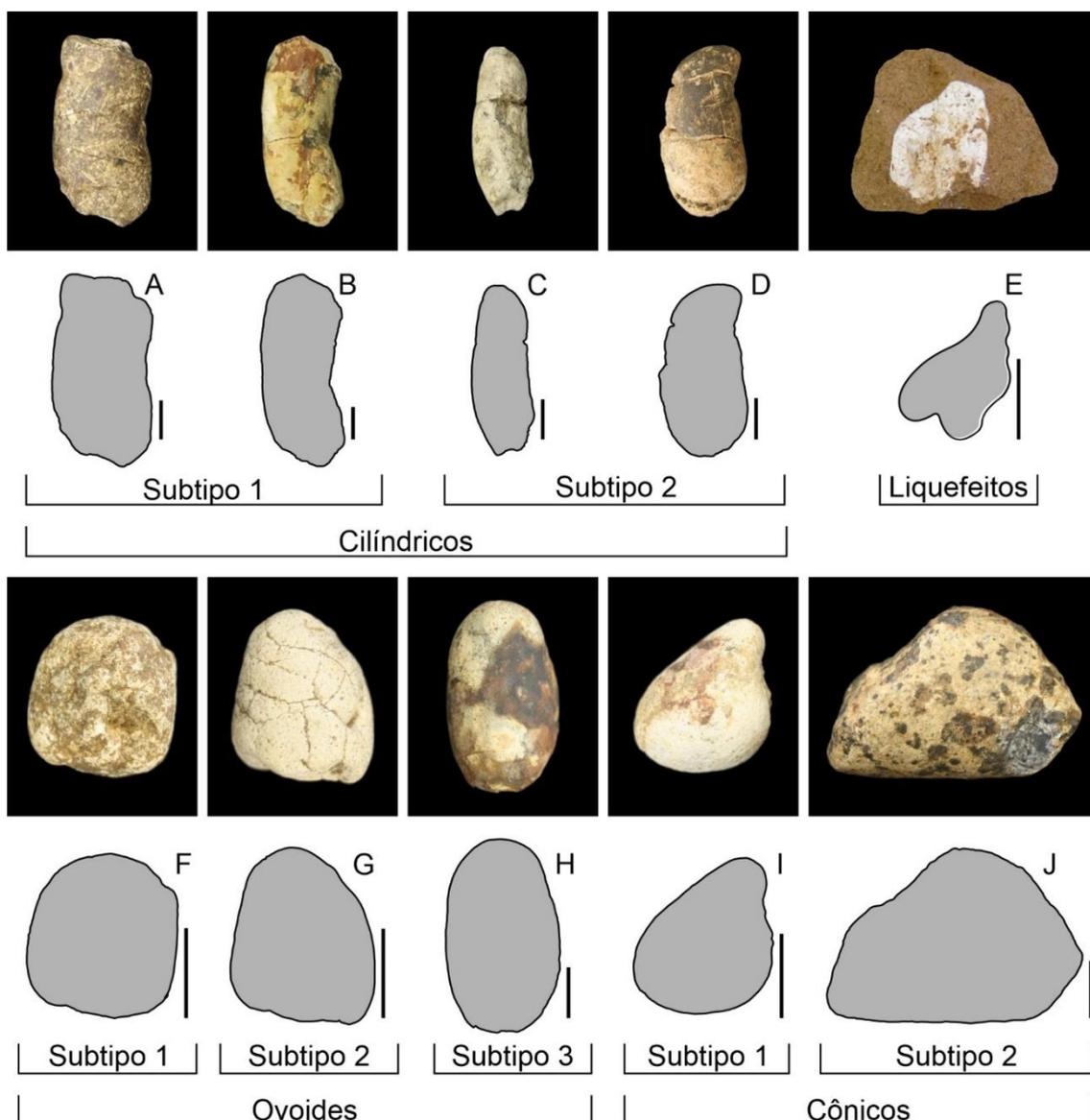
2 apresenta uma das extremidades achatadas, e por isso são anisopolares (**Figura 22G**). Já o Subtipo 3 apresenta forma oblonga com extremidades isopolares (**Figura 22H**). A coloração dos coprólitos ovoides pode ser esbranquiçada, amarelada, bege ou cinza escura, e a textura pode ser lisa a levemente áspera.

**Morfotipos cônicos** – Foram encontrados apenas três coprólitos na forma cônica (**Figura 22I e J**). Eles são semelhantes aos tipos ovoides, mas apresentam um afinamento mais pronunciado em direção a uma das extremidades, com razoável estreitamento na porção mediana. O comprimento médio foi de  $2,91 \text{ cm} \pm 1,30$  e largura de  $2,22 \text{ cm} \pm 0,73$ . Foram observados dois subtipos dentre os coprólitos cônicos, que apresentam extremidades anisopolar. O Subtipo 1 apresenta afinamento mais acentuado, tornando a extremidade superior mais pontiaguda, enquanto a base é arredondada (**Figura 22I**). Já o Subtipo 2 apresenta afinamento menos acentuado, formando uma extremidade superior mais arredondada, enquanto a base é achatada (**Figura 22J**). A coloração observada é bege ou amarelada, com textura lisa.

**Indeterminados** – Incluem 35 coprólitos de morfologia indeterminada, por estarem muito fragmentadas, apesar de algumas serem compatíveis com a forma cilíndrica. Essas amostras apresentaram comprimento médio de  $1,94 \text{ cm} \pm 0,55$  e largura  $1,47 \text{ cm} \pm 0,53$ . Por conta da fragmentação as extremidades não puderam ser determinadas. Quanto a cor, os coprólitos de morfologia indeterminada são semelhantes aos demais morfotipos, podendo ser esbranquiça, bege ou cinza escura. A textura pode ser lisa a levemente áspera.

Os dados de todas as medidas e pesagem dos coprólitos da Formação Adamantina aqui analisados são fornecidas no **Material Suplementar 3**. A indicação da morfologia

de cada coprólito encontra-se no **Material Suplementar 4**. O registro fotográfico de cada um dos coprólitos deste estudo é apresentado no **Material Suplementar 5**.

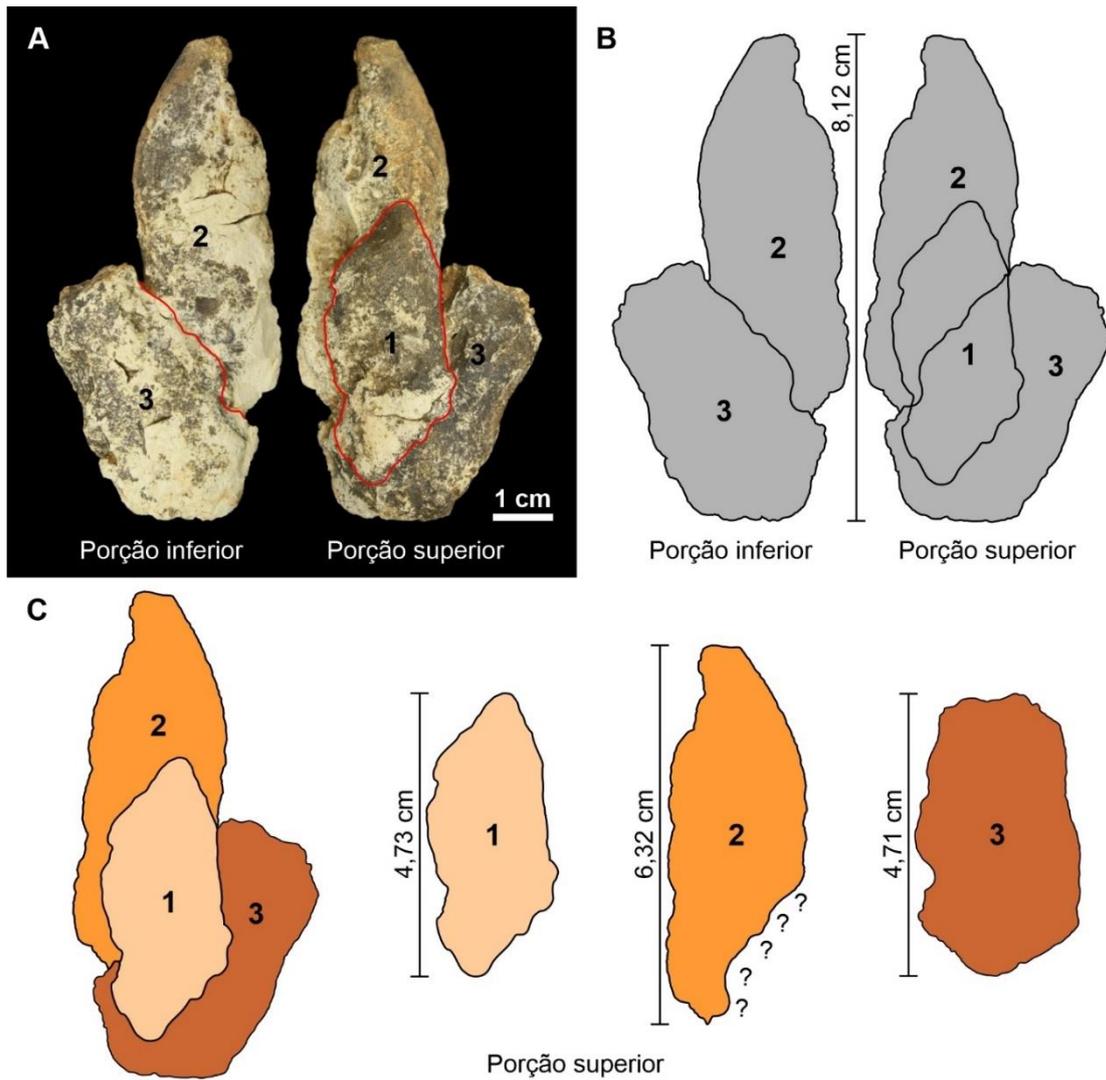


**Figura 22.** Exemplos de morfotipos de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo, analisados neste estudo. A-D, morfotipos cilíndricos; E, morfotipo liquefeito; F-H, morfotipos ovoides; I-J, morfotipos cônicos. Coprólitos das imagens: A, MPMA-08-0088-14; B, MPM-452; C, MPM-463; D, FUP-150; E, FUP-181; F, MPMA-08-0081-14; G, MPMA-08-0087-14; H, MPMA-08-0096-14; I, MPMA-08-0083-14; J, MPMA-08-117-03. Escala = 1,00 cm.

### 3.4.2. Características estruturais

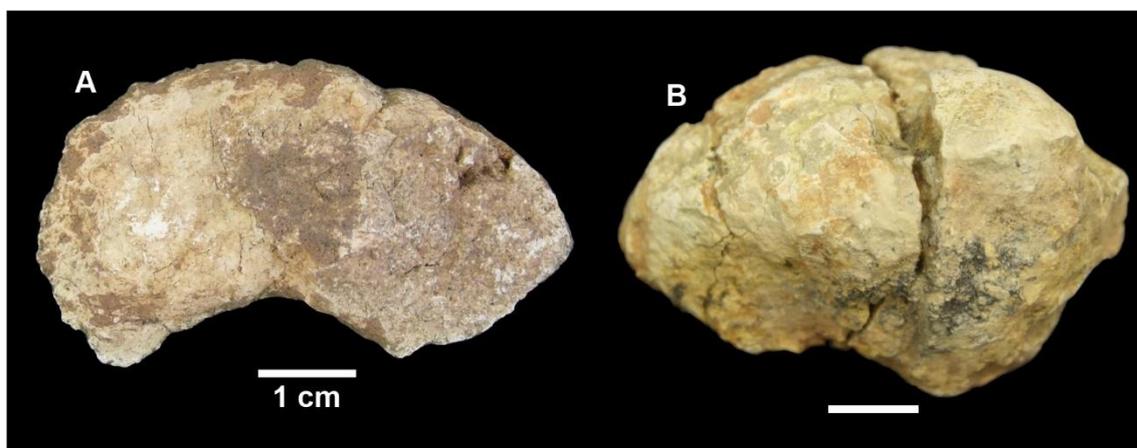
Alguns coprólitos encontrados apresentam achatamento vertical, considerando que a porção inferior do coprólito é a que ficava em contato com o substrato, enquanto a porção superior ficava em contato direto com o ar. Quando achatada, a porção inferior tende a ser mais plana que a porção superior. Um caso especial é da amostra MPM-450, do município de Adamantina, que apresenta um aglomerado de três coprólitos com achatamento vertical (**Figura 23A**).

A amostra MPM-450 apresentou o maior comprimento de todo conjunto de coprólitos avaliados (**Figura 23B**), e isso se deve a esta característica peculiar. Ao analisar a **Figura 23A**, é possível observar que a sequência de deposição das fezes foi 3-2-1. Como o coprólito 2 foi depositado entre os coprólitos 1 e 3, uma pequena porção não pode ser visualizada (**Figura 23C**). Embora essa amostra esteja achatada e um pouco deformada, suas características se assemelham ao Subtipo 2 do morfotipo cilíndrico. Para a Formação Adamantina, Souto (2010) reportou um aglomerado de cinco coprólitos em General Salgado, São Paulo, de morfologia semelhante a amostra MPM-450, e os associou a *Baurusuchus salgadoensis* Carvalho *et al.*, 2005.



**Figura 23.** Aglomerado de coprólitos que compõem a amostra MPM-450. A numeração equivale a sequência em que aparece cada coprólito em vista superior. A, linhas vermelhas mostrando a superfície de contato entre os coprólitos em vista inferior e superior; B, esquematização do aglomerado de coprólitos em vista inferior e superior, com a medida de comprimento total da amostra; C, esquematização da vista superior da amostra MPM-450 destacando cada um dos coprólitos que compõe a amostra e seus comprimentos. Os pontos de interrogação no coprólito 2 da figura C indicam a parte desconhecida que está entre os coprólitos 1 e 3.

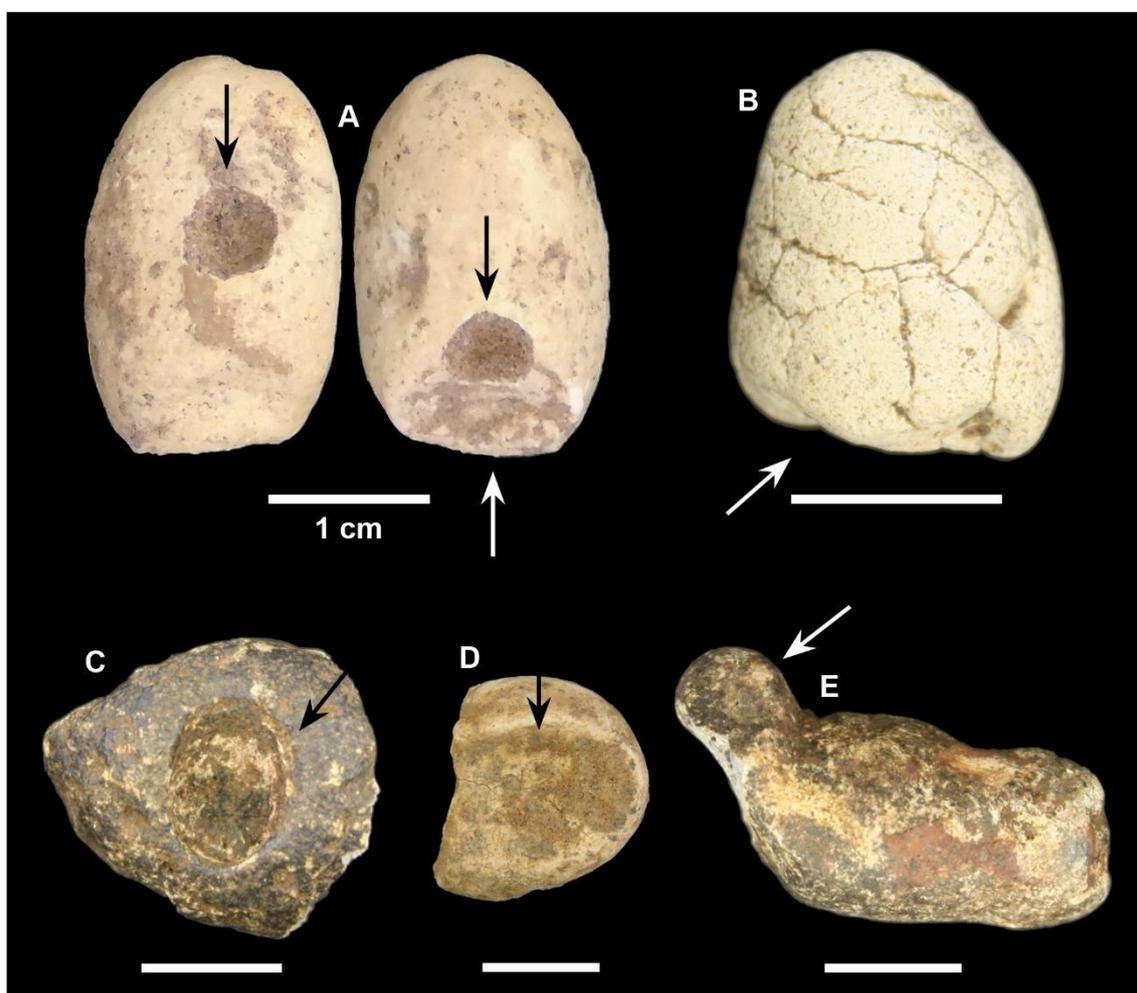
Assim como achatamento, os coprólitos da Formação Adamantina também apresentam outras características relacionadas a alterações morfológicas. Estas alterações ocorrem devido à plasticidade das fezes quando frescas. Dentre estas, podemos citar a curvatura longitudinal, como a amostra FUP-156 (**Figura 24A**) e a deformação estrutural, como a amostra MPM-454, (**Figura 24B**). Adicionalmente, observa-se também que a amostra FUP-156 está achatada verticalmente e quebrada nas duas extremidades, e a amostra MPM-454 também mostra fraturas. As quebras e fraturas podem estar associadas ao ressecamento, quando as fezes se tornam menos plásticas e mais quebradiças. Nesse caso, as quebras podem acontecer por causa de algum tipo de transporte, mesmo que curto. No caso de fraturas, como na **Figura 24B**, pode ser que elas ocorram por causa, pelo menos em parte, da compactação do sedimento.



**Figura 24.** Deformação estrutural em coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. A, achatamento vertical e curvatura longitudinal na amostra FUP-156; B, deformação estrutural e curvatura longitudinal na amostra MPM-454. Escala = 1,00 cm.

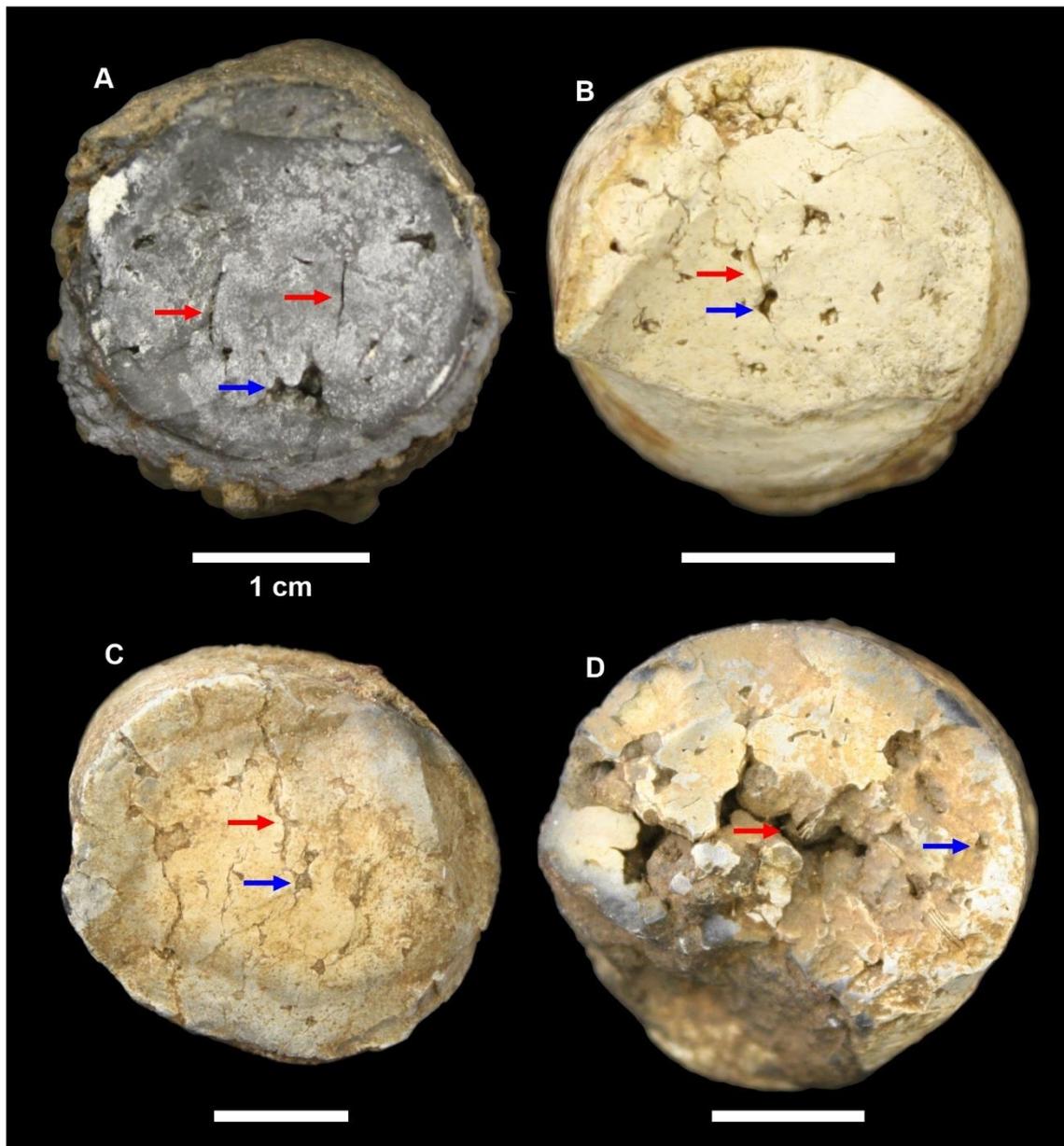
Há alterações mais localizadas nos coprólitos que ocorrem quando há contato das fezes com o substrato assim que são expelidas, como deformação terminal (FUP-153, **Figura 25A**; MPMA-08-0087-14, **Figura 25B**) e marcas de superfície (MPMA-08-092-14, **Figura 25C**; FUP-160, **Figura 25D**). Também foi verificado um caso de deformação

terminal em pino na amostra MPMA-08-0114-14 (**Figura 25E**). Todas essas alterações estruturais já foram reportadas em coprólitos da Formação Adamantina (Souto 2003, 2010). Entretanto, ainda foi constatado que a amostra FUP-145 apresenta duas perfurações preenchidas por sedimento (**Figura 25A**). As perfurações são muito semelhantes àsquelas produzidas por invertebrados coprófagos. Ainda não foram reportadas para a Formação Adamantina, mas já foram descritas em coprólitos de outras localidades (e.g., Dentzien-Dias *et al.* 2012; Milàn *et al.* 2012).



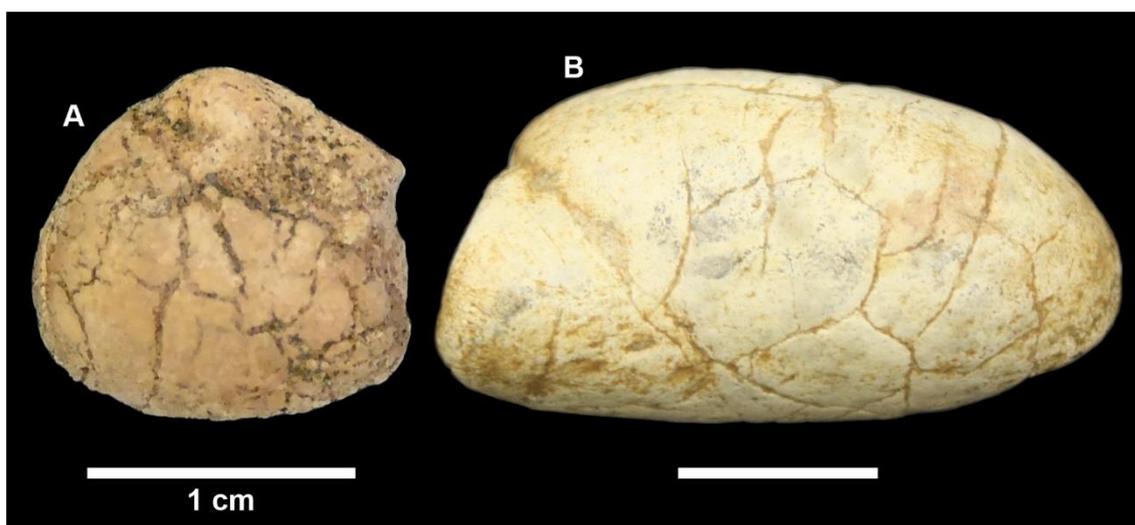
**Figura 25.** Deformações terminais e marcas em coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. A, setas pretas indicando possível perfuração de invertebrado em dois locais e seta branca indicando deformação terminal da amostra FUP-145; B, seta branca indicando deformação terminal na amostra MPMA-08-0087-14; C-D, marcas de superfície nas amostras MPMA-08-0092-14 e FUP-160; E, deformação terminal em pino na amostra MPMA-08-0114-14. Escala = 1,00 cm.

A parte interna de coprólitos cilíndricos com maior espessura, em cortes transversais, apresenta cavidades visíveis a olho nu (**Figura 26**). Essas cavidades são relacionadas a gases de metano e amônia aprisionados no interior das fezes (Thulborn 1991; Harrell & Schwimmer 2010). As pequenas vesículas gasosas são comumente observadas em coprólitos e foram reportadas em amostras da Formação Adamantina (Souto 2003, 2010). Entretanto, fissuras internas tendem a ocorrer em coprólitos maiores, associados a dinossauros (Thulborn 1991) e crocodilomorfos de grande porte como *Deinosuchus* (Harrell & Schwimmer 2010). A interpretação é que os coprólitos menores, como de crocodilomorfos da Formação Adamantina, são pequenos o bastante para que gases escapem para a superfície, enquanto coprólitos mais espessos são grandes o bastante para confinar os gases, produzindo as fissuras (Thulborn 1991; Harrell & Schwimmer 2010).



**Figura 26.** Corte transversal mostrando fissuras e vesículas gasosas em alguns em alguns coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. As setas vermelhas indicam as fissuras e as azuis as vesículas. Coprólitos: A, MPM-468; B, MPMA-08-0116-03; C, MPMA-08-0073-14; D, MPMA-08-0095-14. Escala = 1,00 cm.

Rachaduras de ressecamento foram encontradas em alguns coprólitos, como as amostras FUP-159 (**Figura 27A**) e MPM-458 (**Figura 27B**). Os tipos de rachadura que podem ocorrer em coprólitos são dessecação, relacionada com um longo período de exposição subaérea e sinerese, produzidas em condições subaquosas (Souto 2003; Northwood 2005). No Grupo Bauru, as rachaduras de ressecamento foram relacionadas com um período de exposição subaérea com condições elevadas temperatura e baixa umidade (Souto 2003; Oliveira & Santucci 2017), coincidindo com as condições de aridez reportadas para esta unidade geológica (Batezelli *et al.* 2005).



**Figura 27.** Rachaduras de ressecamento em coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. Coprólitos: A, FUP-159; B, MPM-458. Escala = 1,00 cm.

### 3.4.3. Composição química e inclusões

O resultado das difrações de raios-X revelou que todos os 39 coprólitos analisados apresentam composição em fosfato de cálcio, revelando picos de fluorapatita –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  (**Material Suplementar 1**). Segundo Hunt *et al.* (1994), composição por fosfato de cálcio é um dos critérios utilizados para se determinar um coprólito verdadeiro.

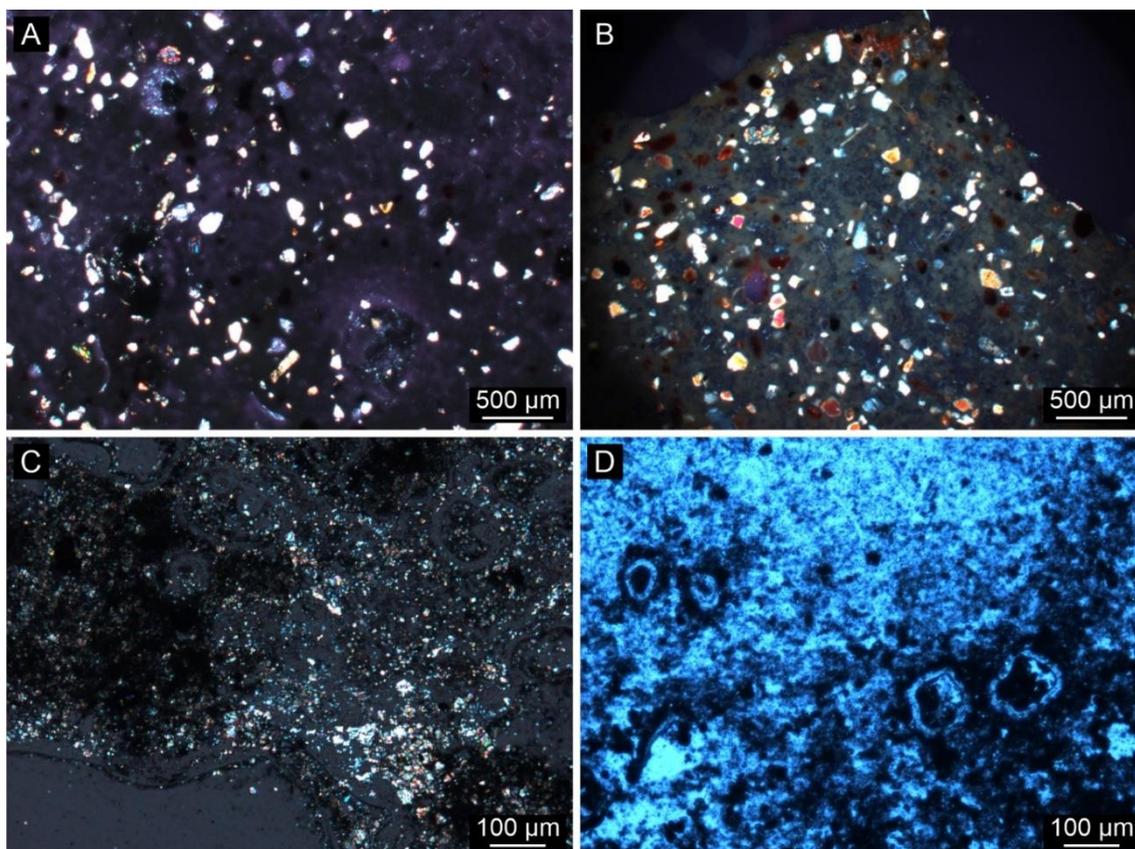
Essa composição deriva da matéria orgânica original (Häntzschel *et al.* 1968; Thulborn 1991).

Além da fluorapatita, outros minerais que apresentaram picos no espectro de difração foram quartzo –  $\text{SiO}_2$ , microclínio –  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , saponita –  $\text{Ca}_{0,2}\text{Mg}_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , ferroactinolita –  $(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ , ilita –  $(\text{K},\text{H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$ , calcita –  $\text{CaCO}_3$  e montmorillonita –  $\text{Ca}_{0,2}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Picos associados a clinojimthompsonita –  $(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2$  e delrioita –  $\text{CaSrV}_2\text{O}_6(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  ocorreram apenas em coprólitos da FUP, enquanto picos associados a albita –  $(\text{Na},\text{Ca})\text{Al}(\text{SiAl})_3\text{O}_8$  e glauberita –  $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$  ocorreram em coprólitos do MPMA.

A análise de MEV permitiu a visualização da matriz dos coprólitos, mas nenhuma amostra apresentou quaisquer indícios de conteúdo ingerido pelos produtores. Os resultados da análise de MEV+EDS das amostras FUP-164, MPM-451, MPMA-08-0074-14 e MPMA-08-0075-14 revelou que os principais componentes da matriz dos coprólitos são P e Ca (**Material Suplementar 2**). Ademais, outros componentes das amostras foram a Si, S, F e Br, além dos elementos metálicos Mg, Al, Cu, Na, K, Fe, Ce, Mn, Ba, Ti e Zr.

As fotomicrografias mostraram que a maioria dos coprólitos apresenta uma massa amorfa, que não interage com a luz polarizada, com grãos de areia arredondados, em sua maioria compostos por quartzo, que variam em tamanho. Os coprólitos encontrados em Fernandópolis, como FUP-151 apresentam grãos de areia de até 200,00  $\mu\text{m}$  (**Figura 28A**). Em Fernandópolis também ocorrem coprólitos com grãos de areia mais grossos e de minerais metálicos, chegando até 500,00  $\mu\text{m}$  e variando mais em tamanho como FUP-161 (**Figura 28B**). Já os coprólitos de Adamantina, como MPM-451 apresentam grãos de areia de tamanho pequeno (**Figura 28C**), assim como coprólitos de Jales. Por outro lado, a amostra MPMA-08-106-14 reage fortemente a luz polarizada, sugerindo que está em

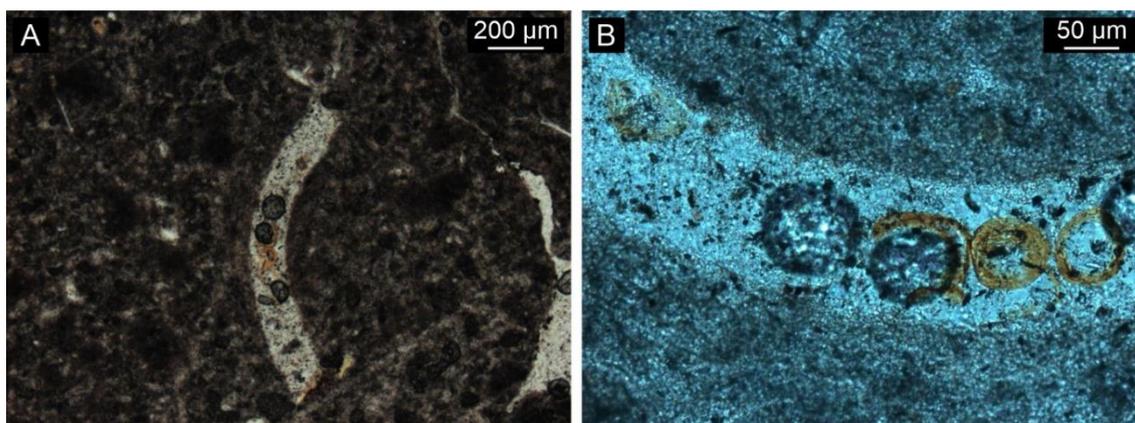
estágio mais avançado de mineralização (**Figura 28D**). O resultado de difração para esta amostra revelou picos associados aos minerais fluorapatita, quartzo, illita, albita e glauberita (resultados da difração no **Material Suplementar 1**).



**Figura 28.** Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. A, coprólito FUP-151, proveniente de Fernandópolis, apresentando grãos de areia vistos com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 2,5 x; B, coprólito FUP-161, proveniente de Fernandópolis, apresentando minerais metálicos (opacos) vistos com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 2,5 x. C, coprólito MPM-451, proveniente de Adamantina, apresentando grãos de areia de tamanho pequeno e frações silte/argila vistos com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 10 x; D, coprólito MPMA-08-106-14, proveniente de Ibirá, em avançado estágio de mineralização visto com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 10 x.

A seção delgada do coprólito MPMA-08-0116-03 apresenta estruturas circulares que remetem a grãos de pólen ou ovos de parasita, com aproximadamente 70,00 μm de diâmetro e inseridas em um tipo de estrutura tubular (**Figura 29**). Entretanto, os grãos de

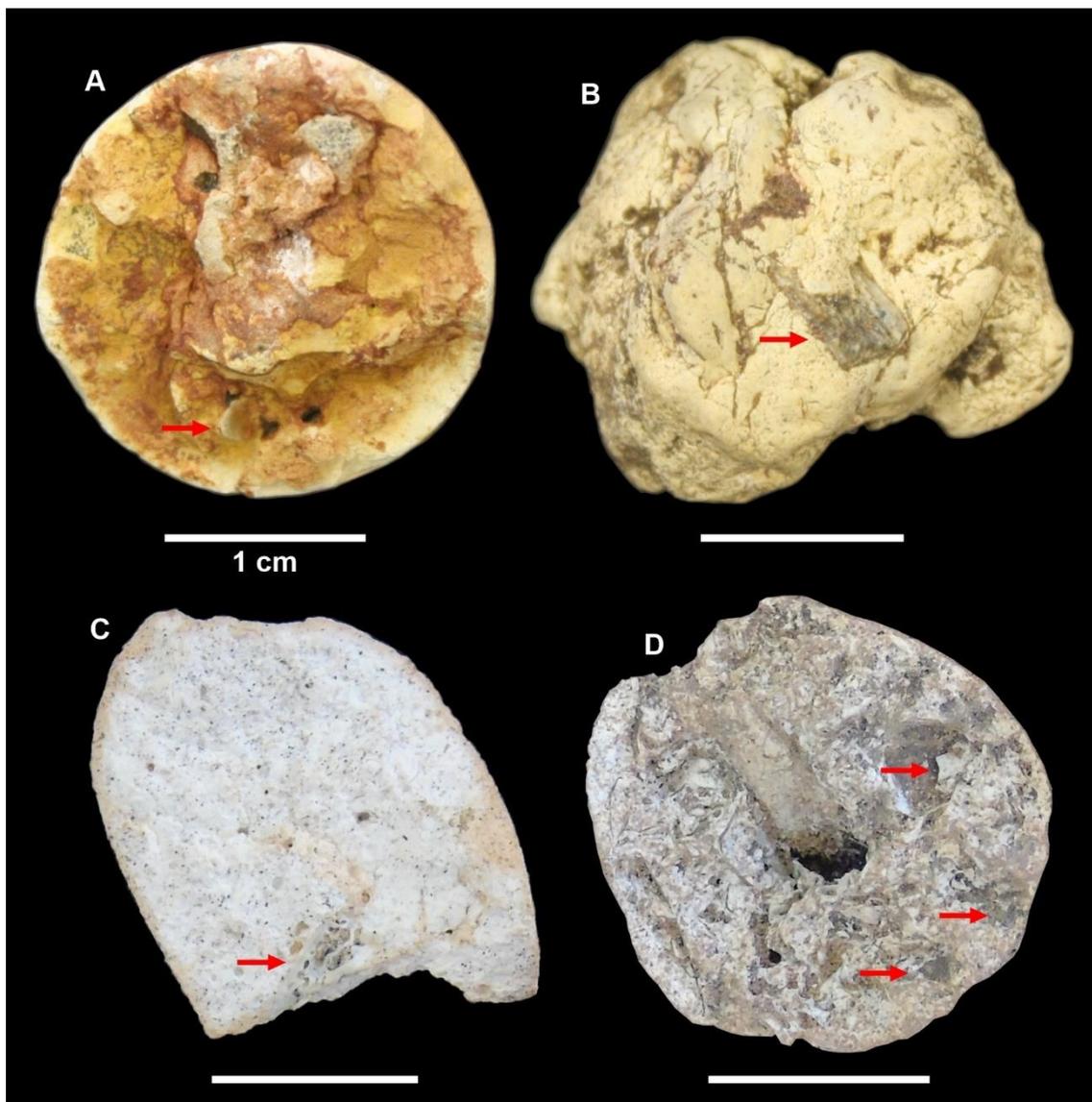
pólen circulares reportados para o Grupo Bauru nas formações São Carlos (Arai & Dias-Brito 2018) e Marília (Oliveira & Santucci 2020), estão entre 20,00 e 40,00  $\mu\text{m}$ . Por outro lado, ovos de Ascaridoidea reportados em coprólitos da Formação Adamantina (Cardia *et al.* 2018) se assemelham em forma e tamanho com as estruturas da amostra MPMA-08-0116-03.



**Figura 29.** Fotomicrografia de seção delgada mostrando estruturas interpretadas como ovos de parasita dentro de uma estrutura tubular no coprólito MPMA-08-0116-03 proveniente de Ibirá. A, imagem vista com polarizador descruzado com aumento da objetiva de 5 x; B, imagem é vista com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 20,00x.

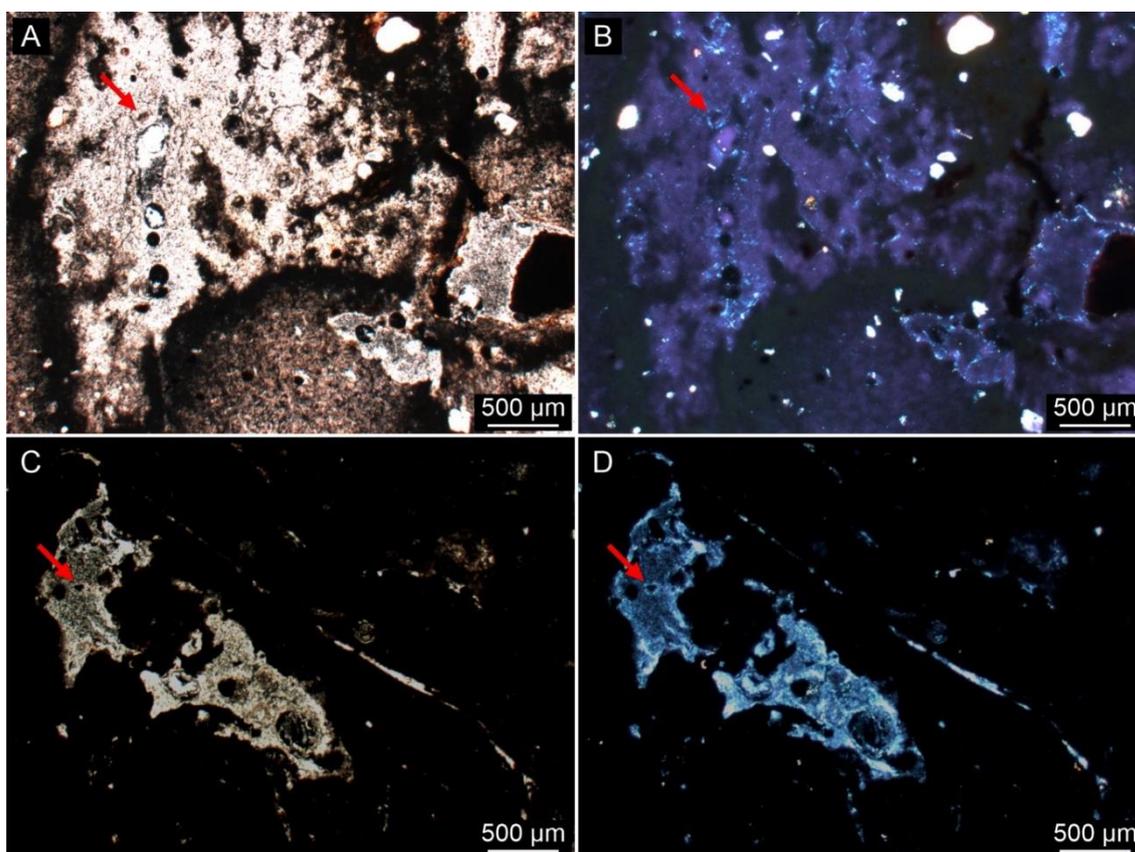
Algumas inclusões macroscópicas foram encontradas em alguns coprólitos da Formação Adamantina, sugerindo a dieta de seus produtores (**Figura 30**). O coprólito MPM-470 apresenta uma estrutura placoide de formato losangular (**Figura 30A**) com aparência semelhante a escamas ganoides de peixes Lepisosteiformes, indicando piscivoria. A parte da escama que está visível no coprólito possui aproximadamente 2,00 mm. Outras amostras que apresentam estruturas semelhantes a escamas de Lepisosteiformes são MPM-479, de Adamantina e MPMA-08-0084-14, de Ibirá. Escamas de Lepisosteiformes foram reportadas em coprólitos de crocodilomorfos da Formação Adamantina nos municípios de Presidente Prudente (Souto & Nava 2007) e Ibirá (Souto 2010).

O coprólito MPMA-08-0074-14 apresenta um volumoso fragmento ósseo, cuja parte visível equivale a 6,00 mm de comprimento por 4,00 mm de largura (**Figura 30B**), enquanto o coprólito FUP-151 apresenta um fragmento ósseo com 5,00 mm de comprimento (**Figura 30C**). Essas observações sugerem carnivorismo dos produtores. Souto (2010) reportou fragmentos ósseos em coprólitos de crocodilomorfos da Formação Adamantina, semelhante a amostra FUP-151. Entretanto, a presença de fragmentos ósseos em fezes de crocodilomorfos não é considerada comum devido à eficácia do sistema digestório desses arcossauros (Milàn 2012; Dentzien-Dias *et al.* 2018). Por outro lado, coprólitos de Theropoda podem conter fragmentos ósseos como resíduos não digeridos (Thulborn 1991). Já o coprólito FUP-150, encontrado associado ao fóssil de Sphagesauridae, contém estruturas laminadas e de formato curvilíneo (**Figura 30D**), sugerindo uma possível origem vegetal.



**Figura 30.** Macroinclusões observadas em coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. As setas vermelhas indicam as estruturas observadas. A, escama de peixe de formato losangular associado a *Lepisosteiformes* no coprólito MPM-470, proveniente de Adamantina; B, fragmento ósseo no coprólito MPMA-08-0074-14, proveniente de Ibirá; C, pequeno fragmento ósseo no coprólito FUP-151, associado a *Baurusuchidae* em Fernandópolis; possíveis restos vegetais no coprólito FUP-150, associado a *Sphagesauridae* em Fernandópolis. Escala = 1,00 cm.

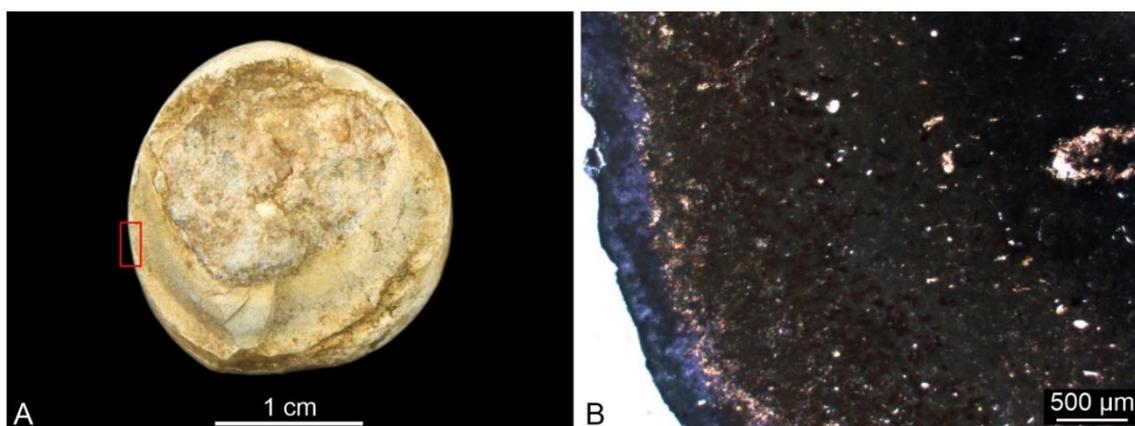
Ainda sobre resíduos alimentares, merecem destaque os resultados encontrados nas seções delgadas das amostras FUP-156 e MPMA-08-0092-14 (**Figura 31**). Nas imagens pode-se observar a presença de uma massa amorfa que não reage com a luz polarizada. Esses coprólitos revelaram a presença de fragmentos ósseos com ósteons, uma estrutura do osso formado por lamelas de tecido ósseo que cercam um canal de *Havers*. Em comparação, a seção delgada de um coprólito da Formação Frenchman, no sudoeste de Saskatchewan, Canadá, associado ao *Tyrannosaurus rex* Osborn, 1905, também revelou presença de restos ósseos com ósteons (Chin *et al.* 1998).



**Figura 31.** Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo mostrando possíveis fragmentos ósseos com presença de ósteons. As setas vermelhas indicam a localização dos ósteons. Coprólitos: A-B, fragmentos ósseos da amostra FUP-156, proveniente de Fernandópolis, vistos com polarizador descruzado (A) e cruzado (B), com aumento da objetiva de 2,5 x; C-D, fragmentos ósseos da amostra MPMA-08-0092-14, proveniente de Ibirá, vistos com polarizador descruzado (C) e cruzado (D), com aumento da objetiva de 2,5 x.

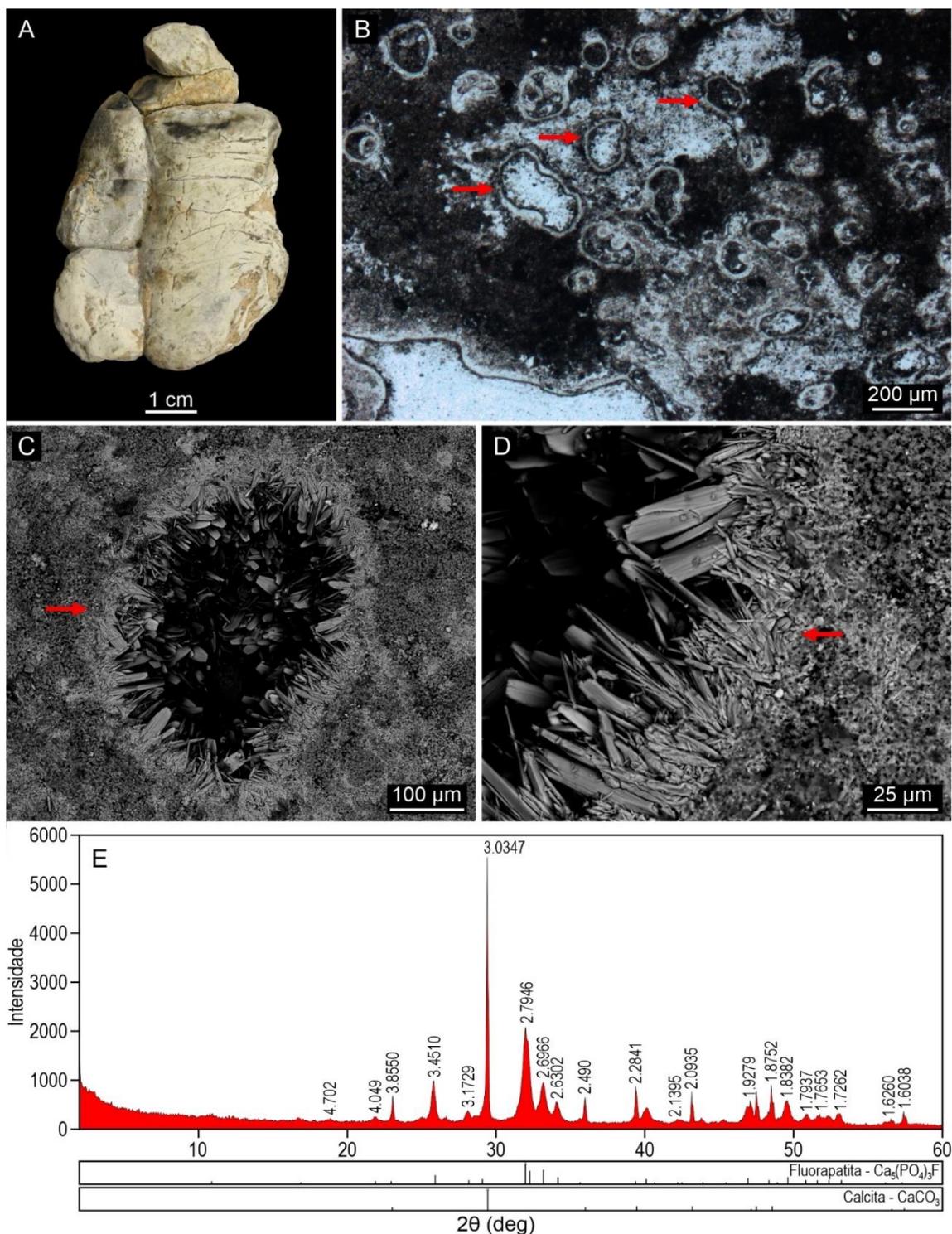
#### 3.4.4. Aspectos diagenéticos

Informações sobre a influência da diagênese nas amostras foram tomadas das seções delgadas, das análises de difração de raios-X e por observação macroscópica. A seção delgada do coprólito MPMA-08-0076-14, de Ibirá, interage com a luz polarizada do microscópio petrográfico na região da borda (**Figura 32**). Também é possível observar uma grande massa amorfa no interior da amostra. Este resultado sugere que a borda alterada se deve a cristalização que ocorreu de fora para dentro do coprólito. A região cristalizada parece corresponder a camada de muco fecal, que se caracteriza por uma camada delgada que pode ocorrer no entorno dos coprólitos (Souto 2017).



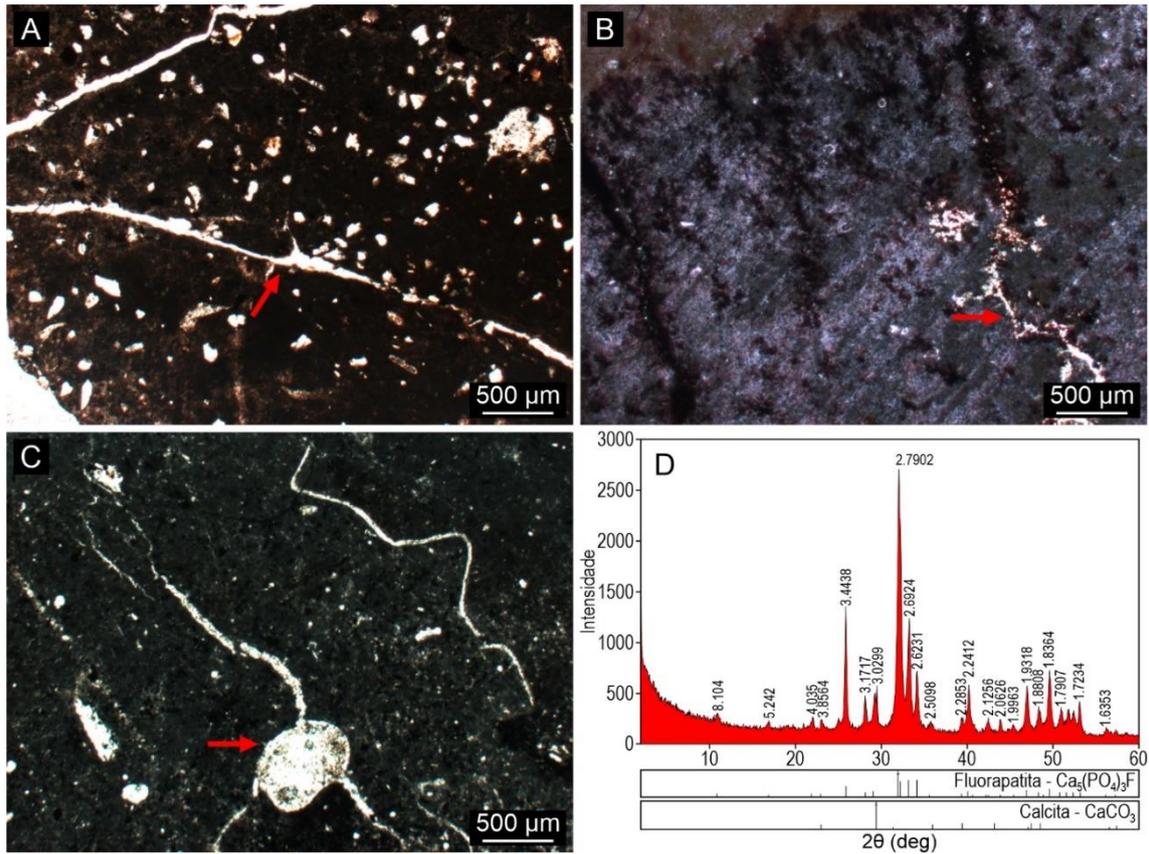
**Figura 32.** Borda de alteração no coprólito MPMA-08-0076-14, proveniente de Ibirá. A, coprólito MPMA-08-0076-14 com vista em fragmentação transversal, destacando em vermelho uma região da borda; B, imagem vista com polarizador cruzado com aumento da objetiva de 2,5 x, mostrando cristalização da borda do coprólito e uma massa amorfa na região interna, onde as porções de interação com a luz polarizadas correspondem apenas aos grãos de areia presentes na massa fecal.

As seções delgadas de alguns coprólitos também apresentaram estruturas que remetem a vesículas gasosas, como a amostra MPM-451 (**Figura 33**), proveniente de Adamantina. Segundo Souto (2017), as vesículas gasosas são representadas por tamanhos e formas variadas, tal como observado na **Figura 33B**. Quando observadas em MEV, as vesículas gasosas que aparecem na seção delgada mostram-se com as bordas recristalizadas (**Figura 33C-D**). A difração da porção pulverizada da amostra MPM-451 revelou picos associados a fluorapatita e calcita (**Figura 33E**). O EDS indica a presença de Mn, Fe, Na, Al, Si, P e Ca nos cristais. A borda da estrutura apresenta os mesmos elementos, exceto pela ausência de Na e presença de P (**Material Suplementar 2: Amostra MPM-451, Área 2**).



**Figura 33.** Presença de possíveis bolhas de gás na amostra MPM-451, Formação Adamantina, Gupo Bauru, Bacia Bauru proveniente de Adamantina. A, amostra MPM-451; B, fotomicrografia de seção delgada com aumento da objetiva de 2,5 x e polarizador descruzado; C-D, análise de MEV do coprólito mostrando em detalhes a estrutura; E, gráfico de difração de raios-X do coprólito demonstrando picos associados a fluorapatita e calcita. As setas vermelhas (B, C e D) indicam as possíveis bolhas de gás.

Os coprólitos MPM-452 e MPM-454, provenientes de Adamantina e MPMA-08-0073-14, proveniente de Ibirá, apresentaram fissuras delgadas preenchidas por carbonato, algumas associadas a vesículas gasosas (**Figura 34**). A difração da amostra MPM-454 revelou picos associados a calcita (**Figura 34D**), assim como da amostra MPMA-08-0073-14 (**Material Suplementar 1**). Harrell & Schwimmer (2010) reportaram com destaque que as fissuras maiores em coprólitos não são preenchidas por carbonato, como ocorre em concreções septárias típicas. O mesmo padrão também se observa em fissuras maiores dos coprólitos analisados (ver **Figura 26**), mostrando equivalência em coprólitos de animais de maior porte como dinossauros (Thulborn 1991) e *Deinosuchus* (Harrell & Schwimmer 2010). Porém, como relatado, apenas as fissuras mais delgadas se mostraram preenchidas por carbonato, vistas em microscópio petrográfico. Este tipo de análise não foi realizada por Harrell & Schwimmer (2010).



**Figura 34.** Fotomicrografia de seção delgada de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo mostrando possíveis fissuras preenchidas por carbonato. As setas vermelhas indicam as fissuras presentes nas imagens e uma possível vesícula gasosa (C), vistas com polarizador descruzado com aumento da objetiva de 2,5 x. A, coprólito MPM-452, proveniente de Adamantina; B, coprólito MPM-454, proveniente de Adamantina; C, coprólito MPMA-08-0073-14, proveniente de Ibirá; D, gráfico de difração de raios-X do coprólito MPM-454 demonstrando picos associados a fluorapatita e calcita.

As características diagenéticas encontradas em coprólitos da região de Ibirá e Adamantina não foram observadas nos coprólitos de Jales e Fernandópolis. Desta forma, a presença de cristalização nos coprólitos, como observado nas bordas e vesículas e fissuras gasosas, mostram um padrão de diagênese mais intenso nesse material, e que os coprólitos de Jales e Fernandópolis estão mais bem preservados em sua composição original.

#### ***3.4.5. Possíveis produtores dos coprólitos***

O agrupamento de coprólitos por morfotipos é um método tradicional no estudo desses icnofósseis, especialmente na obtenção de parâmetros morfométricos. Entretanto, uma gama de animais pode produzir fezes de morfologia semelhante, e esta ambiguidade morfológica complica a associação direta do coprólito com seu produtor (Chin *et al.* 1998; Chin 2002). Desta forma, todo tipo de informações e análises obtidas dos coprólitos são importantes, pois podem fornecer pistas mais concretas de seus produtores. Ao analisar padrões morfológicos e de conteúdo em coprólitos da Formação Urumaco, Mioceno da Venezuela, Dentzien-Dias *et al.* (2018) conseguiram determinar que seus prováveis produtores foram carnívoros, incluindo crocodilianos e herbívoros incluindo Rodentia, Notoungulata e Sirenia.

Os coprólitos liquefeitos deste estudo representaram 5,11% dos coprólitos ( $n = 7$ ), e são provenientes do afloramento em Jales. A ocorrência de coprólitos liquefeitos foi reportada para a Formação Adamantina em Marília e General Salgado, e foi associada a presença de filhotes em áreas de nidificação (Souto 2010). Interessante observar que no afloramento de Jales ocorrem fósseis de Baurusuchidae, associados a diversos ovos de crocódilomorfos (Oliveira *et al.* 2011). Com os resultados encontrados é possível supor que os coprólitos liquefeitos foram produzidos por indivíduos jovens de Baurusuchidae.

É consenso que animais atuais de dieta carnívora, como mamíferos da ordem Carnivora (Chame 2003) e arcossauros como os Crocodylia (Milàn 2012), produzem fezes de formato cilíndrico. As espécies de mamíferos *Panthera onca* (Linnaeus, 1758), *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) e *Puma yagouaroundi* (É. Geoffroy, 1803) são carnívoros estritos, enquanto *Pteronura brasiliensis* (Gmelin, 1788) é piscívora (Paglia *et al.* 2012), e todas produzem fezes de formato cilíndrico (**Figura 35A-D**). Segundo Chame (2003), embora não seja regra fezes em formas ovóides, e até pequenas comparadas ao tamanho do corpo, podem ser produzidas por mamíferos como *Tapirus terrestris* (Linnaeus, 1758), *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758), *Sylvilagus brasiliensis* (Linnaeus, 1758) e *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus, 1766) (**Figura 35E-H**), animais de dieta herbívora (Paglia *et al.* 2012). Adicionalmente, *P. tajacu* e outros Artiodactyla, como *Mazama* spp., também podem produzir fezes com uma das extremidades mais pontiaguda, remetendo a formas cônicas (Chame 2003).



**Figura 35.** Fezes de espécies de mamíferos de médio e grande porte atuais e nativos do Brasil. A-D, fezes cilíndricas de mamíferos carnívoros; E-H, fezes ovoides de mamíferos herbívoros. Produtores das fezes: A, *Panthera onca* (onça-pintada); B, *Puma concolor* (onça-parda); C, *Puma yagouaroundi* (gato-mourisco); D, *Pteronura brasiliensis* (ariranha); E, *Tapirus terrestris* (anta); F, *Pecari tajacu* (cateto); G, *Sylvilagus brasiliensis* (tapeti); H, *Hydrochoerus hydrochaeris* (capivara). Fotos do autor.

Os coprólitos cilíndricos representaram 51,82% (n = 71) do conjunto de amostras avaliadas neste estudo, mesmo considerando os tipos indeterminados (25,55%). O domínio de formas cilíndricas era esperado, visto que no registro fóssil há domínio de coprólitos produzidos por carnívoros (Hunt *et al.* 1994). Desses, 61 apresentam características morfológicas do Subtipo 2 do morfotipo cilíndrico (**Figura 22C-D**). Este padrão morfológico tem se mostrado comum em coprólitos de crocodilomorfos, independente do táxon ou período geológico (e.g., Young 1964; Sawyer 1981; Harrell & Schwimmer 2010; Souto 2010; Lucas *et al.* 2012; Dentzien-Dias *et al.* 2018). Mesmo as espécies de Crocodylia atuais produzem excrementos similares em morfologia (Milàn 2012). Desta forma, a interpretação é que esses coprólitos foram produzidos por crocodilomorfos.

No caso da Formação Adamantina, a dominância de coprólitos associados a crocodilomorfos é resultado da grande diversidade e abundância de representantes do grupo (Souto 2010). Com relação à diversidade de crocodilomorfos da Formação Adamantina, foram descritos até o momento, somente para região de Marília, as espécies *Mariliasuchus amarali* (Carvalho & Bertini 1999), *Mariliasuchus robustus* Nobre *et al.*, 2007 e *Adamantinasuchus navae* Nobre & Carvalho, 2006. Em Monte Alto ocorrem as espécies *Stratiosuchus maxhechti* Campos *et al.*, 2001, *Montealtosuchus arrudacamposi* Carvalho *et al.*, 2007, *Caipirasuchus montealtensis* (Andrade & Bertini, 2008a), *Morrinhosuchus luziae* Iori & Carvalho, 2009, *Caipirasuchus paulistanus* Iori & Carvalho, 2011 e *Barreirosuchus franciscoi* Iori & Garcia, 2012. Em Riolândia ocorre *Baurusuchus pachecoi* Price, 1945. Em General Salgado foram encontrados *Baurusuchus salgadoensis* (Carvalho *et al.* 2005), *Baurusuchus albertoi* Nascimento & Zaher, 2010, *Armadillosuchus arrudai* Marinho & Carvalho, 2009, *Gondwanasuchus scabrosus* Marinho *et al.*, 2013, *Caipirasuchus stenognathus* Pol *et al.*, 2014 e *Aplestosuchus*

*sordidus* Godoy *et al.*, 2014. Em Presidente Prudente ocorrem *Caryonosuchus pricei* Kellner *et al.*, 2011 e *Pepesuchus deiseae* Campos *et al.*, 2011. Na região de Jales foram encontrados restos de Baurusuchidae e em Fernandópolis Baurusuchidae e Sphagesauridae (material em preparação na Faculdade UnB Planaltina).

As inclusões encontradas nos coprólitos, aqui interpretados como produzidos por crocodilomorfos, foram um pequeno fragmento ósseo em coprólito de Baurusuchidae (FUP-151), escamas ganoides de peixes Lepisosteiformes (MPM-470, MPM-479 e MPMA-08-0084-14) e possíveis restos vegetais em coprólito de Sphagesauridae (FUP-150). Isso demonstra variedade na dieta do grupo, reflexo da grande riqueza de espécies encontradas e da diversidade morfológica apresentada pelas espécies. O Baurusuchidae *Aplestosuchus sordidus* foi encontrado com um Sphagesauridae em sua cavidade abdominal, indicando que esses animais foram carnívoros (Godoy *et al.* 2014). As escamas de Lepisosteiformes encontradas em coprólitos de diferentes localidades, mostra que a piscivoria pode ter sido opção para algumas espécies de crocodilomorfos (Souto & Nava 2007), sendo que nas regiões onde esses coprólitos são encontrados, ocorrem restos ósseos associados a Peirosauridae. Já os Sphagesauridae apresentam heterodontia e facetas de desgaste nos dentes, indicando que poderiam se alimentar de tipos distintos de alimentos, incluindo plantas (Andrade & Bertini 2008b).

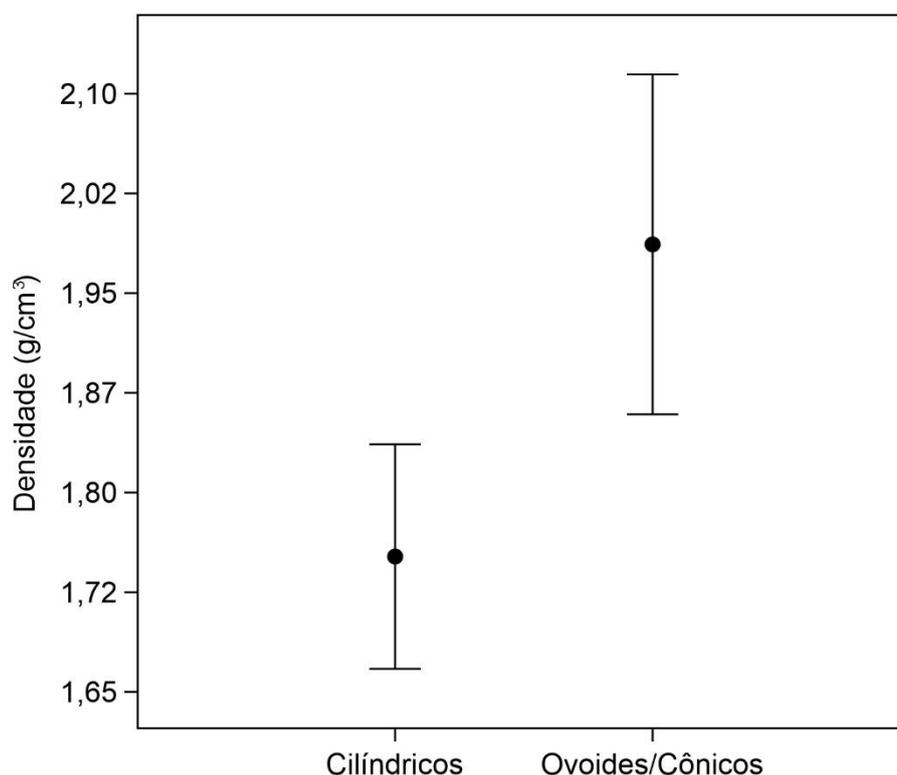
O outro conjunto de coprólitos cilíndricos encontrados totalizou 17 amostras. Essas amostras são do Subtipo 1 (**Figura 22A-B**) e apresentam, no geral, maior largura e volume que os coprólitos associados a crocodilomorfos. Essas amostras podem apresentar fragmentos ósseos volumosos observados a olho nu (MPMA-08-0074-14) ou nas seções delgadas (FUP-156 e MPMA-08-0092-14). A literatura mostra que coprólitos de dinossauros carnívoros também são cilíndricos, e uma característica é a riqueza em fragmentos ósseos (Thulborn 1991; Chin *et al.* 1998, 2003). Também podem ocorrer

fissuras nesses coprólitos, relacionadas com a presença de gases nas fezes. A presença de fissuras internas tende a ocorrer em coprólitos maiores, associados a dinossauros (Thulborn 1991). Com os resultados observados, é razoável supor que esses coprólitos foram produzidos por dinossauros carnívoros. Terópodes dos grupos Abelisauroidea e Maniraptoriformes estão presentes na Formação Adamantina (Ghilardi & Fernandes 2011; Geroto & Bertini 2014; Tavares *et al.* 2014; Bandeira *et al.* 2018; Delcourt *et al.* 2020).

Os coprólitos ovoides e cônicos totalizaram 24 amostras (17,52%), representados por alguns subtipos (**Figura 22F-J**). Como mencionado, animais herbívoros tendem a produzir fezes nesses formatos. Coprólitos ovoides do Grupo Bauru foram associados com animais de dieta herbívora, no caso saurópodes, devido à presença abundante de silicatos (Souto 2003; Souto & Fernandes 2015). Coprólitos ovoides e cônicos, ricos em silicatos, da Formação Marília, em Peirópolis, retornaram conteúdo palinológico associado a Podocarpaceae, Cycadaceae e Gnetales, além de resíduos vegetais, indicando que foram de fato produzidos por animais de dieta herbívora (Oliveira & Santucci 2017, 2020). Resultado da difração de raios-X de coprólitos de morfologia ovoide (MPMA-66-0003-00 e MPMA-16-0011-16) e cônica (MPMA-08-0117-03) deste estudo apresenta picos associados a minerais silicáticos como quartzo, microclina e albita, que são interpretados como detríticos e foram ingeridos pelo animal durante a alimentação e ilita, que podem ter se formado durante a diagênese (**Material Suplementar 1**).

Considerando o conjunto de amostras aqui avaliadas, a densidade média dos coprólitos ovoides e cônicos é maior que a densidade média dos coprólitos cilíndricos (**Figura 36**). Esse resultado sugere que os coprólitos ovoides e cônicos, com volume semelhante aos coprólitos cilíndricos, tendem a ser mais pesados. Souto & Fernandes (2015) destacaram que coprólitos produzidos por herbívoros podem apresentar alto grau

de dureza e compactação. A interpretação é que os coprólitos ovóides e cônicos aqui descritos foram produzidos por animais herbívoros. Os saurópodes representam a fauna herbívora abundante na Formação Adamantina. Os coprólitos ovóides e cônicos deste estudo foram encontrados nos municípios de Adamantina, Ibirá, Monte Alto e Fernando Prestes. Dentre as espécies herbívoras da Formação Adamantina podemos citar os saurópodes *Gondwanatitan faustoi* Kellner & Azevedo, 1999 de Álvares Machado, *Adamantisaurus mezzalirai* Santucci & Bertini, 2006 de Flórida Paulista, *Aeolosaurus maximus* Santucci & Arruda-Campos, 2011 de Monte Alto e *Brasilotitan nemophagus* Machado *et al.*, 2013 de Presidente Prudente, todos titanossauros.

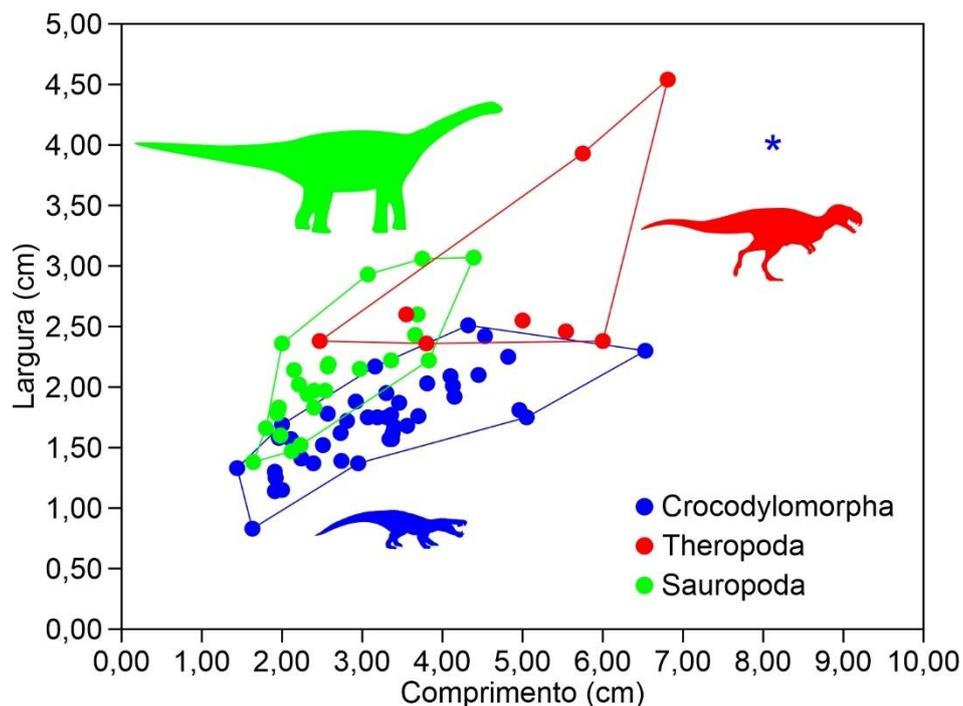


**Figura 36.** Variação na densidade média de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo. O círculo central representa a média da densidade dos coprólitos cilíndricos e ovóides/cônicos. O *whisker* representa o intervalo de confiança a 95,00%.

Com a interpretação de que certos coprólitos foram produzidos por crocodylomorfos, terópodes e saurópodes, foi plotado um gráfico com os parâmetros

métricos de comprimento e largura para testar a presença de grupos, método semelhante ao utilizado para coprólitos do Triássico da Polônia (Owocki *et al.* 2012) e Brasil (Francischini *et al.* 2018). Como algumas amostras estão fragmentadas ou muito quebradas, para esta análise consideramos os coprólitos que aparentam melhor estado de preservação, totalizando 75 espécimes. Para esse conjunto de amostras, 43 foram associados a crocodilomorfos, 24 a saurópodes e oito a terópodes. Vale mencionar que alguns coprólitos associados a Theropoda estão mais amassados ou deformados.

A distribuição no morfoespaço mostra os três grupos considerados indicando baixa sobreposição de valores (**Figura 37**). As amostras cilíndricas tendem a ser mais longas, mas coprólitos do Subtipo 1 são mais largos que coprólitos do Subtipo 2. Farlow *et al.* (2010) ponderam que, para mamíferos carnívoros, a largura do coprólito pode se correlacionar melhor com o tamanho de seu produtor do que o comprimento. Os coprólitos ovoides e cônicos são mais curtos, e sua largura está entre os valores do Subtipo 1 e 2 dos coprólitos cilíndricos. Os resultados sugerem que foram produzidos por três tipos distintos de animais, com dinossauros saurópodes e terópodes produzindo fezes mais largas que crocodilomorfos.



**Figura 37.** Morfoespaço das medidas de coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo, gerado a partir dos dados de comprimento e largura de 75 amostras em melhor estado de preservação estrutural. O asterisco azul representa a amostra MPM-450, um aglomerado de três coprólitos de crocodylomorfo que deixou a amostra com tamanho discrepante.

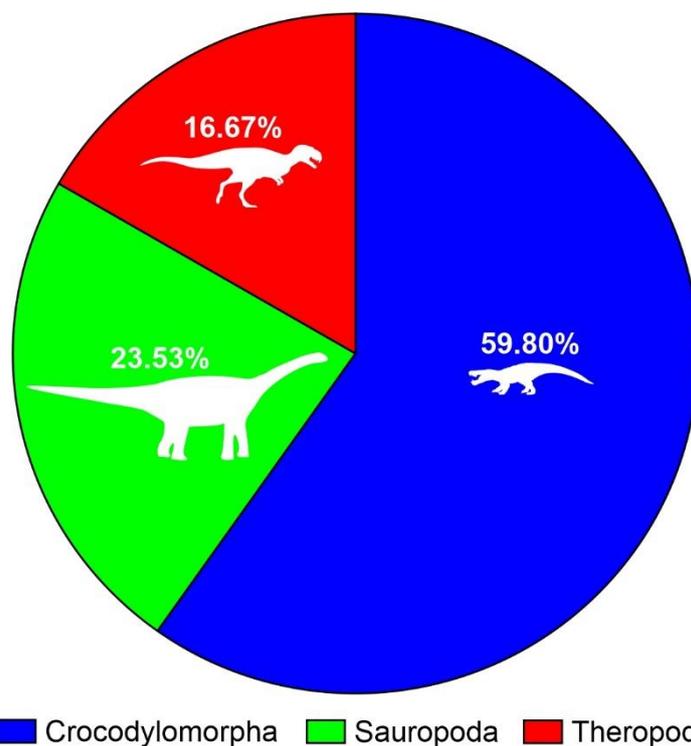
Para testar se há uma correlação entre comprimento e largura dos grupos de coprólitos, ilustrados na **Figura 37**, foi utilizado um teste de *Pearson* (Owocki *et al.* 2012). O coeficiente de correlação de *Pearson* entre comprimento e largura para o conjunto de coprólitos foi  $r = 0,72$ , mas não houve relação significativa entre essas duas variáveis ( $p > 0,05$ ). Os resultados encontrados para os coprólitos cilíndricos de crocodylomorfos ( $r = 0,85$ ) e téropodes ( $r = 0,59$ ), também não mostram relação significativa ( $p > 0,05$ ). A correlação encontrada para os coprólitos ovóides e cônicos de saurópodes foi positiva (0,81) e significativa ( $p < 0,05$ ). Este resultado sugere que a correlação entre comprimento e largura são diretamente proporcionais para os coprólitos ovóides e cônicos. Por outro lado, a falta de correlação entre comprimento e largura de coprólitos cilíndricos pode se explicar pela tendência da compressão das fezes durante a

evacuação (ex. **Figura 35C**), resultando em tamanhos distintos (Farlow *et al.* 2010), além dos processos transporte e sepultamento (Owocki *et al.* 2012).

A **Figura 35** apresenta fezes atuais de mamíferos carnívoros e herbívoros. As fezes presentes em cada foto foram produzidas por um espécime, respectivamente. Note que, para cada foto dos carnívoros, há fezes de comprimentos distintos, mas de espessura semelhante. Além disso, *Puma concolor* (**Figura 35B**), *Puma yagouaroundi* (**Figura 35C**) e *Pteronura brasiliensis* (**Figura 35D**) produziram fezes com comprimento maior que as fezes de *Panthera onca* (**Figura 35A**), o maior mamífero carnívoro terrestre do Brasil. Entretanto, quando se considera a espessura, as maiores foram produzidas por *P. onca*. No caso dos herbívoros, as fezes de um mesmo animal tendem a ser morfológicamente semelhantes, variando de tamanho a depender da espécie (**Figura 35E-H**). Os resultados sugerem que os coprólitos cilíndricos, associados a crocodilomorfos e dinossauros téropodes, e os ovoides e cônicos, associados a dinossauros saurópodes, podem ser análogos ao padrão de fezes de certos grupos de mamíferos atuais.

A indicação dos possíveis produtores de cada coprólito, quando possível, é fornecida no **Material Suplementar 4**. A elevada abundância de coprólitos associados a crocodilomorfos sugere que este táxon foi dominante na Formação Adamantina. De fato, a literatura científica sustenta esta afirmação, considerando a grande abundância e riqueza de crocodilomorfos reportados para a Formação Adamantina. Do conjunto de coprólitos com morfologia determinada, cerca de 60,00% foram produzidos por crocodilomorfos (**Figura 38**). Na sequência, aparecem os coprólitos produzidos por herbívoros, como saurópodes e, por último, dinossauros carnívoros, também similar à frequência de achados de restos ósseos desses grupos. Entretanto, é preciso destacar que esta análise não leva em conta as amostras de morfologia indeterminada, que podem ser coprólitos de

crocodilomorfos. De todo modo, a proporção desses coprólitos parece refletir a abundância e riqueza desses grupos de dinossauros na região. Em síntese, a ocorrência dos morfotipos apresentados e a quantidade de coprólitos presentes nas áreas da Formação Adamantina, são indicadores da variedade de organismos que habitaram o paleoambiente em questão.



**Figura 38.** Diversidade de coprólitos produzidos por vertebrados da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo.

### 3.5. Conclusão

O conjunto de 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru, avaliados neste estudo revelou quatro morfotipos: cilíndricos, liquefeitos, ovoides e cônicos, com subdivisões. O material reflete uma variedade de produtores, tal como a diversidade de vertebrados conhecidos para a Formação Adamantina. As feições diagenéticas dos coprólitos indicam que as amostras de Jales e Fernandópolis estão em melhor estado de

preservação original que coprólitos das demais localidades. Os coprólitos liquefeitos estão preservados no mesmo nível estratigráfico de esqueletos de Baurusuchidae, ovos e associações de ovos de crocodilomorfos, e são atribuídos a indivíduos jovens de Baurusuchidae. A morfologia dos coprólitos revela dominância de formas cilíndricas, com inclusões que variam de pequenos fragmentos ósseos, escamas de peixes Lepisosteiformes e possíveis restos vegetais, que podem ser atribuídas a diferentes espécies de crocodilomorfos de Peirosauridae e Sphagesauridae. Por outro lado, uma porção menor de coprólitos cilíndricos apresenta maior espessura que os tipos produzidos por crocodilomorfos, com presença de fragmentos ósseos e fissuras gasosas e podem ser atribuídas a dinossauros terópodes, cujo material ósseo fóssil é mais escasso quando comparado aos crocodilomorfos, mas de porte maior como Abelisauroidea. Os coprólitos ovoides e cônicos apresentam morfologia condizente com animais de dieta herbívora. Além disso, registramos que são mais densos que os coprólitos cilíndricos e sua composição inclui minerais silicáticos, reforçando que foram produzidos herbívoros, como dinossauros saurópodes. Os coprólitos aqui avaliados refletem a diversidade de vertebrados da Formação Adamantina, indicando que os crocodilomorfos foram os animais com maior abundância e riqueza de espécies, ocuparam a maior parte dos nichos ecológicos e foram capazes de explorar diferentes estratégias alimentares. A fauna também era representada por animais herbívoros, especialmente os saurópodes e uma diversidade menor de dinossauros terópodes.

### **3.6. Referências bibliográficas**

ALVARENGA, H. M. F. & NAVA, W. R. 2005. Aves Enantiornithes do Cretáceo Superior da Formação Adamantina do Estado de São Paulo, Brasil. *2nd Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados*, 20.

- AMSTUTZ, G. C. 1958. Coprolites; a review of the literature and a study of specimens from southern Washington. *Journal of Sedimentary Research*, **28**, 498–508. 10.1306/74D7084E-2B21-11D7-8648000102C1865D
- ANDRADE, M. B. & BERTINI, R. J. 2008a. A new *Sphagesaurus* (Mesoeucrocodylia: Notosuchia) from the Upper Cretaceous of Monte Alto City (Bauru Group, Brazil), and a revision of the Sphagesauridae. *Historical Biology*, **20**, 101–136. 10.1080/08912960701642949
- ANDRADE, M. B. & BERTINI, R. J. 2008b. Morphology of the dental carinae in *Mariliasuchus amarali* (Crocodylomorpha, Notosuchia) and the pattern of tooth serration among basal Mesoeucrocodylia. *Arquivos do Museu Nacional*, **66**, 63–82.
- ARAI, M. & DIAS-BRITO, D. 2018. The Ibaté paleolake in SE Brazil: Record of an exceptional late Santonian palynoflora with multiple significance (chronostratigraphy, paleoecology and paleophytogeography). *Cretaceous Research*, **84**, 264–285. 10.1016/j.cretres.2017.11.014
- BANDEIRA, K. L. N., BRUM, A. S., PÊGAS, R. V., CIDADE, G. M., HOLGADO, B., CIDADE, A. & SOUZA, R. G. 2018. The Baurusuchidae vs Theropoda record in the Bauru Group (Upper Cretaceous, Brazil): a taphonomic perspective. *Journal of Iberian Geology*, **44**, 25–54. 10.1007/s41513-018-0048-4
- BATEZELLI, A. 2010. Arcabouço tectono-estratigráfico e evolução das Bacias Caiuá e Bauru no Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, **40**, 265–285.
- BATEZELLI, A., GOMES, N. S. & PERINOTTO, J. A. J. 2005. Petrografia e evolução diagenética dos arenitos da Porção Norte e Nordeste da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). *Revista Brasileira de Geociências*, **35**, 311–322.
- BATEZELLI, A., SAAD, A. R., ETCHEBEHERE, M. L. C., PERINOTTO, J. A. J. & FULFARO, V. J. 2003. Análise estratigráfica aplicada a Formação Araçatuba

- (Grupo Bauru - KS) no Centro-Oeste do Estado de São Paulo. *Geociências*, **22**, 5–19.
- BERTINI, R. J., MARSHAL, L. G., GAYET, M. & BRITO, P. M. 1993. The vertebrate fauna of the Adamantina and Marília Formations, Upper Cretaceous of the Paraná Basin, southeast Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, **188**, 71–101.
- BITTENCOURT, J. S. & LANGER, M. C. 2011. Mesozoic dinosaurs from Brazil and their biogeographic implications. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **83**, 23–60. 10.1590/S0001-37652011000100003
- BRANDT-NETO, M., BERTINI, R. J. & MANZINI, F. F. 1992. Ocorrência de coprólitos em sedimentos da Formação Adamantina (K) na região de Ibirá (SP). *2nd Simpósio sobre Bacias Cretácicas Brasileiras*, 165–166.
- CAMPOS, D. A., SUAREZ, J. M., RIFF, D. & KELLNER, A. W. A. 2001. Short note on a new Baurusuchidae (Crocodyliformes, Metasuchia) from the Upper Cretaceous of Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Geologia*, **57**, 1–7.
- CAMPOS, D. A., OLIVEIRA, G. R., FIGUEIREDO, R. G., RIFF, D., AZEVEDO, S. A. K., CARVALHO, L. B. & KELLNER, A. W. A. 2011. On a new peirosaurid crocodyliform from the Upper Cretaceous, Bauru Group, southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **83**, 317–327. 10.1590/S0001-37652011000100020
- CANDEIRO, C. R. A. 2007. Paleogeographic distribution of the terrestrial squamate reptiles from the Cretaceous of Brazil. *Bioscience Journal*, **23**, 65–74.
- CARDIA, D. F. F., BERTINI, R. J., CAMOSSO, L. G. & LETIZIO, L. A. 2018. The first record of Ascaridoidea eggs discovered in crocodyliformes hosts from the upper cretaceous of Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **21**, 238–244.

10.4072/RBP.2018.3.04

- CARDIA, D. F. F., BERTINI, R. J., CAMOSSO, L. G. & LETIZIO, L. A. 2019. First record of Acanthocephala parasites eggs in coprolites preliminary assigned to Crocodyliformes from the Adamantina Formation (Bauru Group, Upper Cretaceous), São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **91**, 1–10. 10.1590/0001-3765201920170848
- CARVALHO, I. S., TEIXEIRA, V. P. A., FERRAZ, M. L. F., RIBEIRO, L. C. B., MARTINELLI, A. G., NETO, F. M., SERTICH, J. J. W., CUNHA, G. C., CUNHA, I. C. & FERRAZ, P. F. 2011. *Campinasuchus dinizi* gen. et sp. nov., a new Late Cretaceous baurusuchid (Crocodyliformes) from the Bauru Basin, Brazil. *Zootaxa*, **2871**, 19–42.
- CARVALHO, I. S. & BERTINI, R. J. 1999. *Mariliasuchus*: um novo Crocodylomorpha (Notosuchia) do Cretáceo da Bacia Bauru, Brasil. *Geologia Colombiana*, **24**, 83–105.
- CARVALHO, I. S., ARRUDA-CAMPOS, A. C. & NOBRE, P. H. 2005. *Baurusuchus salgadoensis*, a new Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Cretaceous), Brazil. *Gondwana Research*, **8**, 11–30. 10.1016/S1342-937X(05)70259-8
- CARVALHO, I. S., VASCONCELLOS, F. & TAVARES, S. A. S. 2007. *Montealtosuchus arrudacamposi*, a new peirosaurid crocodile (Mesoeucrocodylia) from the Late Cretaceous Adamantina Formation of Brazil. *Zootaxa*, **1607**, 35–46. 10.5281/zenodo.178833
- CASTRO, M. C., GOIN, F. J., ORTIZ-JAUREGUIZAR, E., VIEYTES, E. C., TSUKUI, K., RAMEZANI, J., BATEZELLI, A., MARSOLA, J. C. A. & LANGER, M. C. 2018. A Late Cretaceous mammal from Brazil and the first radioisotopic age for the Bauru Group. *Royal Society Open Science*, **5**, 180482. 10.1098/rsos.180482

- CHAME, M. 2003. Terrestrial Mammal Feces: a Morphometric Summary and Description. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, **98**, 71–94. 10.1590/S0074-02762003000900014
- CHIN, K. 2002. Analyses of coprolites produced by carnivorous vertebrates. *Paleontological Society Papers*, **8**, 43–50.
- CHIN, K., TOKARYK, T. T., ERICKSON, G. M. & CALK, L. C. 1998. A king-sized theropod coprolite. *Nature*, **393**, 680–682.
- CHIN, K., EBERTH, D. A., SCHWEITZER, M. H., RANDO, T. A., SLOBODA, W. J. & HORNER, J. R. 2003. Remarkable Preservation of Undigested Muscle Tissue Within a Late Cretaceous Tyrannosaurid Coprolite from Alberta, Canada. *Palaios*, **18**, 286–294. 10.1669/0883-1351(2003)018<0286:RPOUMT>2.0.CO;2
- DELCOURT, R., BRILHANTE, N. S., GRILLO, O. N., GHILARDI, A. M., AUGUSTA, B. G. & RICARDI-BRANCO, F. 2020. Carcharodontosauridae theropod tooth crowns from the Upper Cretaceous (Bauru Basin) of Brazil: A reassessment of isolated elements and its implications to palaeobiogeography of the group. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **556**, 109870. 10.1016/j.palaeo.2020.109870
- DENTZIEN-DIAS, P. C., CARRILLO-BRICEÑO, J. D., FRANCISCHINI, H. & SÁNCHEZ, R. 2018. Paleoeological and taphonomical aspects of the Late Miocene vertebrate coprolites (Urumaco Formation) of Venezuela. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **490**, 590–603. 10.1016/j.palaeo.2017.11.048
- DENTZIEN-DIAS, P. C., FIGUEIREDO, A. E. Q., HORN, B., CISNEROS, J. C. & SCHULTZ, C. L. 2012. Paleobiology of a unique vertebrate coprolites concentration from Rio do Rasto Formation (Middle/Upper Permian), Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **40**, 53–62.

10.1016/j.jsames.2012.09.008

- DIAS-BRITO, D., MUSACCHIO, E. A., CASTRO, J. C., MARANHÃO, M. S. A. S., SUÁREZ, J. M. & RODRIGUES, R. 2001. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil - concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. *Revue de Paléobiologie*, **20**, 245–304.
- ERIKSSON, M. E., LINDGREN, J., CHIN, K. & MÅNSBY, U. 2011. Coprolite morphotypes from the Upper Cretaceous of Sweden: novel views on an ancient ecosystem and implications for coprolite taphonomy. *Lethaia*, **44**, 455–468.  
10.1111/j.1502-3931.2010.00257.x
- FARLOW, J. O., CHIN, K., ARGAST, A. & POPPY, S. 2010. Coprolites from the Pipe Creek Sinkhole (Late Neogene, Grant County, Indiana, U.S.A.). *Journal of Vertebrate Paleontology*, **30**, 959–969. 10.1080/02724631003762906
- FERNANDES, L. A. 2004. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. *Boletim Paranaense de Geociências*, **55**, 53–66.  
10.5380/geo.v55i0.4283
- FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68**, 194–205.
- FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, **30**, 717–728.
- FRANCISCHINI, H., DENTZIEN-DIAS, P. C. & SCHULTZ, C. L. 2018. A fresh look at ancient dungs: the Brazilian Triassic coprolites revisited. *Lethaia*, **51**, 389–405.  
10.1111/let.12251
- FÚLFARO, V. J. 1974. Tectônica do alinhamento estrutural do Paranapanema. *Boletim IG*, **5**, 129–138. 10.11606/issn.2316-8978.v5i0p129-138
- GEROTO, C. F. C. & BERTINI, R. J. 2014. New records of fossil vertebrates from the

- Upper Cretaceous Adamantina Formation (Bauru Group), Southeastern Brazil. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, **35**, 39–56. 10.5935/0100-929X.20140008
- GHILARDI, A. M. & FERNANDES, M. A. 2011. Dentes de Theropoda da Formação Adamantina (Cretáceo Superior, Bacia Bauru) da região do município de Ibirá, São Paulo, Brasil. In CALVO, J., PORFIRI, J., RIGA, B. G. & SANTOS, D. (eds.) *Paleontología y Dinosaurios Desde América Latina*, Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo - EDIUNC, Mendoza, Argentina, 115–123 pp.
- GOBBO-RODRIGUES, S. R., PETRI, S. & BERTINI, R. J. 1999a. Ocorrências de Ostrácodes na Formação Adamantina do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná e possibilidades de correlação com depósitos isócronos argentinos. Parte I - Família Ilyocyprididae. *Acta Geologica Leopoldensia*, **23**, 3–13.
- GOBBO-RODRIGUES, S. R., PETRI, S. & BERTINI, R. J. 1999b. Ocorrências de Ostrácodes na Formação Adamantina do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná e possibilidades de correlação com depósitos isócronos argentinos - Parte II Família Limnocytheridae. *Revista UnG - Geociências*, **6**, 5–11.
- GOBBO-RODRIGUES, S. R., PETRI, S., COIMBRA, J. C. & BERTINI, R. J. 2000. Biostratigraphic correlations between Bauru, Neuquén and Congo Basins, Using Non-Marine Ostracodes. *1st Simpósio Internacional de Paleoartropodologia*, 87–88.
- GODOY, P. L., MONTEFELTRO, F. C., NORELL, M. A. & LANGER, M. C. 2014. An Additional Baurusuchid from the Cretaceous of Brazil with Evidence of Interspecific Predation among Crocodyliformes. *PLoS ONE*, **9**, e97138. 10.1371/journal.pone.0097138
- HÄNTZSCHEL, W., EL-BAZ, F. & AMSTUTZ, G. C. 1968. Coprolites: an annotated

- bibliography. *Geological Society of America Memoir*, **108**, 1–132.  
10.1130/MEM108
- HARRELL, S. D. & SCHWIMMER, D. R. 2010. Coprolites of *Deinosuchus* and other crocodylians from the Upper Cretaceous of Western Georgia, USA. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **51**, 209–214.
- HUNT, A. P., CHIN, K. & LOCKLEY, M. G. 1994. The palaeobiology of vertebrate coprolites. In DONOVAN, S. K. (ed.) *The Palaeobiology of Trace Fossils*, John Wiley & Sons, London, 221–240 pp.
- IORI, F. V. & CARVALHO, I. S. 2009. *Morrinhosuchus luziae*, um novo Crocodylomorpha Notosuchia da Bacia Bauru, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **39**, 717–725.
- IORI, F. V. & CARVALHO, I. S. 2011. *Caipirasuchus paulistanus*, a new sphagesaurid (Crocodylomorpha, Mesoeucrocodylia) from the Adamantina Formation (Upper Cretaceous, Turonian-Santonian), Bauru Basin, Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **31**, 1255–1264. 10.1080/02724634.2011.602777
- IORI, F. V. & GARCIA, K. L. 2012. *Barreirosuchus franciscoi*, um novo Crocodylomorpha Trematochampsidae da Bacia Bauru, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **42**, 397–410. 10.5327/Z0375-75362012000200013
- JEPSSEN, G. L. 1963. Eocene vertebrates, coprolites, and plants in the Golden Valley Formation of Western North Dakota. *Bulletin of the Geological Society of America*, **74**, 673–684. 10.1130/0016-7606(1963)74[673:EVCAP]2.0.CO;2
- KELLNER, A. W. A. & CAMPOS, D. A. 1999. Vertebrate paleontology in Brazil — a review. *Episodes*, **22**, 238–251.
- KELLNER, A. W. A. & AZEVEDO, S. A. K. 1999. A new sauropod dinosaur (Titanosauria) from the Late Cretaceous of Brazil. *Proceedings of the Second*

- Gondwanan Dinosaur Symposium*, **15**, 111–142.
- KELLNER, A. W. A. & CAMPOS, D. A. 2000. Brief review of dinosaur studies and perspectives in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **72**, 509–538. 10.1590/S0001-37652000000400005
- KELLNER, A. W. A., CAMPOS, D. A., RIFF, D. & ANDRADE, M. B. 2011. A new crocodylomorph (Sphagesauridae, Notosuchia) with horn-like tubercles from Brazil. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **163**, 57–65. 10.1111/j.1096-3642.2011.00712.x
- LUCAS, S. G., SPIELMANN, J. A., HUNT, A. P. & EMRY, R. J. 2012. Crocodylian coprolites from the Eocene of the Zaysan Basin, Kazakstan. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 319–324.
- MACHADO, E. B., AVILLA, L. S., NAVA, W. R., CAMPOS, D. A. & KELLNER, A. W. A. 2013. A new titanosaur sauropod from the Late Cretaceous of Brazil. *Zootaxa*, **3701**, 301–321. 10.11646/zootaxa.3701.3.1
- MARINHO, T. S. & CARVALHO, I. S. 2009. An armadillo-like sphagesaurid crocodyliform from the Late Cretaceous of Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **27**, 36–41. 10.1016/j.jsames.2008.11.005
- MARINHO, T. S., IORI, F. V., CARVALHO, I. S. & VASCONCELLOS, F. M. 2013. *Gondwanasuchus scabrosus* gen. et sp. nov., a new terrestrial predatory crocodyliform (Mesoeucrocodylia: Baurusuchidae) from the Late Cretaceous Bauru Basin of Brazil. *Cretaceous Research*, **44**, 104–111. 10.1016/j.cretres.2013.03.010
- MEZZALIRA, S. 1974. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico - IGG, São Paulo*, **51**, 1–163.
- MEZZALIRA, S. 1989. *Os fósseis do Estado de São Paulo*. Instituto Geológico, São

Paulo.

- MILÀN, J. 2012. Crocodylian scatology - a look into morphology, internal architecture, inter- and intraspecific variation and prey remains in extant crocodylian feces. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 65–72.
- MILÀN, J., RASMUSSEN, B. W. & BONDE, N. 2012. Coprolites with prey remains and traces from coprophagous organisms from the Lower Cretaceous (Late Berriasian) Jydegaard Formation of Bornholm, Denmark. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*, **57**, 235–240.
- MILANI, E. J., MELO, J. H. G., SOUZA, P. A., FERNANDES, L. A. & FRANÇA, A. B. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **15**, 265–287.
- NASCIMENTO, P. M. & ZAHER, H. 2010. A new species of *Baurusuchus* (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) from the Upper Cretaceous of Brazil, with the first complete postcranial skeleton described for the family Baurusuchidae. *Papéis Avulsos de Zoologia*, **50**, 323–361. 10.1590/S0031-10492010002100001
- NAVA, W. R. & MARTINELLI, A. G. 2011. A new squamate lizard from the Upper Cretaceous Adamantina Formation (Bauru Group), São Paulo State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **83**, 291–299. 10.1590/S0001-37652011000100017
- NOBRE, P. H. & CARVALHO, I. S. 2006. *Adamantinasuchus navae*: A new Gondwanan Crocodylomorpha (Mesoeucrocodylia) from the Late Cretaceous of Brazil. *Gondwana Research*, **10**, 370–378. 10.1016/j.gr.2006.05.008
- NOBRE, P. H., CARVALHO, I. S., VASCONCELLOS, F. M. & NAVA, W. R. 2007. *Mariliasuchus robustus*, um novo Crocodylomorpha (Mesoeucrocodylia) da Bacia Bauru, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, **30**, 38–49.
- NOBRE, P. H., CARVALHO, I. S., VASCONCELLOS, F. M. & SOUTO, P. R. F. 2008.

- Feeding behavior of the Gondwanic Crocodylomorpha *Mariliasuchus amarali* from the Upper Cretaceous Bauru Basin, Brazil. *Gondwana Research*, **13**, 139–145. 10.1016/j.gr.2007.08.002
- NORTHWOOD, C. 2005. Early Triassic coprolites from Australia and their palaeobiological significance. *Palaeontology*, **48**, 49–68. 10.1111/j.1475-4983.2004.00432.x
- OLIVEIRA, C. E. M., SANTUCCI, R. M., ANDRADE, M. B., FULFARO, V. J. & BENTON, M. J. 2011. Crocodylomorph eggs and eggshells from the Adamantina Formation (Bauru Group), Upper Cretaceous of Brazil. *Palaeontology*, **54**, 309–321. 10.1111/j.1475-4983.2010.01028.x
- OLIVEIRA, F. A. & SANTUCCI, R. M. 2017. Criteria for recognition and taphonomy of coprolites from the Serra da Galga Member, Marília Formation (Upper Cretaceous), Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **78**, 1–16. 10.1016/j.jsames.2017.05.012
- OLIVEIRA, F. A. & SANTUCCI, R. M. 2020. Palynological analysis of coprolites from the Marília Formation, Bauru Group (Upper Cretaceous), Minas Gerais, Brazil. *Cretaceous Research*, **115**, 104545. 10.1016/j.cretres.2020.104545
- OWOCKI, K., NIEDŹWIEDZKI, G., SENNIKOV, A. G., GOLUBEV, V. K., JANISZEWSKA, K. & SULEJ, T. 2012. Upper Permian vertebrate coprolites from Vyazniki and Gorokhovets, Vyatkian Regional Stage, Russian Platform. *Palaios*, **27**, 867–877. 10.2110/palo.2012.p12-017r
- PAGLIA, A. P., FONSECA, G. A. B. da, RYLANDS, A. B., HERRMANN, G., AGUIAR, L. M. S., CHIARELLO, A. G., LEITE, Y. L. R., COSTA, L. P., SICILIANO, S., KIERULFF, M. C. M., MENDES, S. L., TAVARES, V. da C., MITTERMEIER, R. A. & PATTON, J. L. 2012. Lista anotada dos mamíferos do

- Brasil 2<sup>o</sup> Edição. *Occasional Papers in Conservation Biology*, **6**, 1–76.
- POL, D., NASCIMENTO, P. M., CARVALHO, A. B., RICCOMINI, C., PIRES-DOMINGUES, R. A. & ZAHER, H. 2014. A New Notosuchian from the Late Cretaceous of Brazil and the Phylogeny of Advanced Notosuchians. *PLoS ONE*, **9**, e93105. 10.1371/journal.pone.0093105
- PRICE, L. I. 1945. A new reptile from the Cretaceous of Brazil. *Divisão de Geologia e Paleontologia, Notas Preliminares e Estudos*, **25**, 1–8.
- RIFF, D., SOUZA, R. G., CIDADE, G. M., MARTINELLI, A. G. & SOUZA-FILHO, J. P. 2012. Crocodilomorfos: a maior diversidade de répteis fósseis do Brasil. *Terrae*, **9**, 12–40.
- SANTUCCI, R. M. & BERTINI, R. J. 2001. Distribuição paleogeográfica e biocronológica dos titanossauros (Saurischia, Sauropoda) do Grupo Bauru, Cretáceo Superior do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**, 307–314.
- SANTUCCI, R. M. & BERTINI, R. J. 2006. A new Titanosaur from Western São Paulo State, Upper Cretaceous Bauru Group, south-east Brazil. *Palaeontology*, **49**, 59–66. 10.1111/j.1475-4983.2005.00527.x
- SANTUCCI, R. M. & ARRUDA-CAMPOS, A. C. 2011. A new sauropod (Macronaria, Titanosauria) from the Adamantina Formation, Bauru Group, Upper Cretaceous of Brazil and the phylogenetic relationships of Aeolosaurini. *Zootaxa*, **3085**, 1–33.
- SAWYER, G. T. 1981. A study of crocodilian coprolites from Wannagan Creek Quarry. *Scientific Publications of the Science Museum of Minnesota*, **5**, 1–29.
- SOUTO, P. R. F. 2003. Coprólitos do Cretáceo do Brasil. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 237pp.
- SOUTO, P. R. F. 2010. Crocodylomorph coprolites from the Bauru Basin, Upper Cretaceous, Brazil. *Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and*

- Science*, **51**, 201–208.
- SOUTO, P. R. F. 2017. Coprólitos. In SOUTO, P. R. F. (ed.) *Iconologia de Paleovertebrados*, Letra Capital, Rio de Janeiro, 57–92 pp.
- SOUTO, P. R. F. & NAVA, W. R. 2007. Coprólitos de vertebrados da localidade de Presidente Prudente, Formação Adamantina, Bacia do Paraná. In CARVALHO, I. S., CASSAB, R. C. T. & SCHWANKE, C. (eds.) *Paleontologia: Cenários de Vida*, Interciência, Rio de Janeiro, 517–522 pp.
- SOUTO, P. R. F. & FERNANDES, M. A. 2015. Fossilized excreta associated to dinosaurs in Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **57**, 32–38.  
10.1016/j.jsames.2014.11.010
- SOUTO, P. R. F., ARRUDA, J. T. & CARVALHO, I. S. 2005. Ocorrência de coprólitos de crocodyliforme no município de General Salgado, São Paulo (Formação Adamantina, Bacia Bauru). *2nd Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados*, 253–254.
- TAVARES, S. A. S., RICARDI-BRANCO, F. & SANTUCCI, R. M. 2014. Theropod teeth from the Adamantina Formation (Bauru Group, Upper Cretaceous), Monte Alto, São Paulo, Brazil. *Cretaceous Research*, **50**, 59–71.  
10.1016/j.cretres.2014.03.021
- THULBORN, R. A. 1991. Morphology, preservation and paleobiological significance of dinosaur coprolites. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **83**, 341–366.
- VASILIEF, I. 2011. QtiPlot - Data Analysis and Scientific Visualisation. Version 0.9.8.9 svn 2288. Available in: <<http://www.qtiplot.com/>>.
- YOUNG, C. C. 1964. New fossil crocodiles from China. *Vertebrate Palasiatica*, **8**, 190–208.

#### 4. CONCLUSÃO GERAL

A análise de 137 coprólitos de vertebrados da Formação Adamantina, Grupo Bauru, Bacia Bauru, Estado de São Paulo revelou a ocorrência de morfotipos cilíndricos, liquefeitos, ovoides e cônicos. A morfologia revela dominância de formas cilíndricas, padrão comumente observado no registro fóssil, e menor concentração de tipos liquefeitos, ovoides e cônicos. As análises de difração de raios-X indicam que esses coprólitos são compostos por fosfato de cálcio, relacionados aos picos associados a fluorapatita. O estado de preservação dos coprólitos varia de formas inteiras a fragmentos. Alguns apresentam feições comuns a fezes de animais como achatamento, aglomerações, deformações estruturais, quebras, marcas de superfícies e rachaduras de ressecamento. As feições diagenéticas dos coprólitos indicam que as amostras de Jales e Fernandópolis estão em melhor estado de preservação original que coprólitos das demais localidades.

Os coprólitos liquefeitos foram encontrados apenas na região de Jales, e ocorrem no mesmo nível estratigráfico de esqueletos de Baurusuchidae, ovos e associações de ovos de crocodilomorfos. Esse tipo de associação sugere que os coprólitos liquefeitos foram produzidos por indivíduos jovens de crocodilomorfos, interpretados como Baurusuchidae.

Os coprólitos ovoides e cônicos são provenientes de Adamantina, Ibirá, Monte Alto e Fernando Prestes e suas morfologias condizem com animais de dieta herbívora. Eles apresentam densidade elevada, comparada aos demais coprólitos, e sua composição inclui minerais silicáticos, reforçando ainda mais que foram produzidos por herbívoros. Os mais comuns da Formação Adamantina são os saurópodes Titanosauria.

Uma menor abundância de coprólitos cilíndricos com maior largura, presença de fragmentos ósseos e fissuras gasosas foi encontrada em Fernandópolis, Adamantina e Ibirá. Esses coprólitos são de animais de dieta carnívora e suas características sugerem

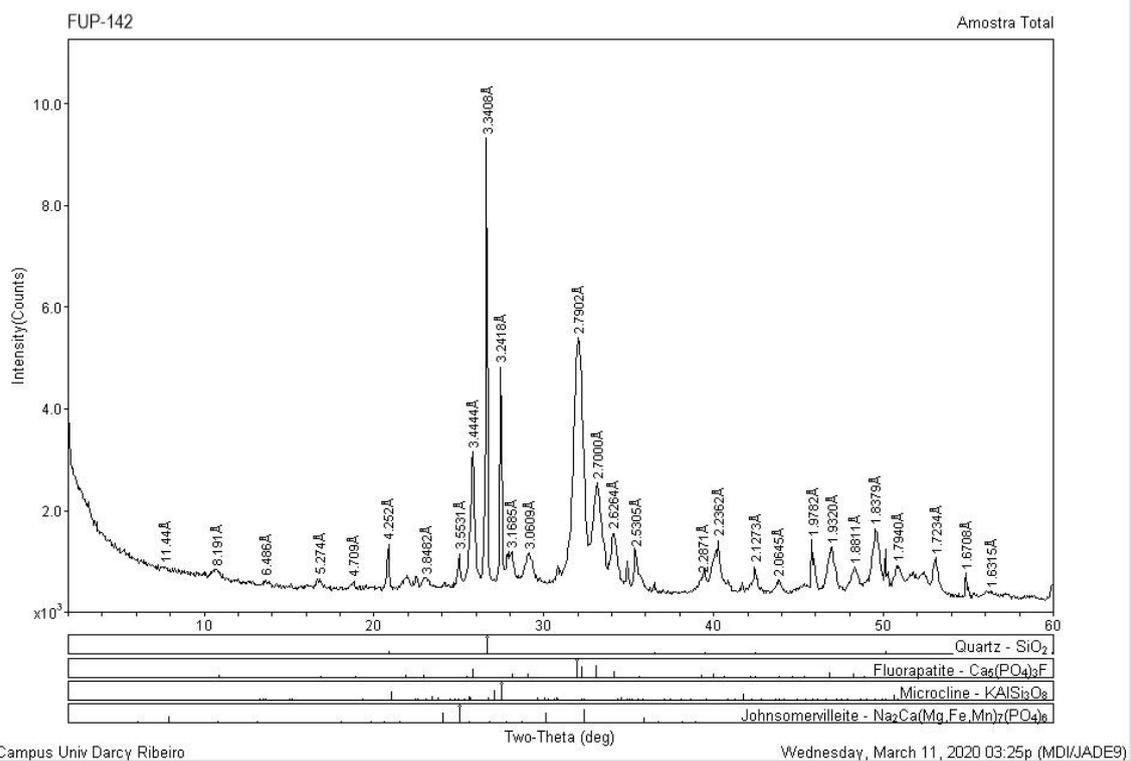
que foram produzidos por dinossauros terópodes. Escassos materiais associados a Abelisauroides e Maniraptoriformes foram reportados para a Formação Adamantina e indicam que foram os prováveis produtores desses coprólitos.

A maior abundância de coprólitos está associada aos crocodilomorfos. Esses coprólitos são provenientes de Jales, Fernandópolis, Adamantina, Ibirá, Marília e Taquaral. As inclusões encontradas variam de fragmentos ósseos, escamas de peixes Lepisosteiformes e possíveis restos vegetais. Essas inclusões sugerem para diferentes espécies de crocodilomorfos carnívora (Baurusuchidae), piscívora (Peirosauridae) e herbívora (Sphagesauridae). A descoberta de coprólitos diretamente associados a um fóssil de Sphagesauridae em Fernandópolis, revela que eles incluíam plantas na sua dieta, e algumas dessas plantas correspondiam a Gnetales.

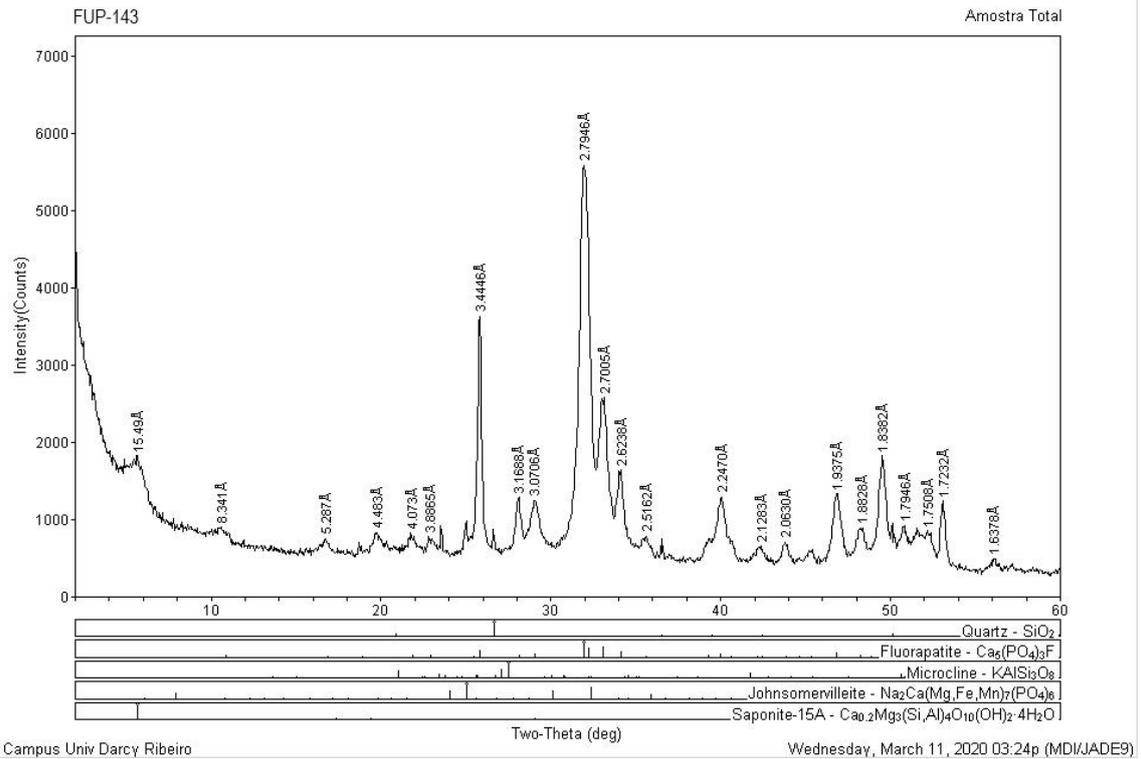
Os coprólitos aqui avaliados são indicadores da diversidade de vertebrados da Formação Adamantina e mostra um padrão semelhante a quantidade e diversidade dos esqueletos fósseis. Os crocodilomorfos foram os animais com maior abundância e riqueza de espécies, e a análise dos coprólitos indica que esses animais ocuparam a maior parte dos nichos ecológicos e foram capazes de explorar distintas estratégias alimentares. A fauna também era representada por animais herbívoros, especialmente os saurópodes e uma diversidade menor de dinossauros terópodes. Os resultados encontrados reforçam a importância do estudo de coprólitos como fonte informações biológicas e ecológicas de organismos extintos.

## 5. MATERIAL SUPLEMENTAR

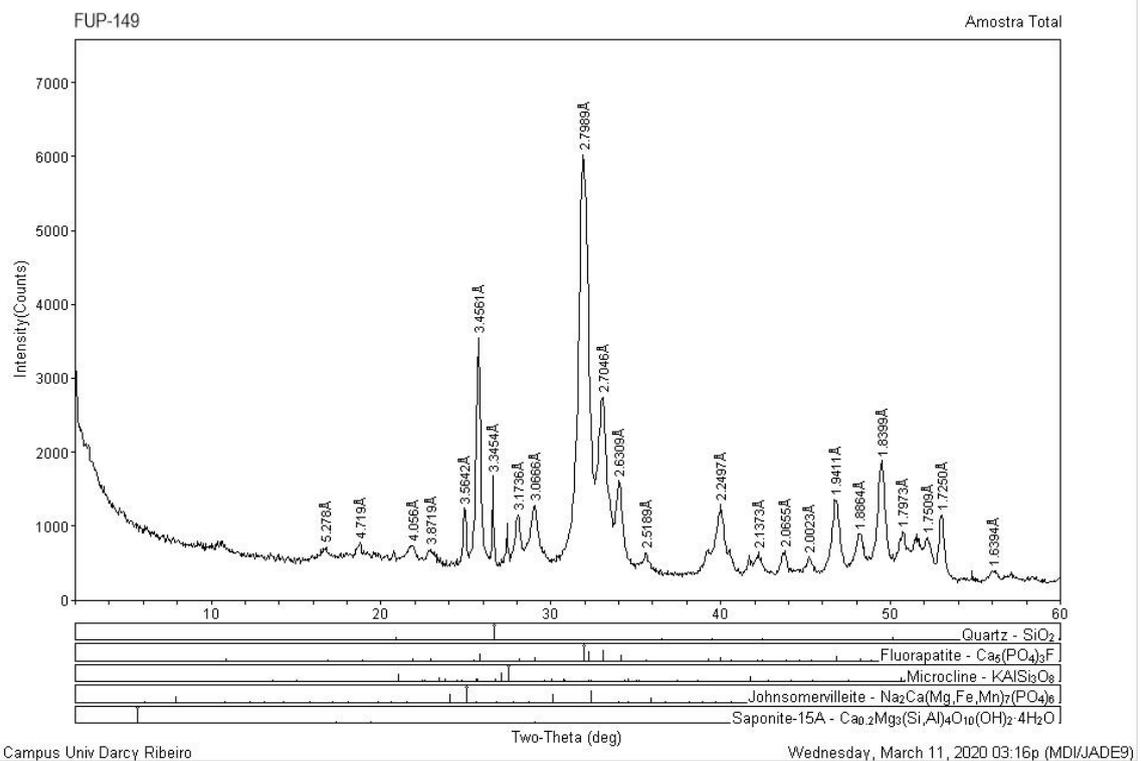
### Material Suplementar 1 – Resultados das análises de difração de raios-X.



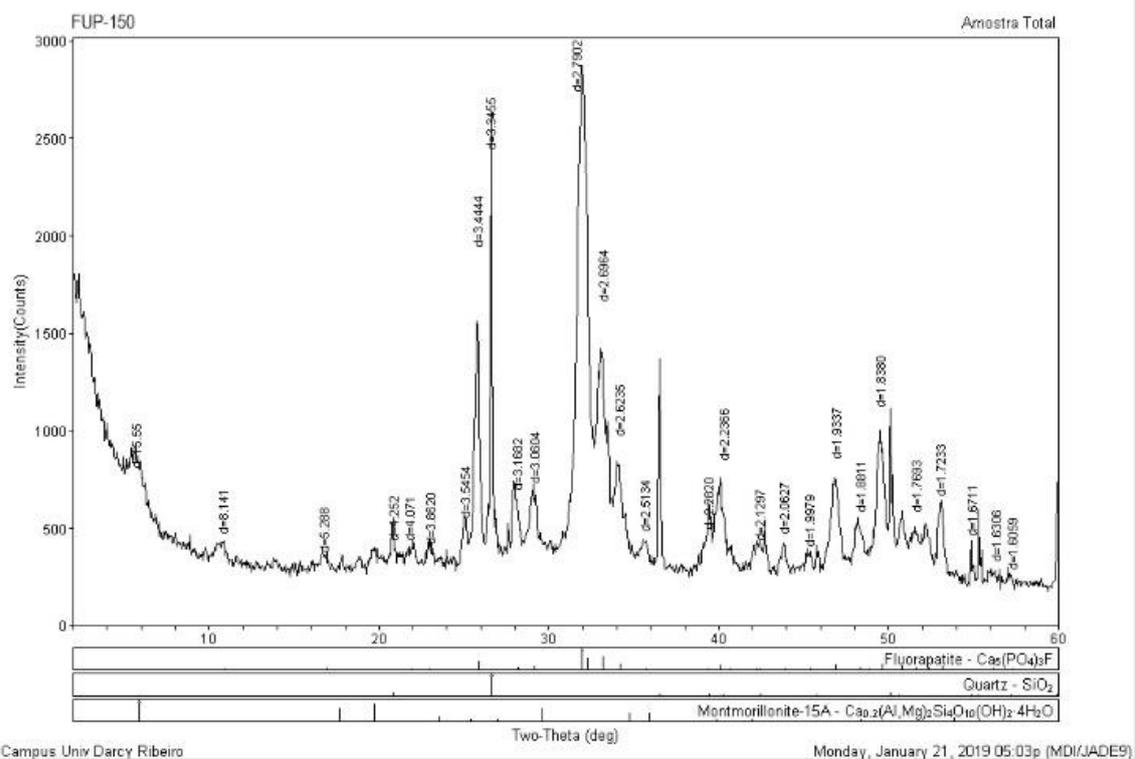
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-142, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



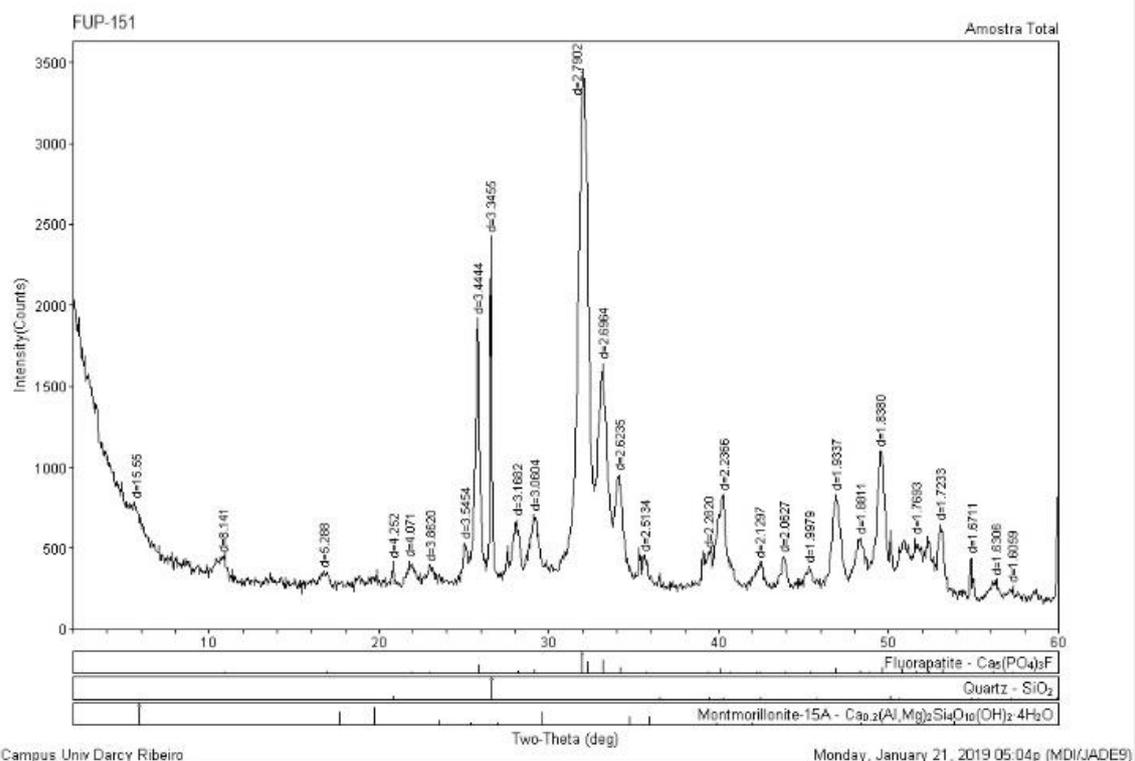
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-143, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



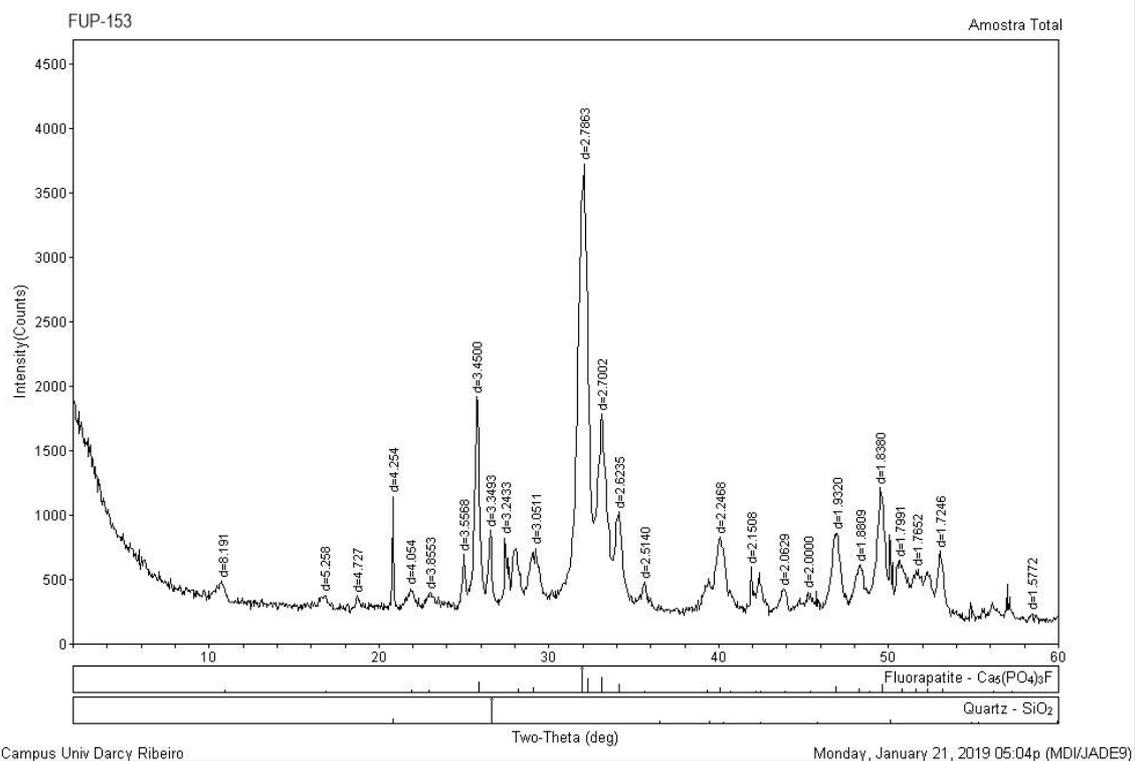
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-149, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



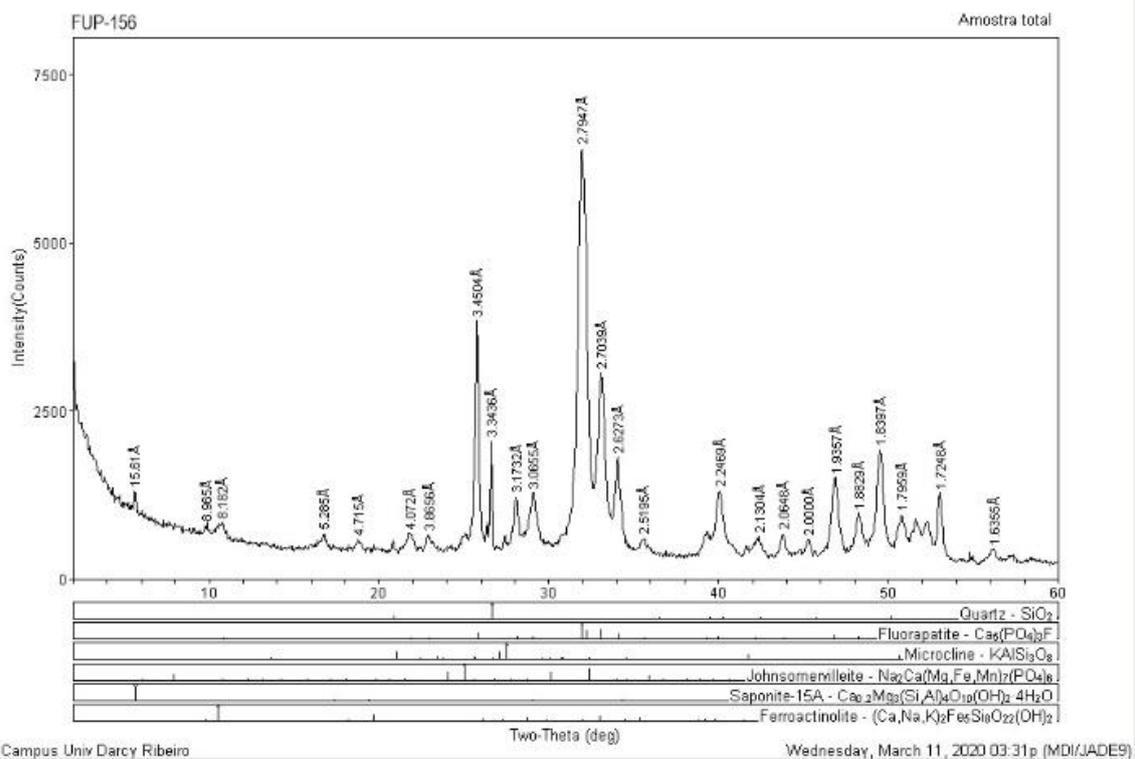
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-150, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



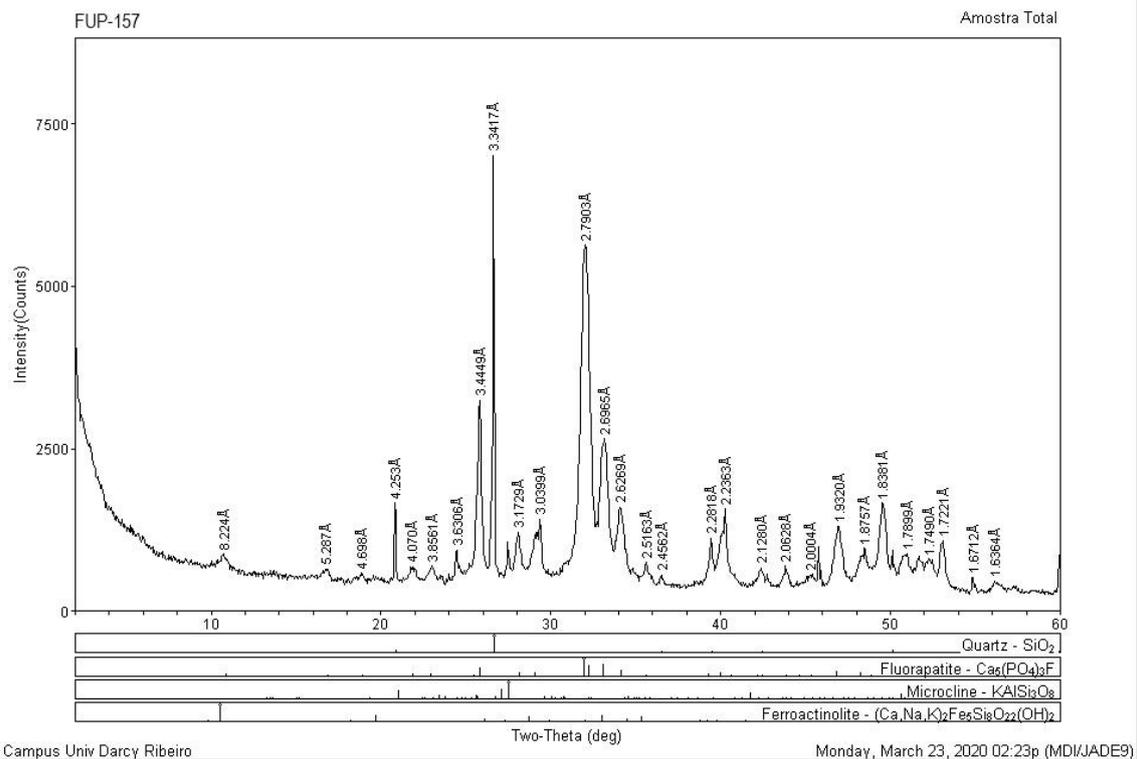
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-151, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



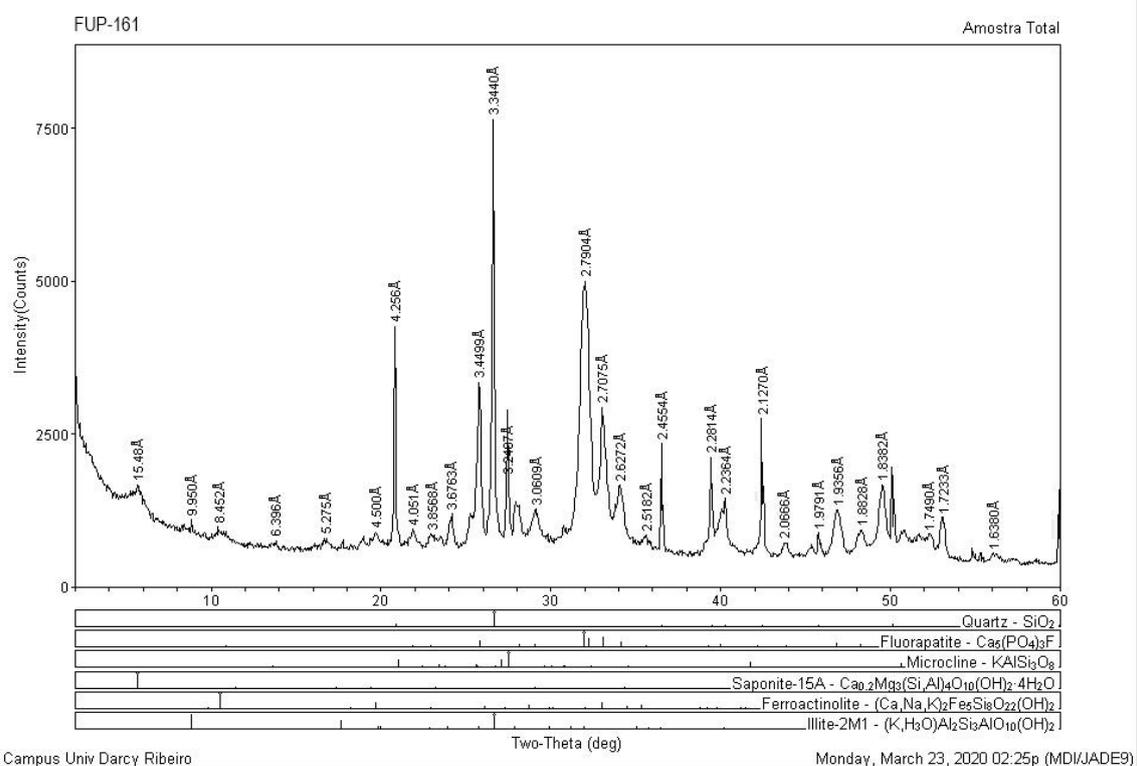
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-153, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



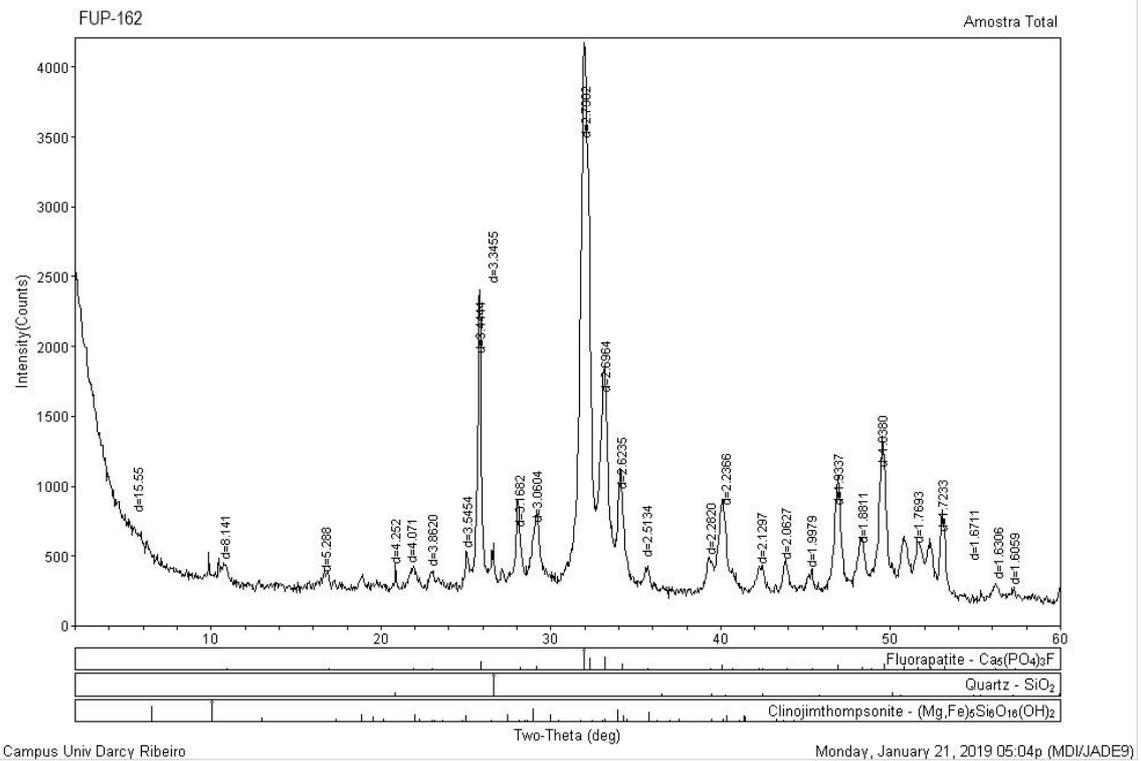
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-156, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



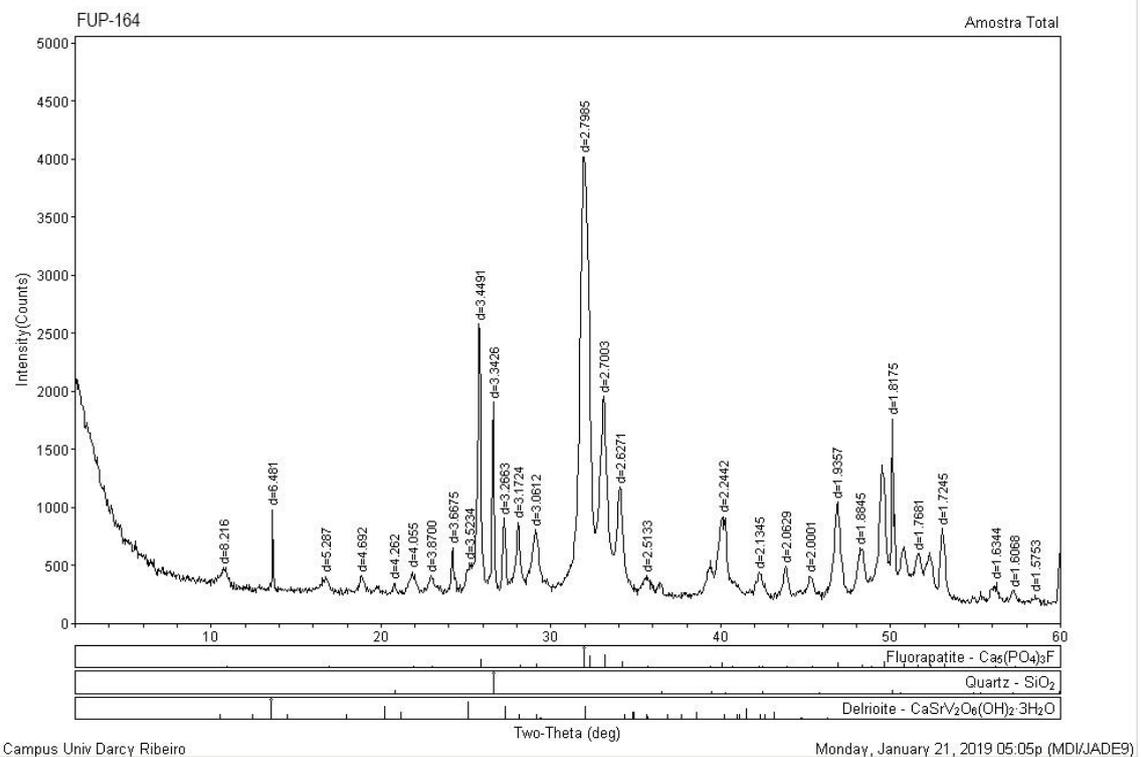
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-157, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



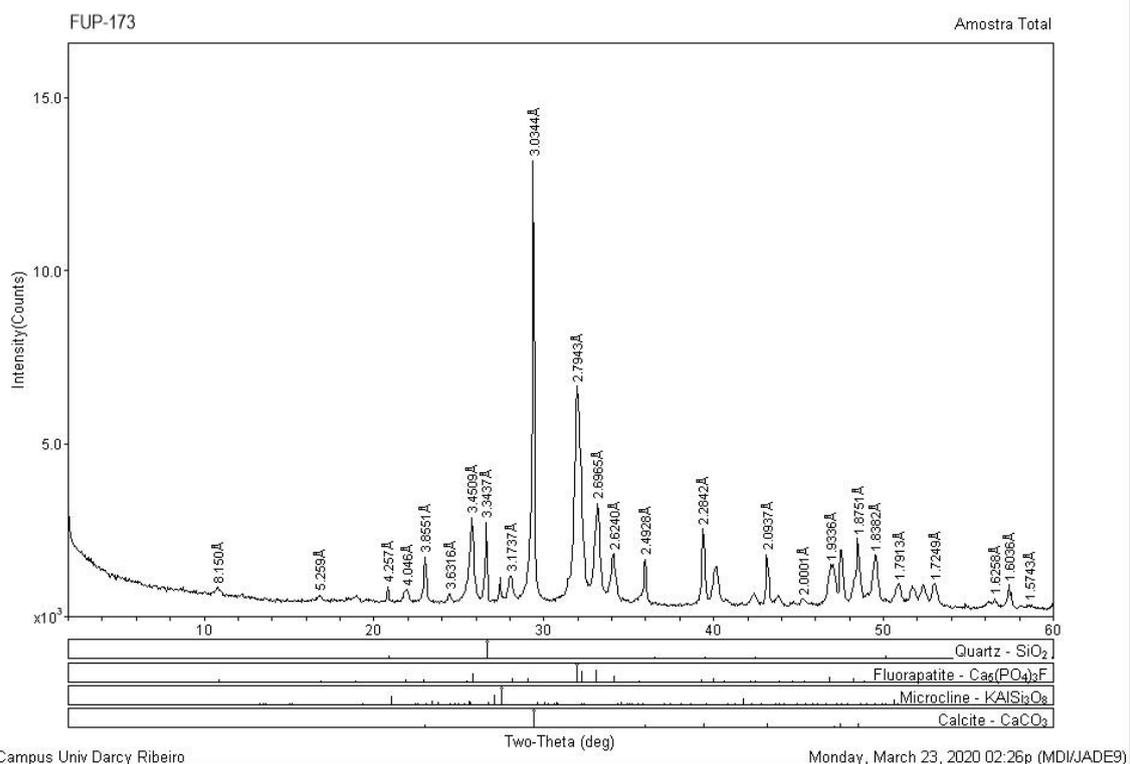
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-161, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



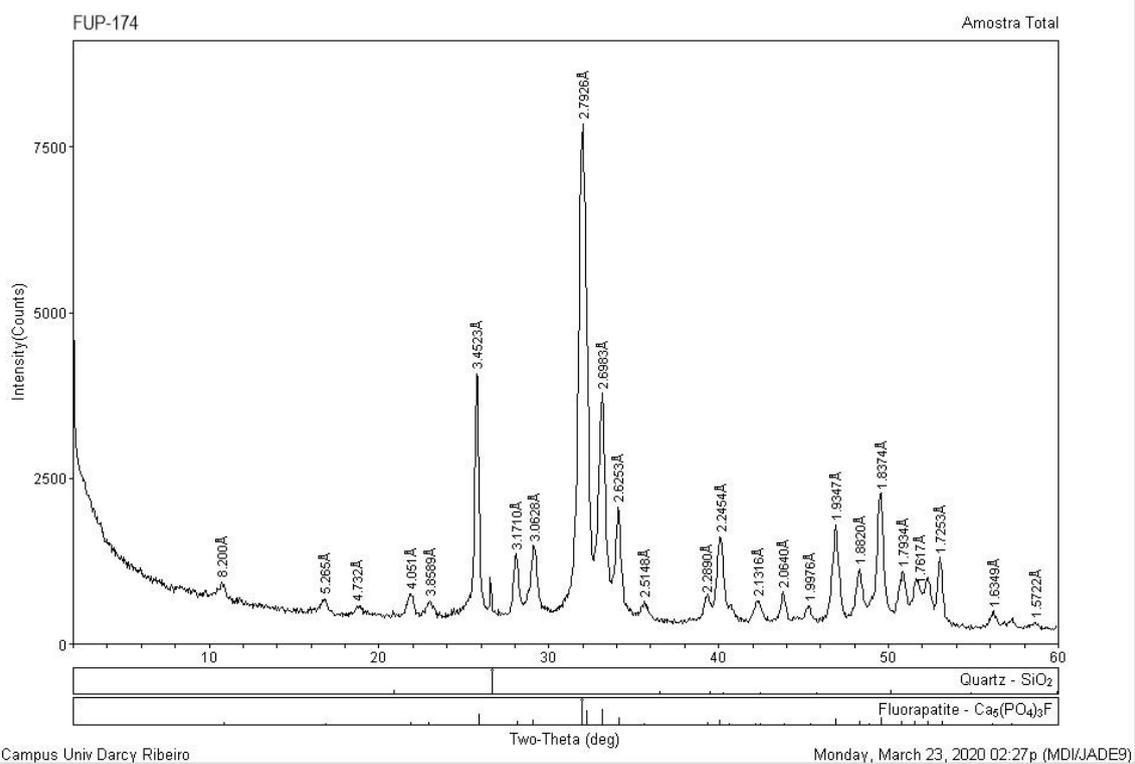
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-162, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



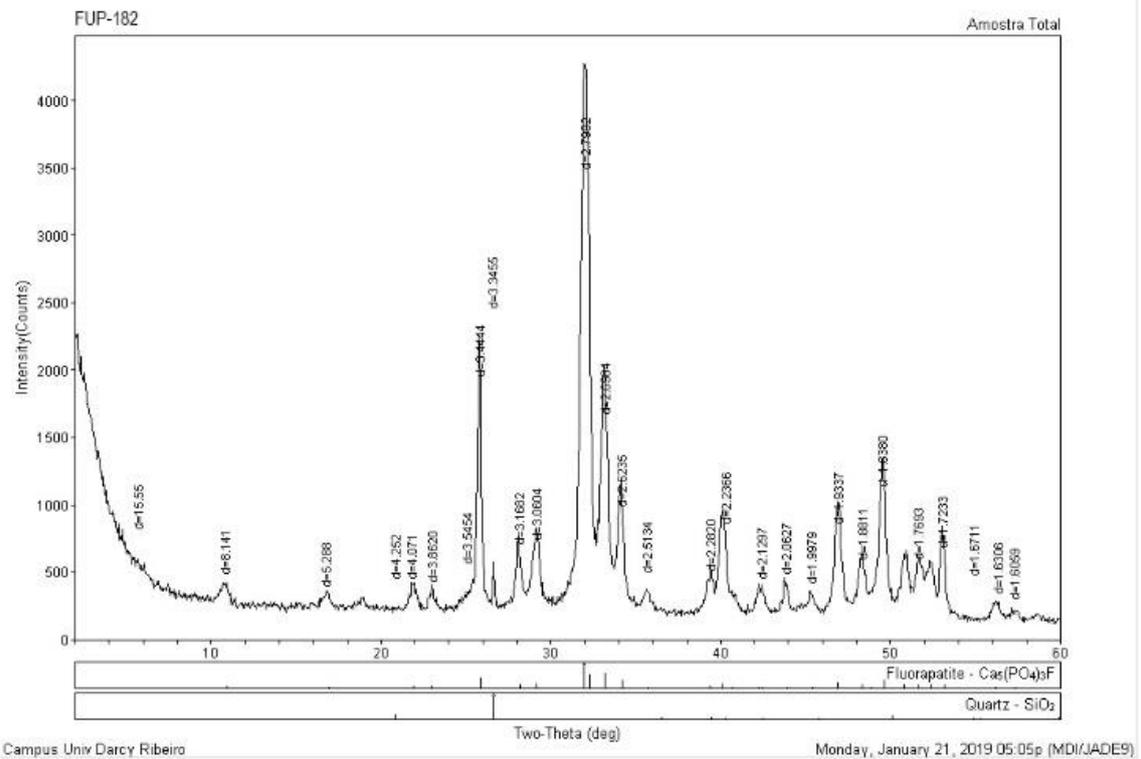
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-164, proveniente de Fernandópolis, São Paulo.



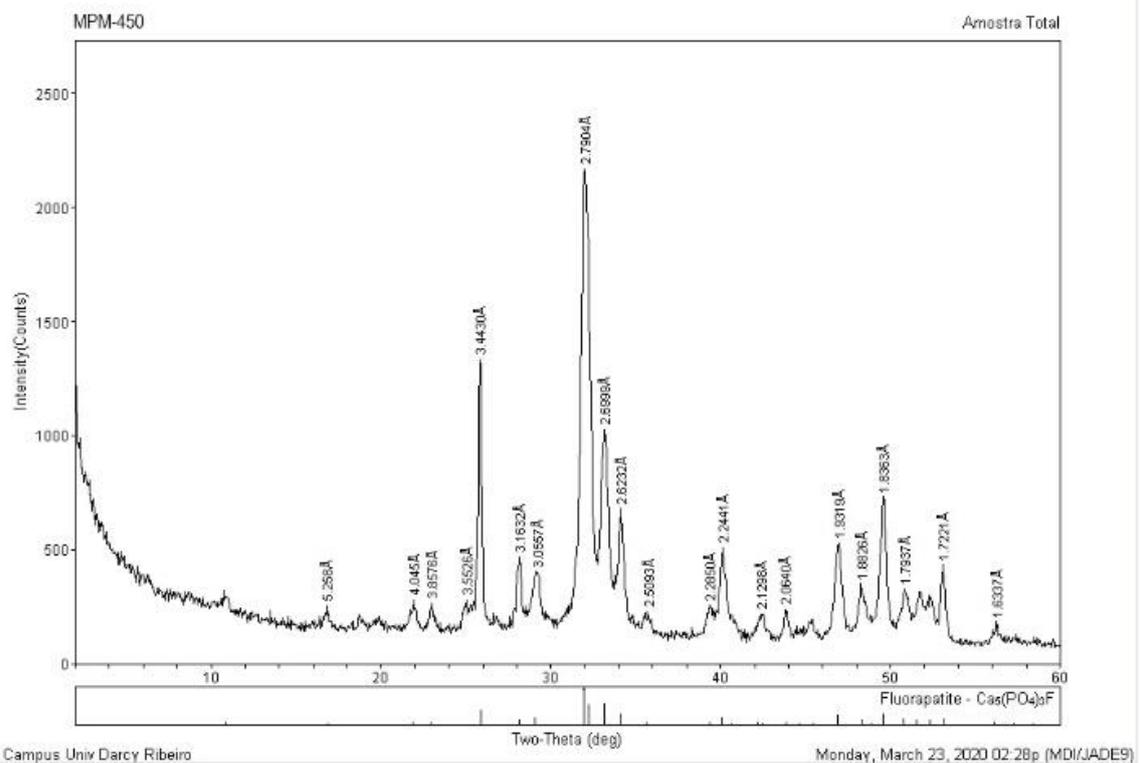
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-173, proveniente de Jales, São Paulo.



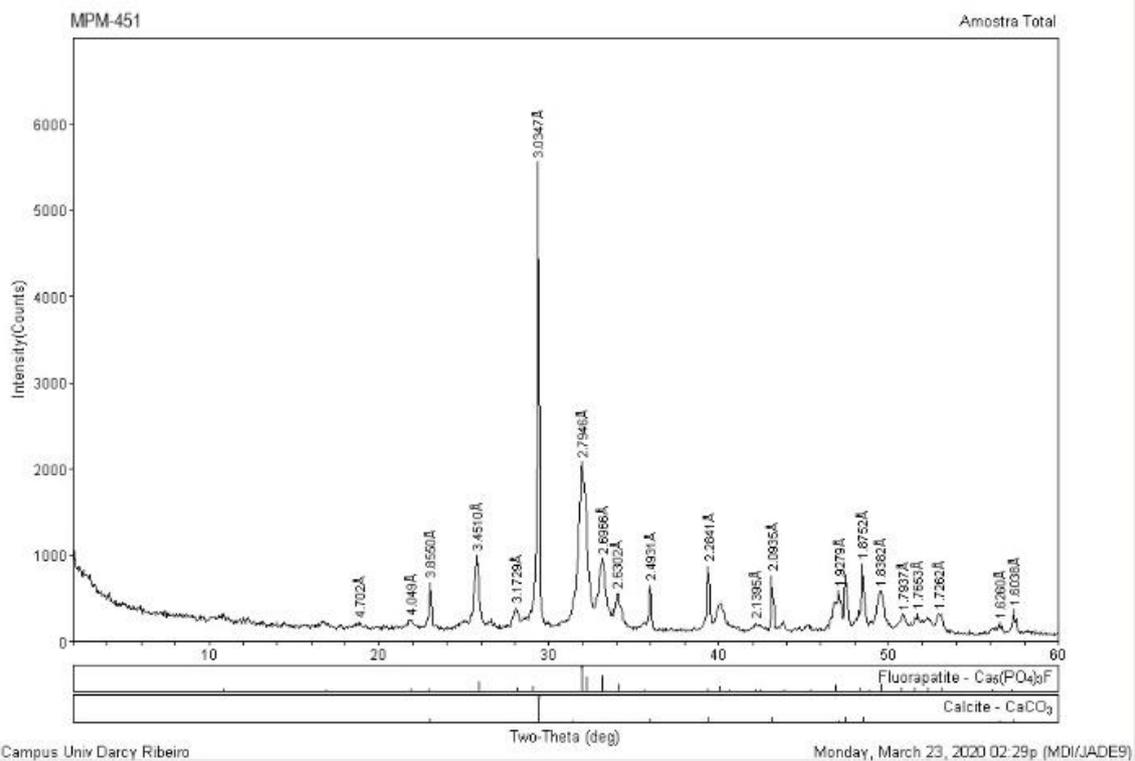
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-174 proveniente de Jales, São Paulo.



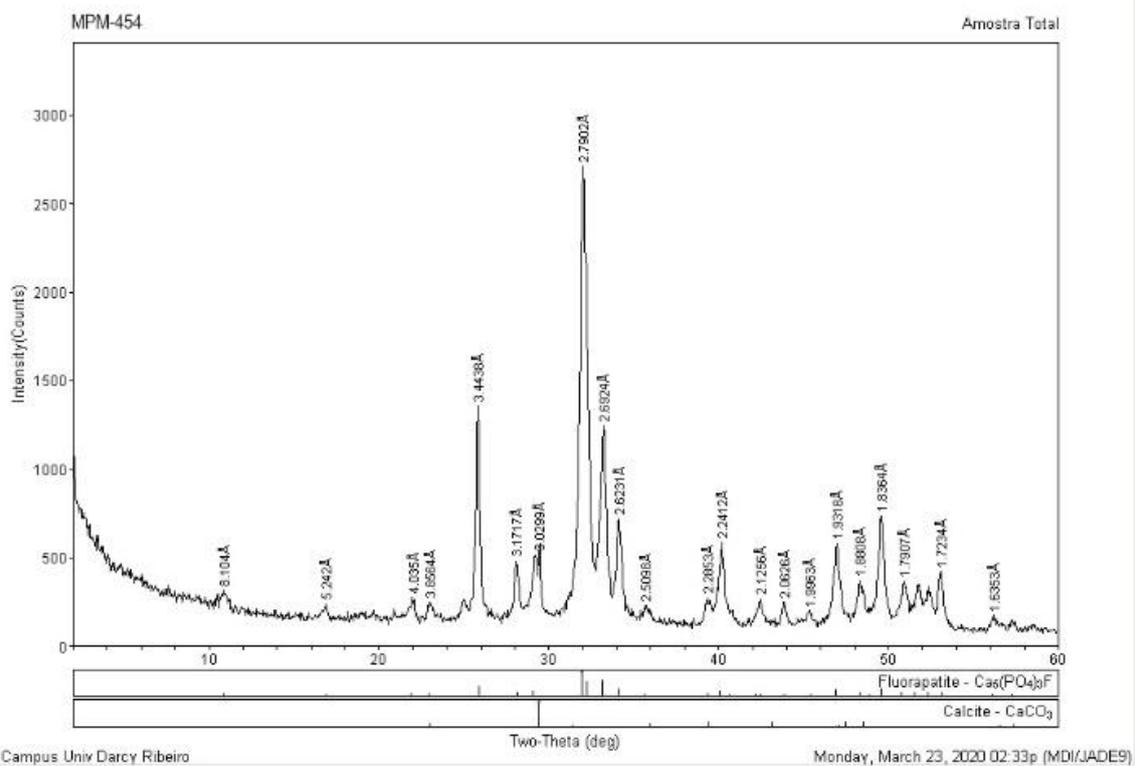
Espectro de difração de raios-X da amostra FUP-182, proveniente de Jales, São Paulo.



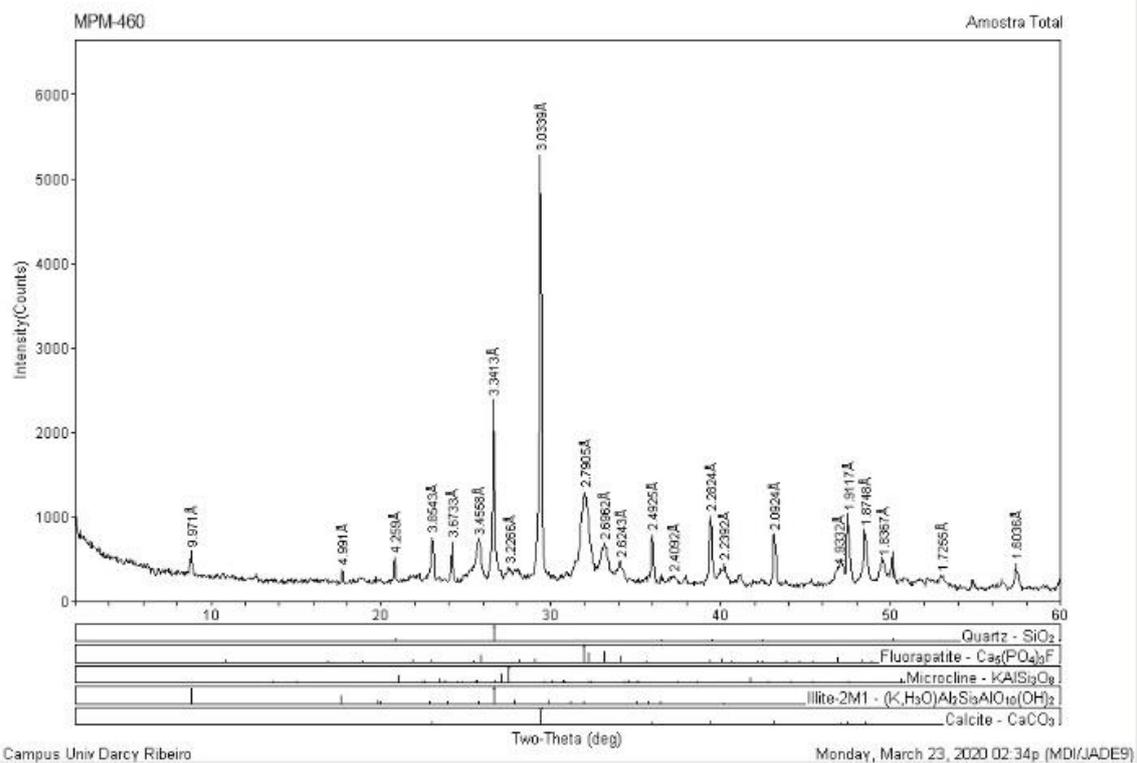
Espectro de difração de raios-X da amostra MPM-450, proveniente de Adamantina, São Paulo.



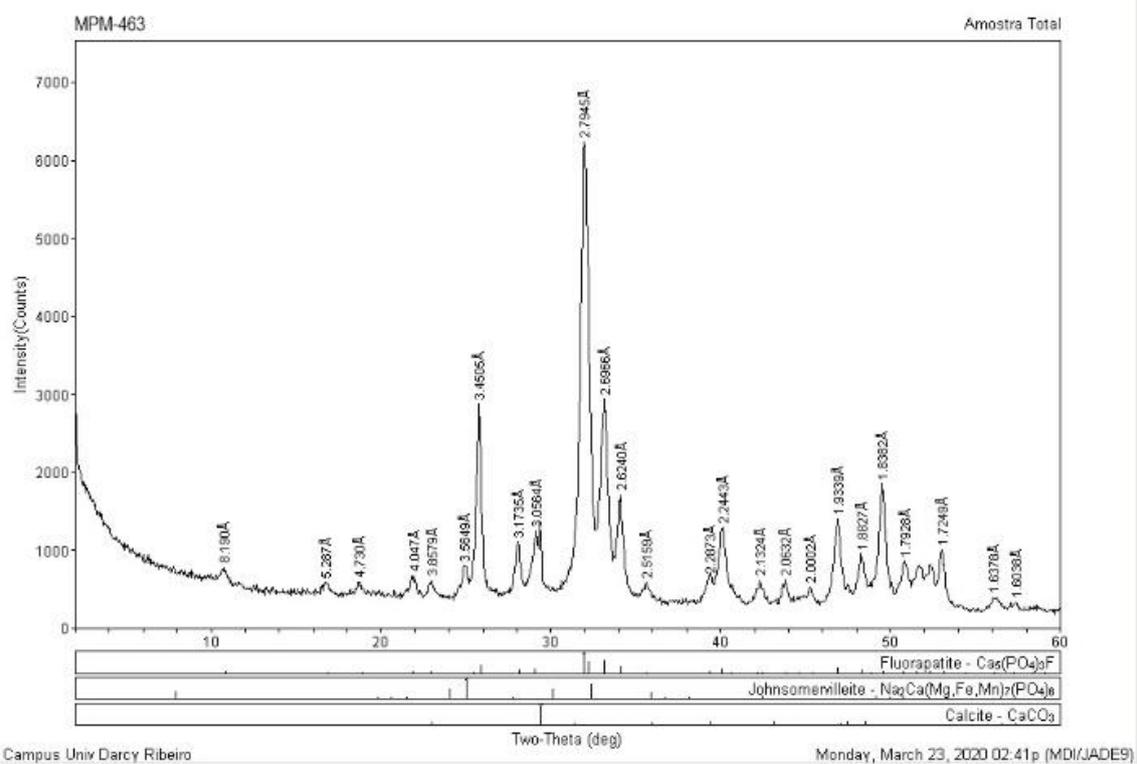
Espectro de difração de raios-X da amostra MPM-451, proveniente de Adamantina, São Paulo.



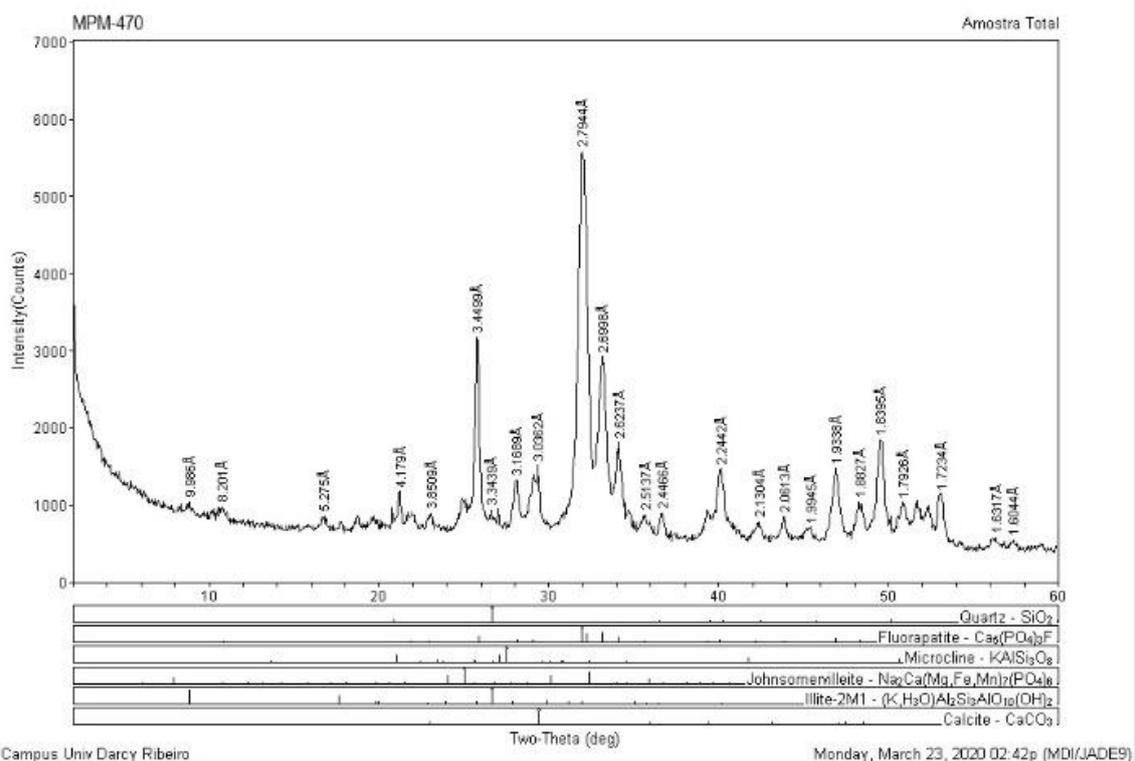
Espectro de difração de raios-X da amostra MPM-454, proveniente de Adamantina, São Paulo.



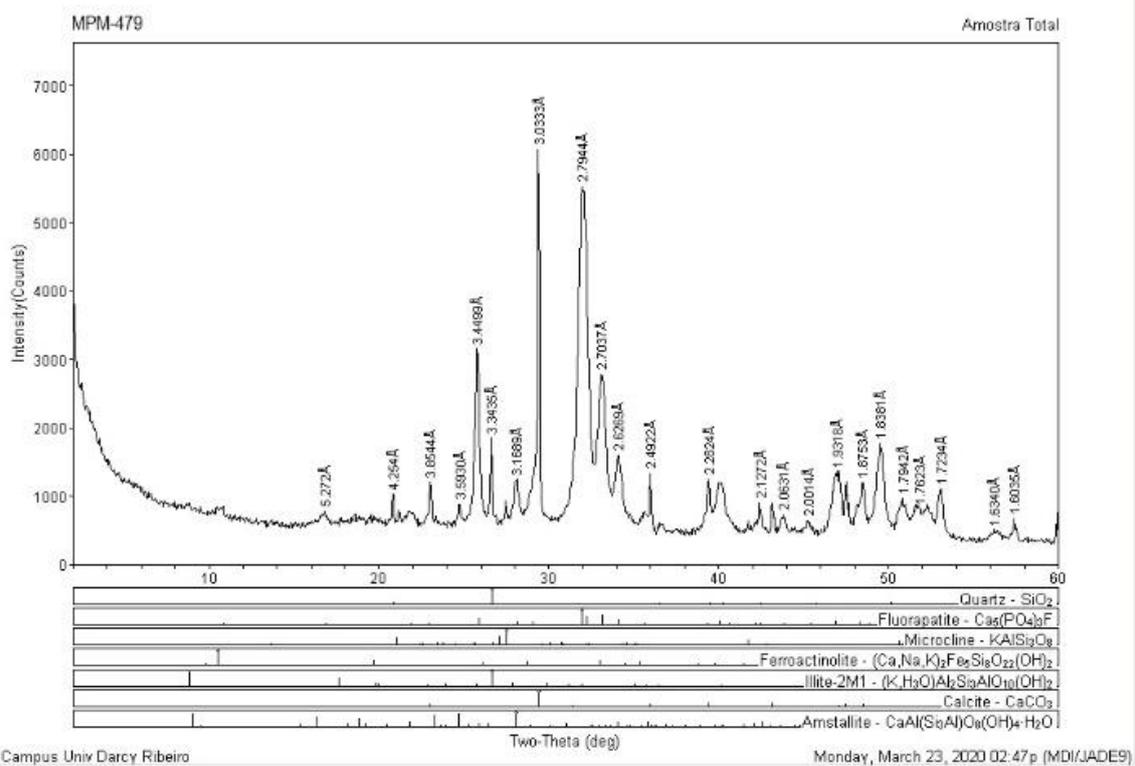
Espectro de difração de raios-X da amostra MPM-460, proveniente de Adamantina, São Paulo.



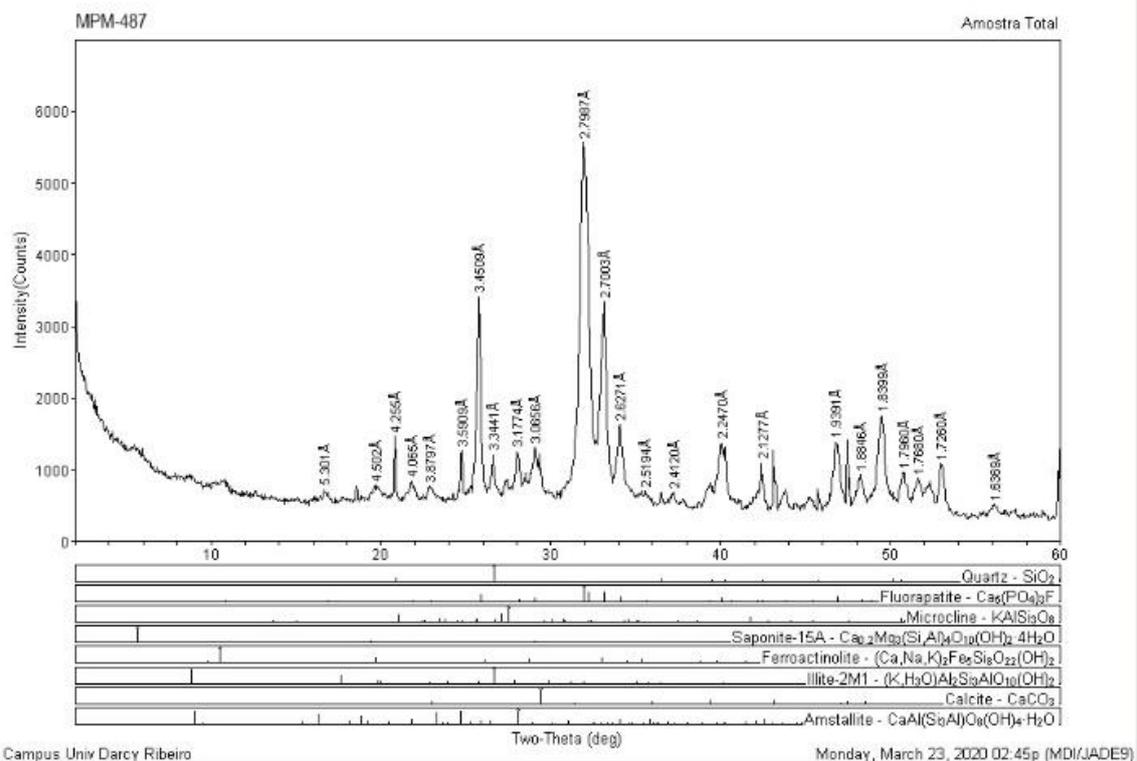
Espectro de difração de raios-X da amostra MPM-463, proveniente de Adamantina, São Paulo.



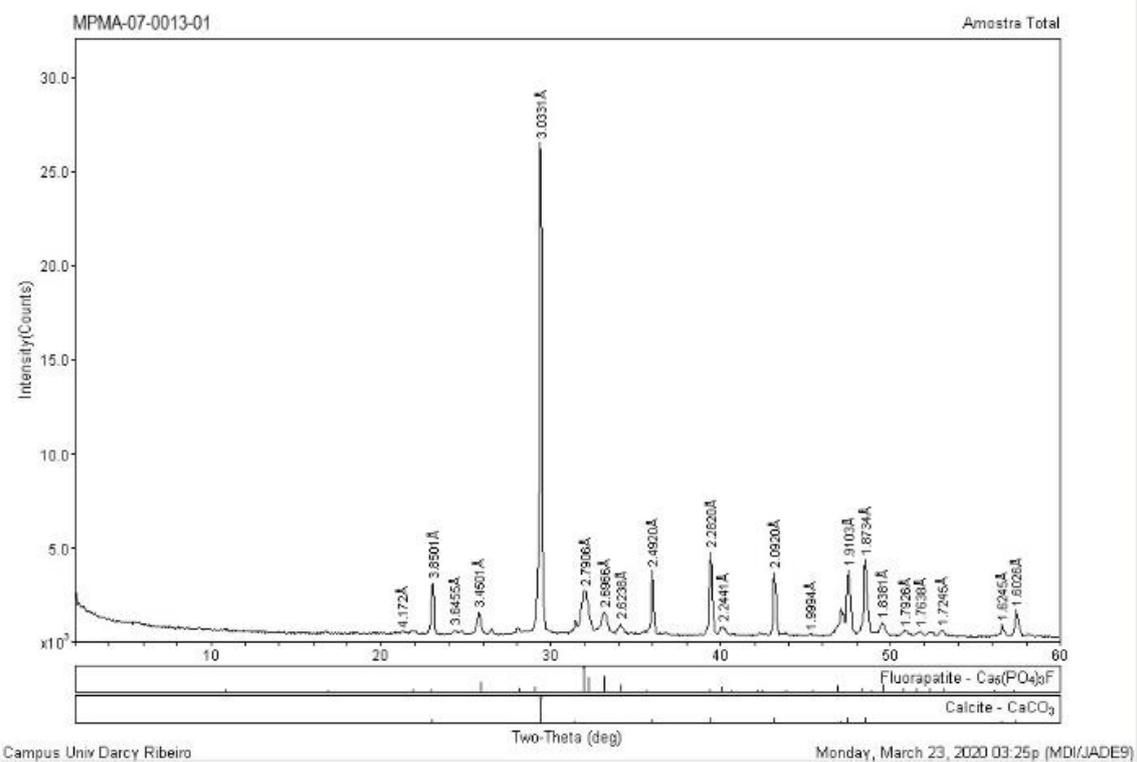
Espectro de difração de raios-X da amostra MPM-470, proveniente de Adamantina, São Paulo.



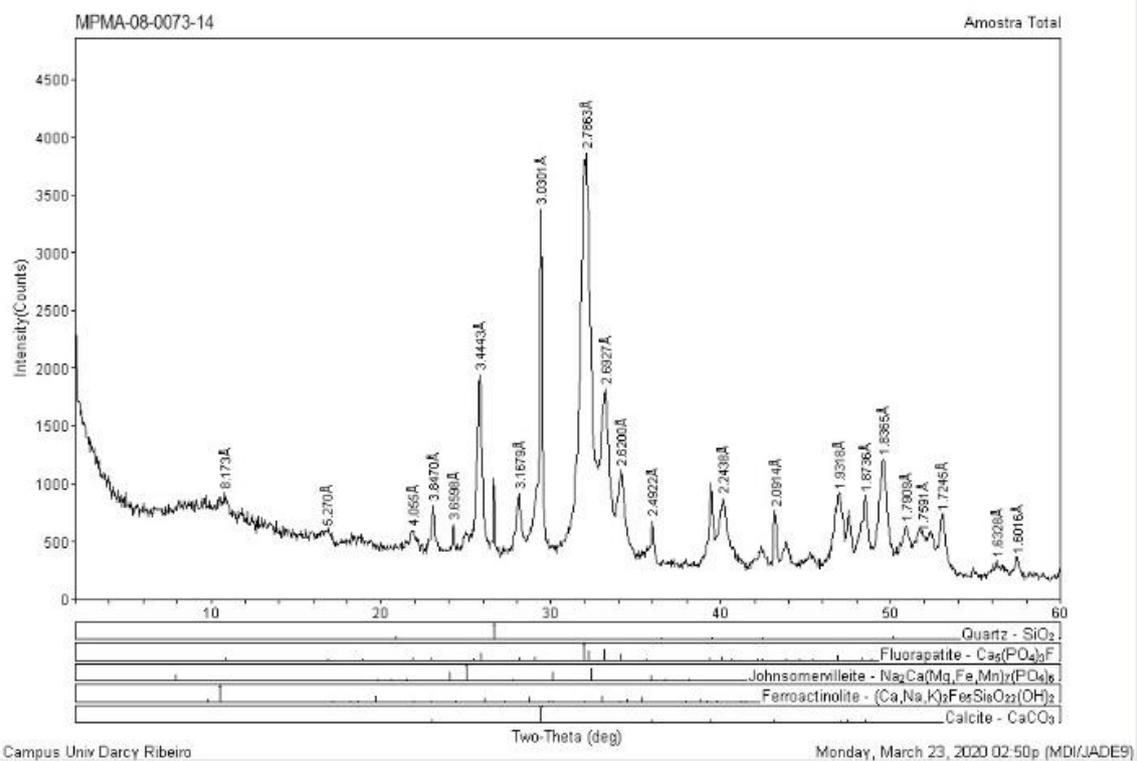
Espectro de difração de raios-X da amostra MPM-479, proveniente de Adamantina, São Paulo.



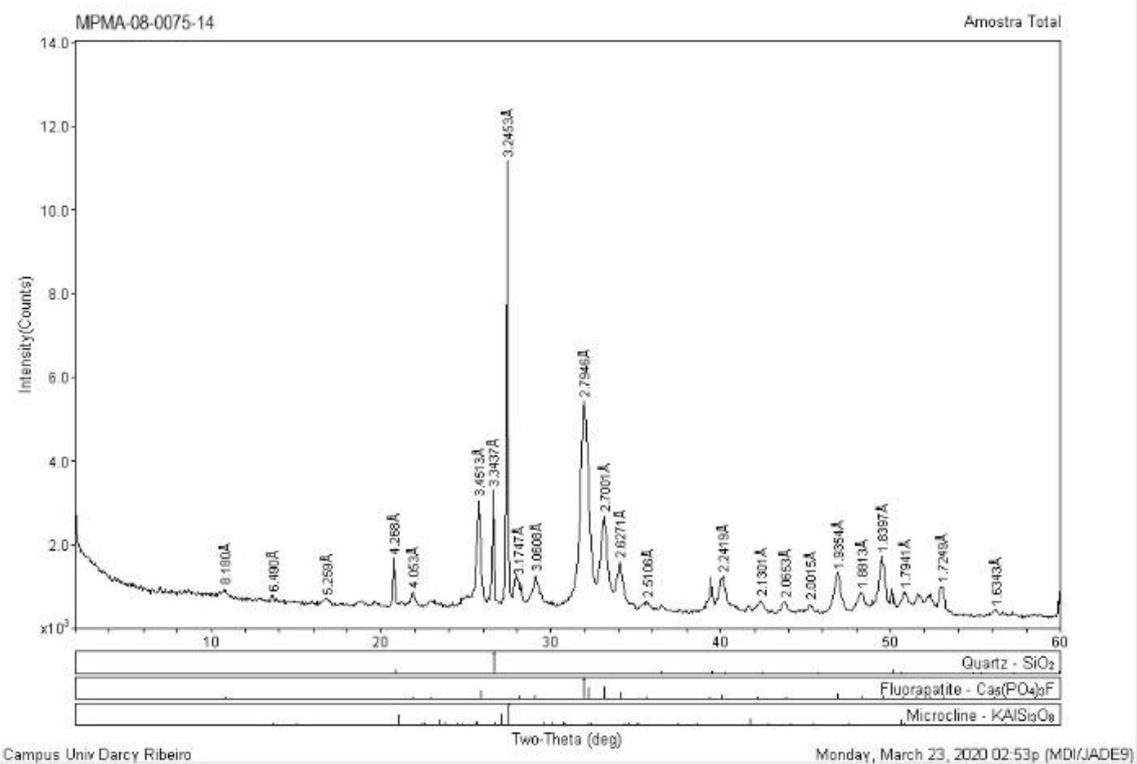
Espectro de difração de raios-X da amostra MPM-487, proveniente de Marília, São Paulo.



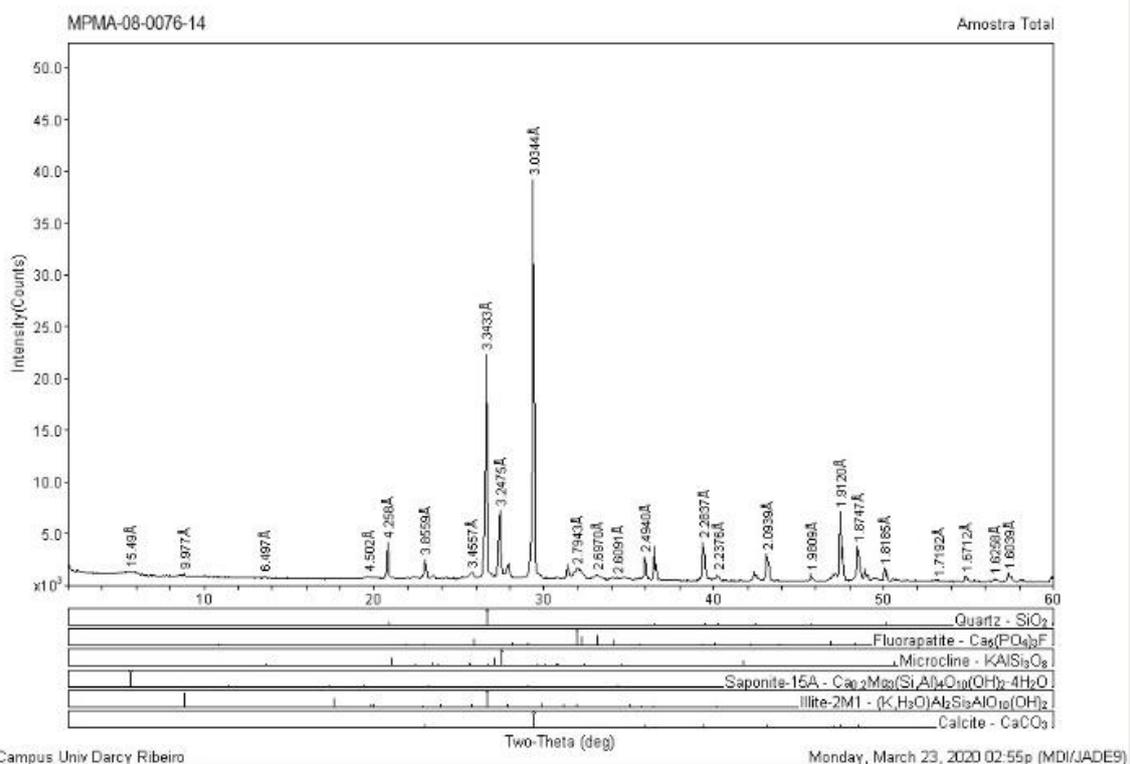
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-07-0013-01, proveniente de Monte Alto, São Paulo.



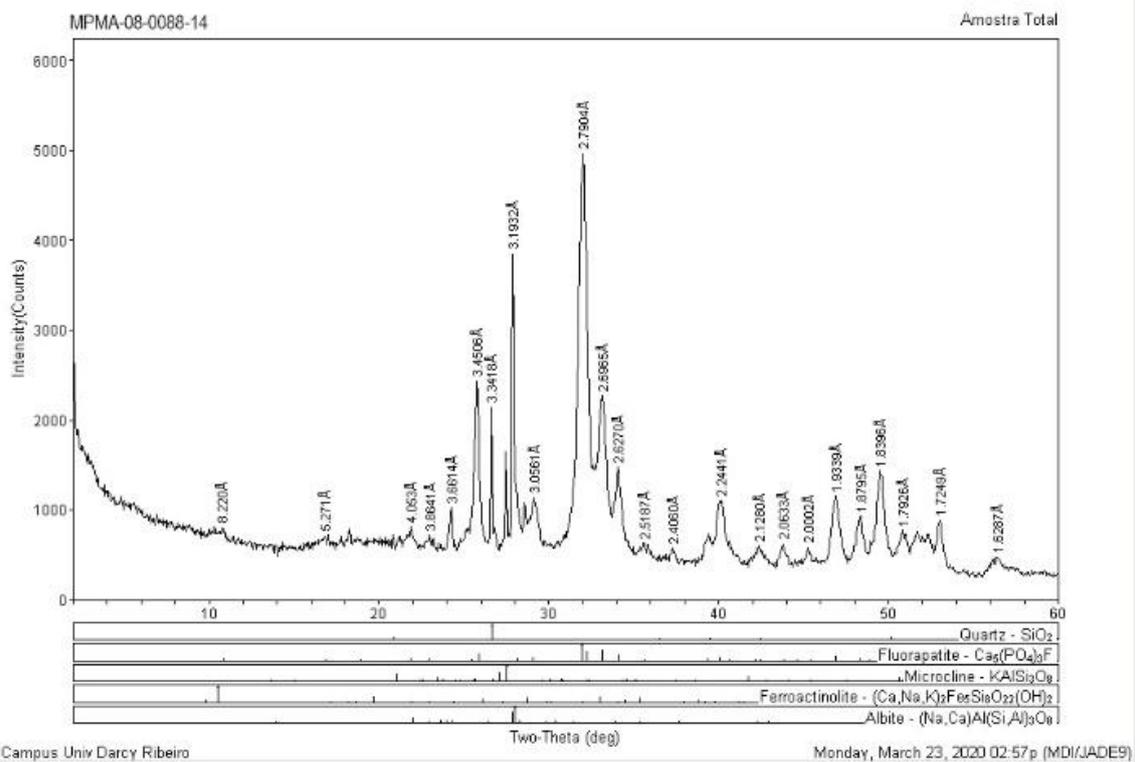
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0073-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



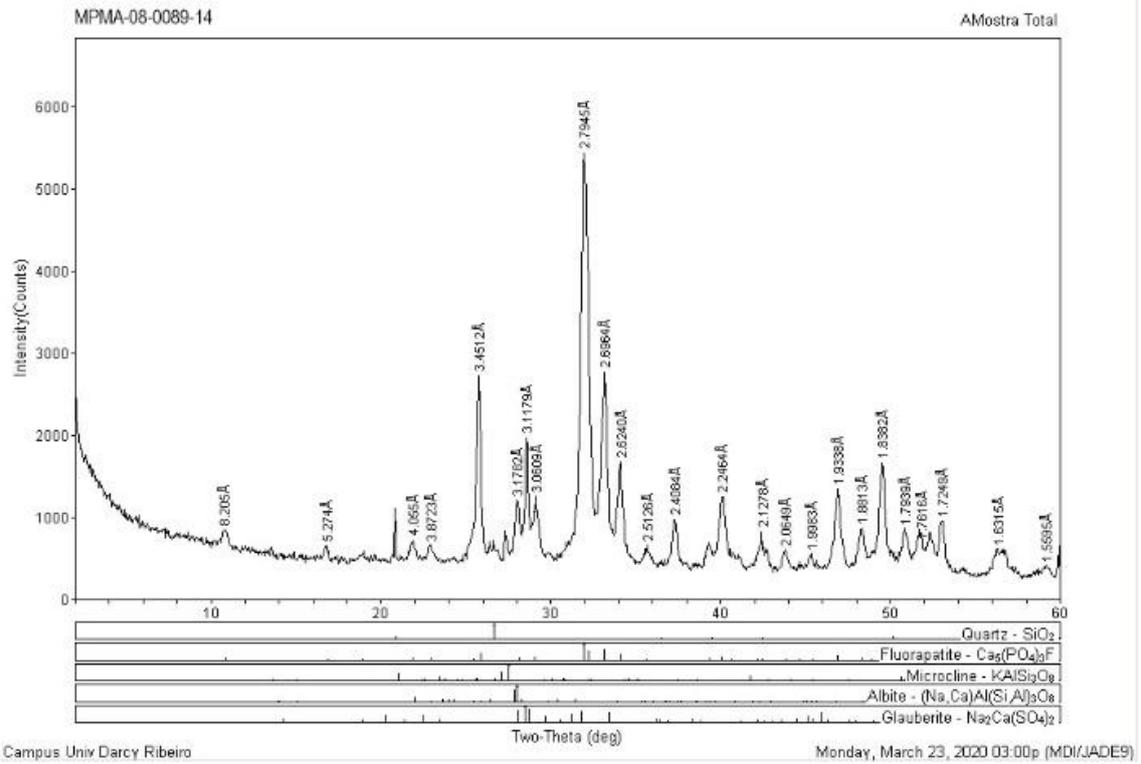
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0075-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



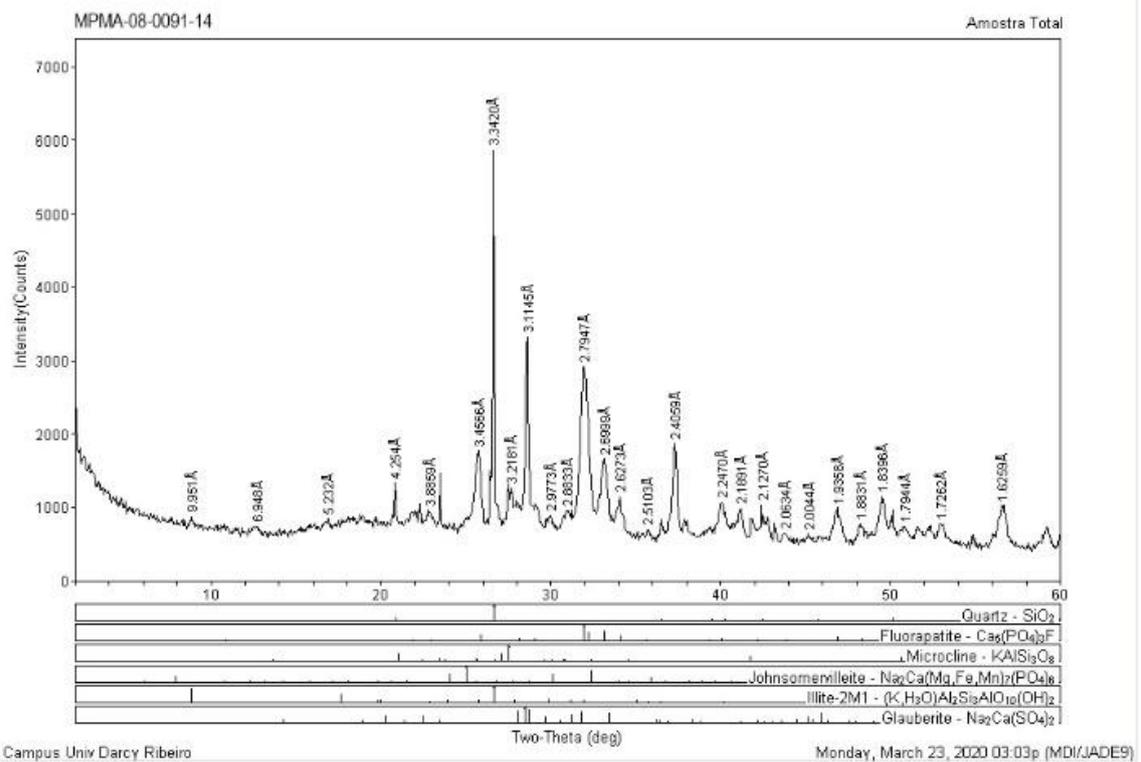
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0076-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



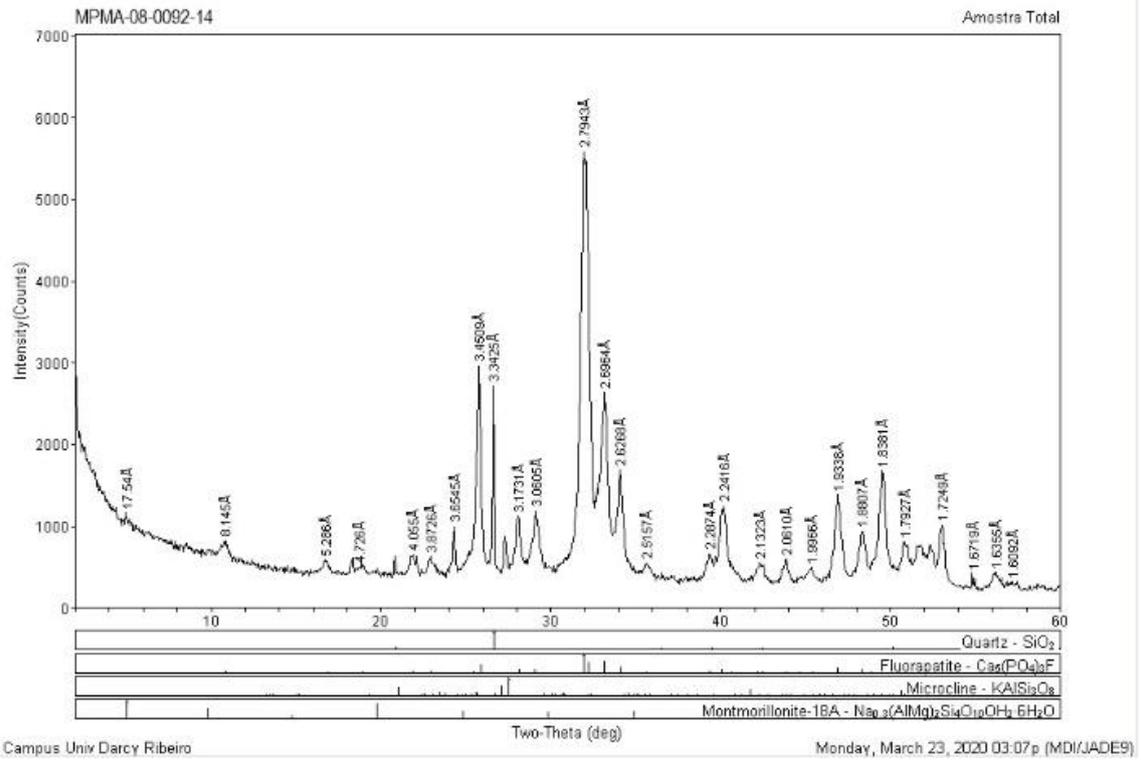
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0088-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



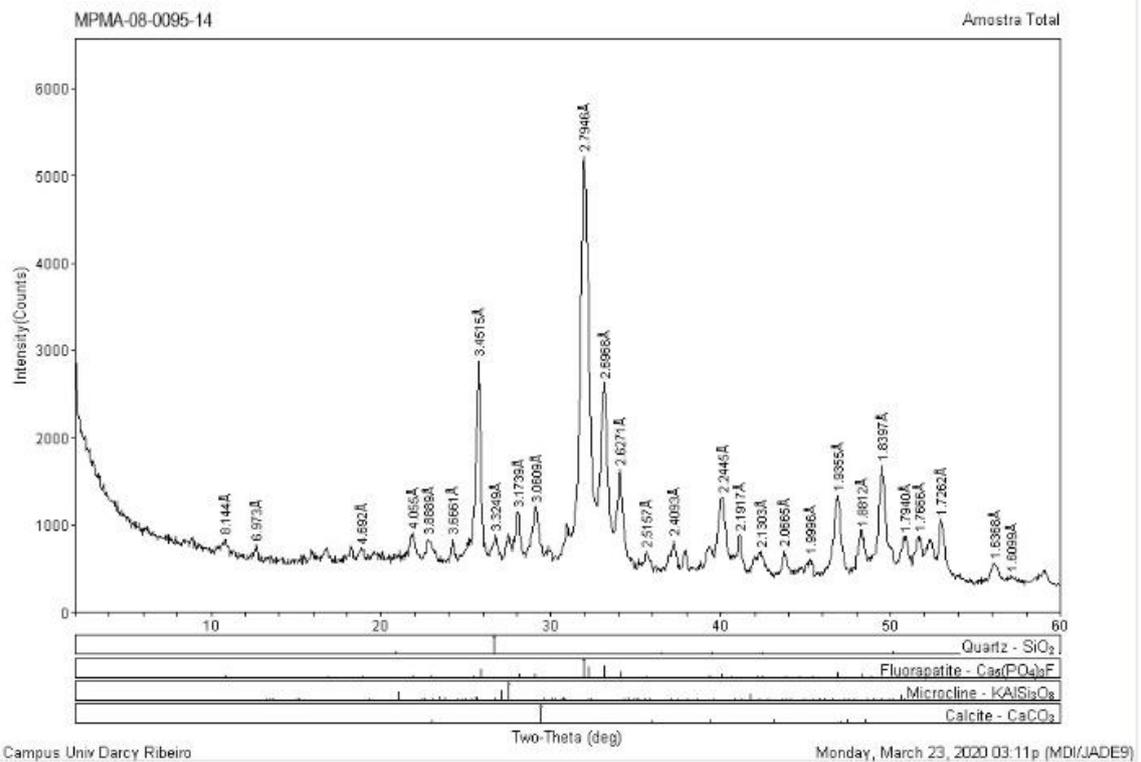
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0089-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



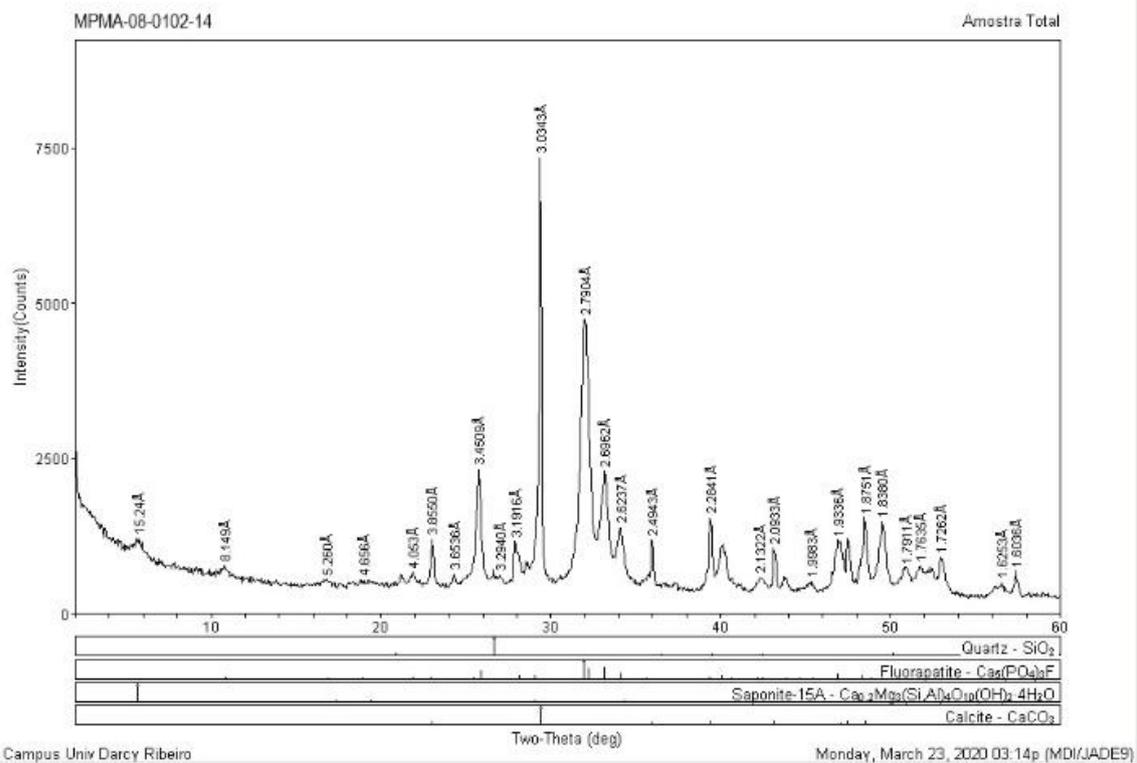
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0091-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



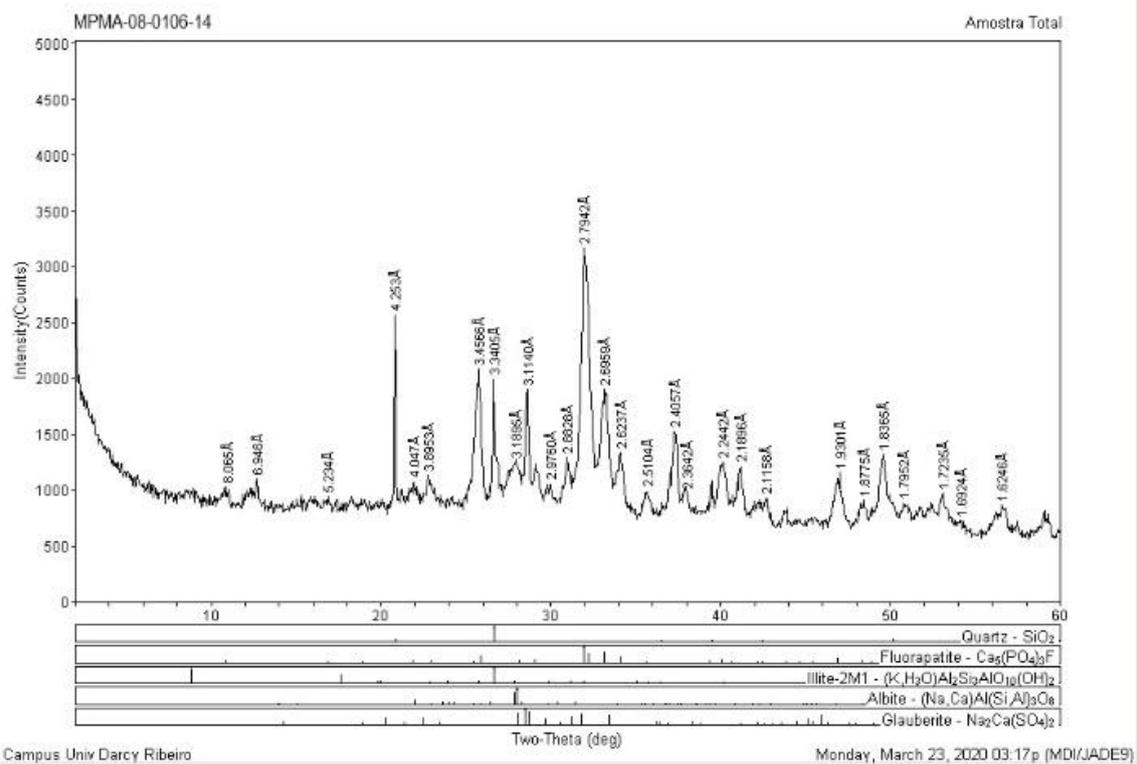
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0092-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



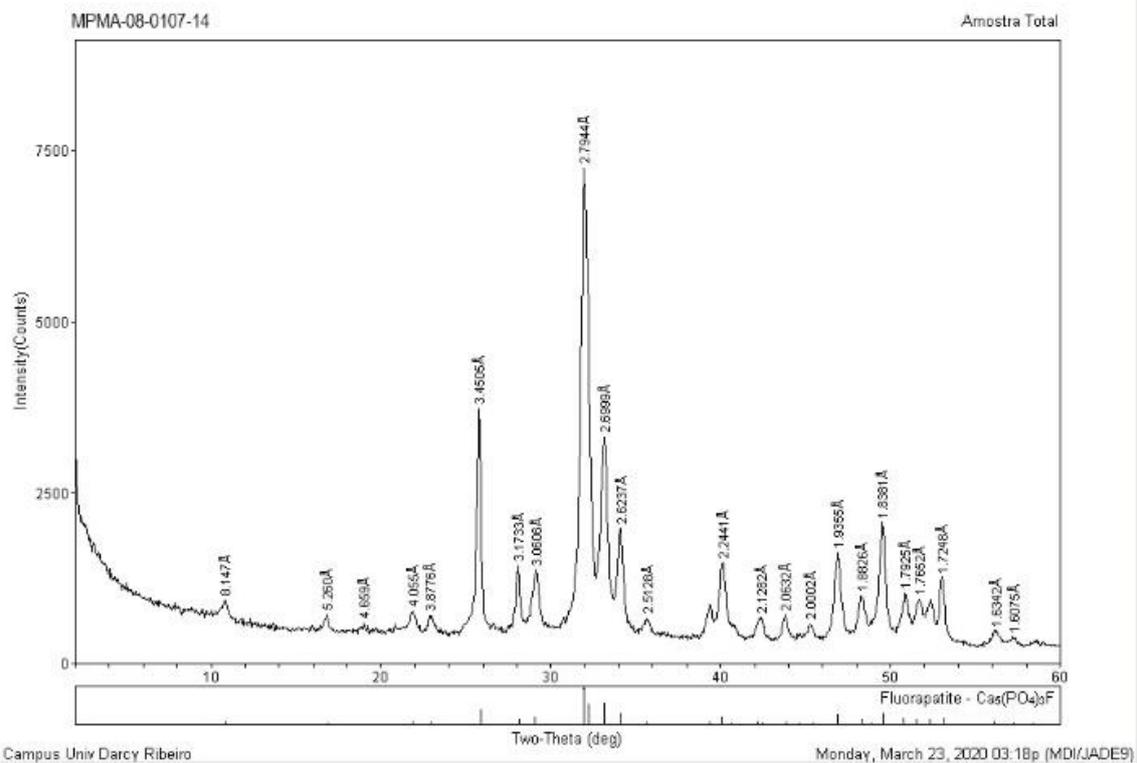
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0095-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



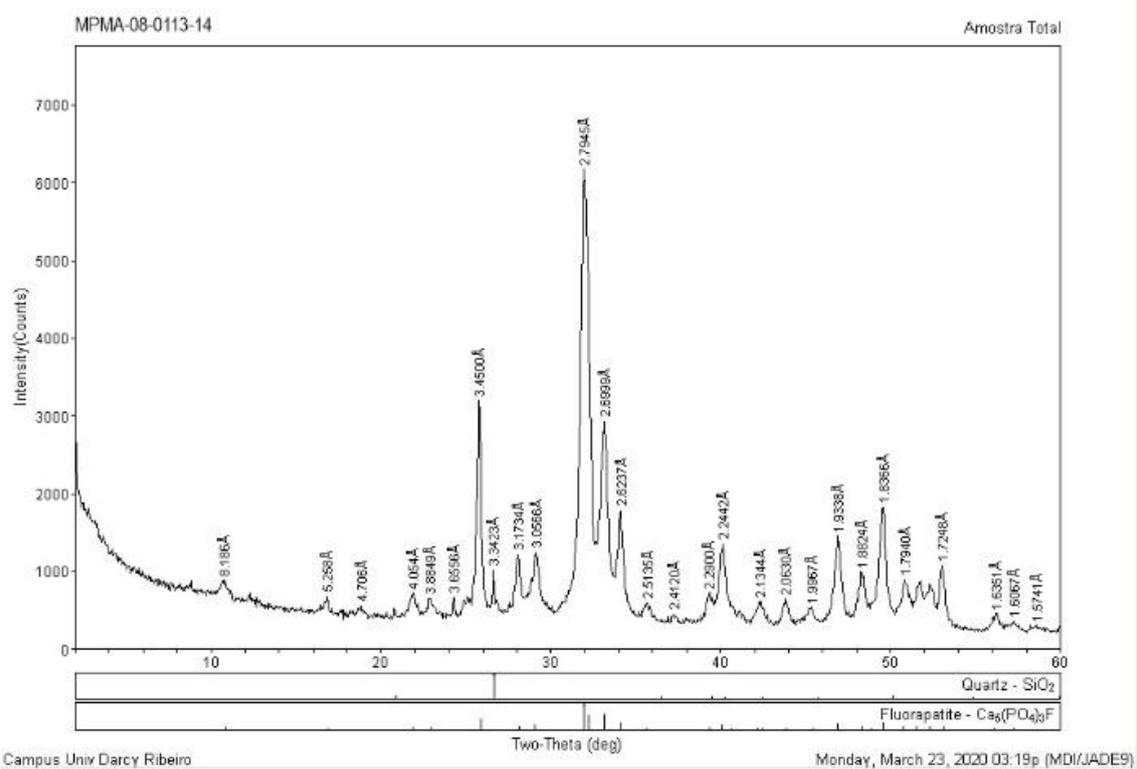
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0102-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



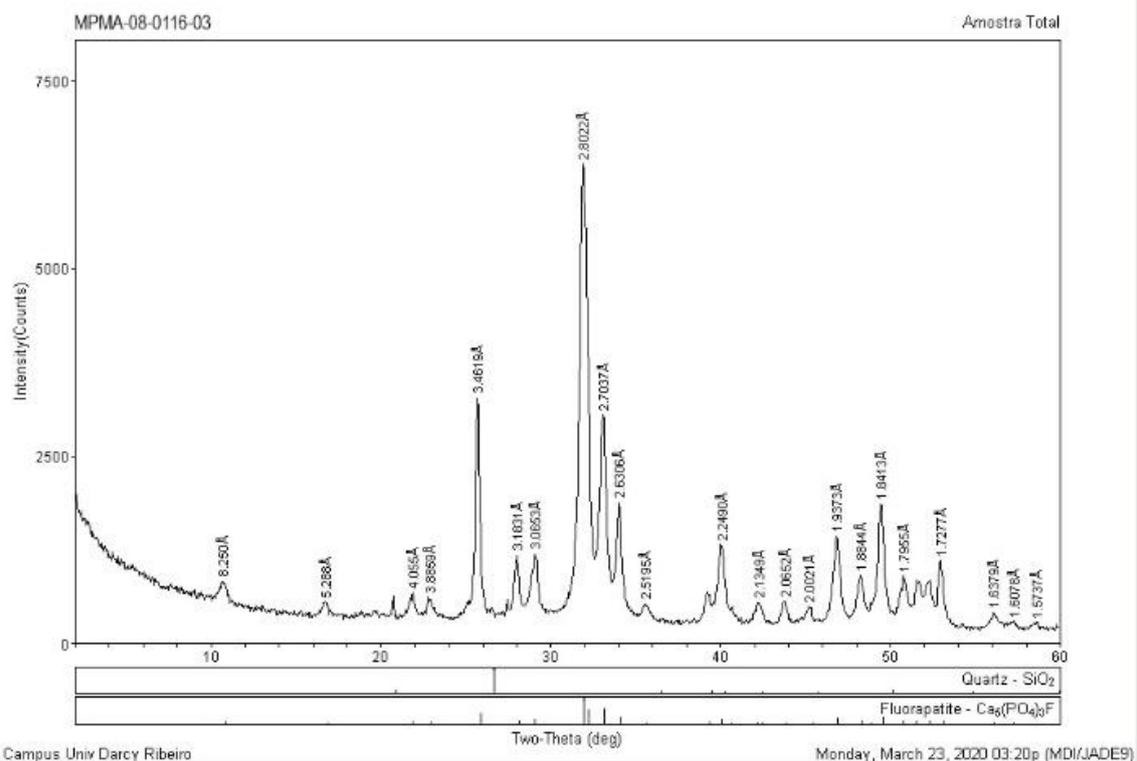
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0106-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



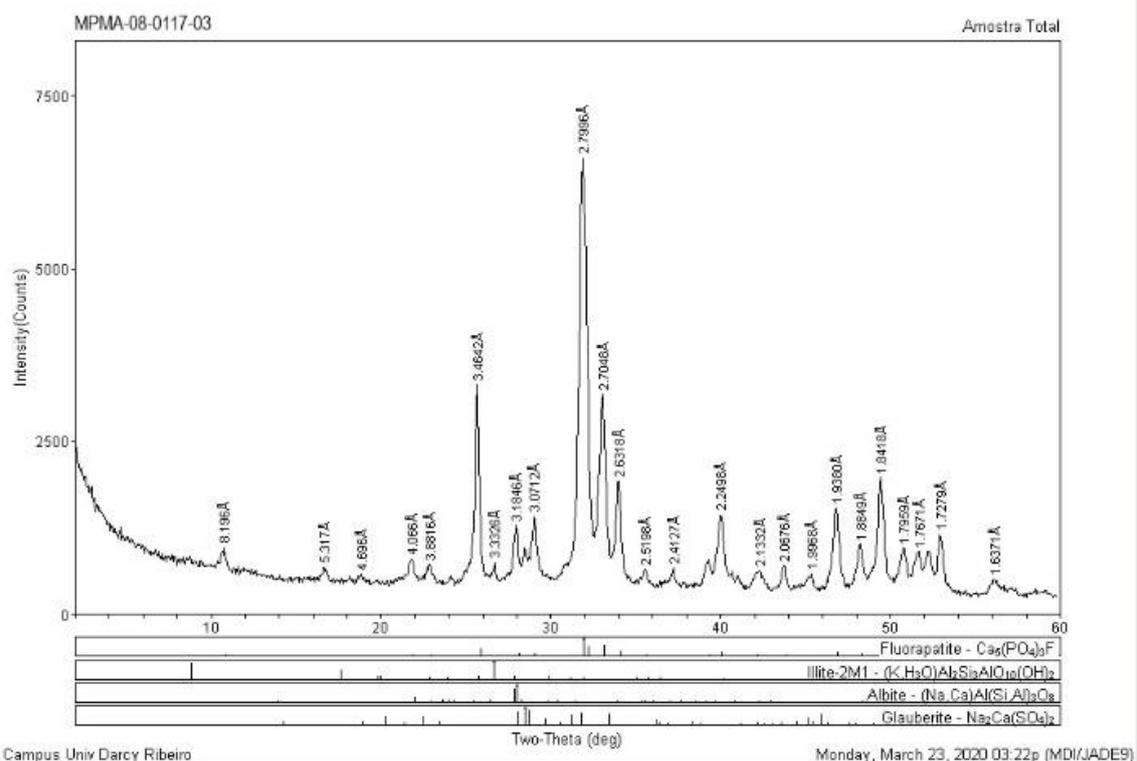
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0107-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



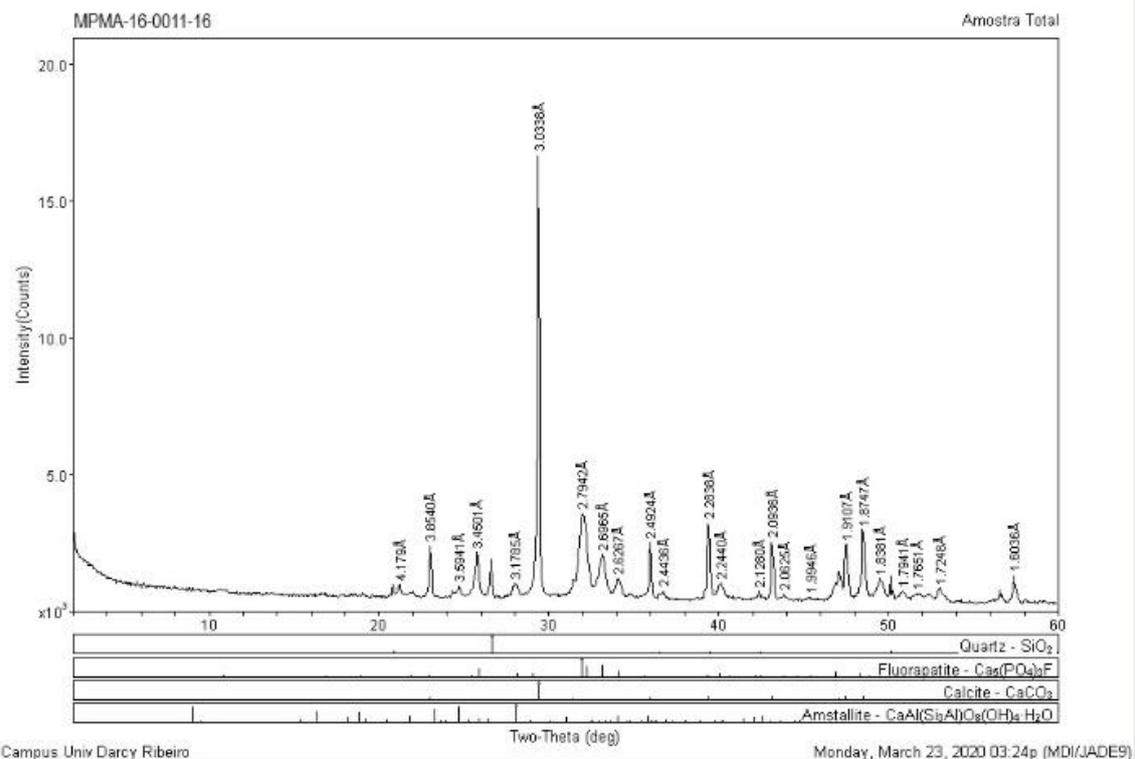
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0113-14, proveniente de Ibirá, São Paulo.



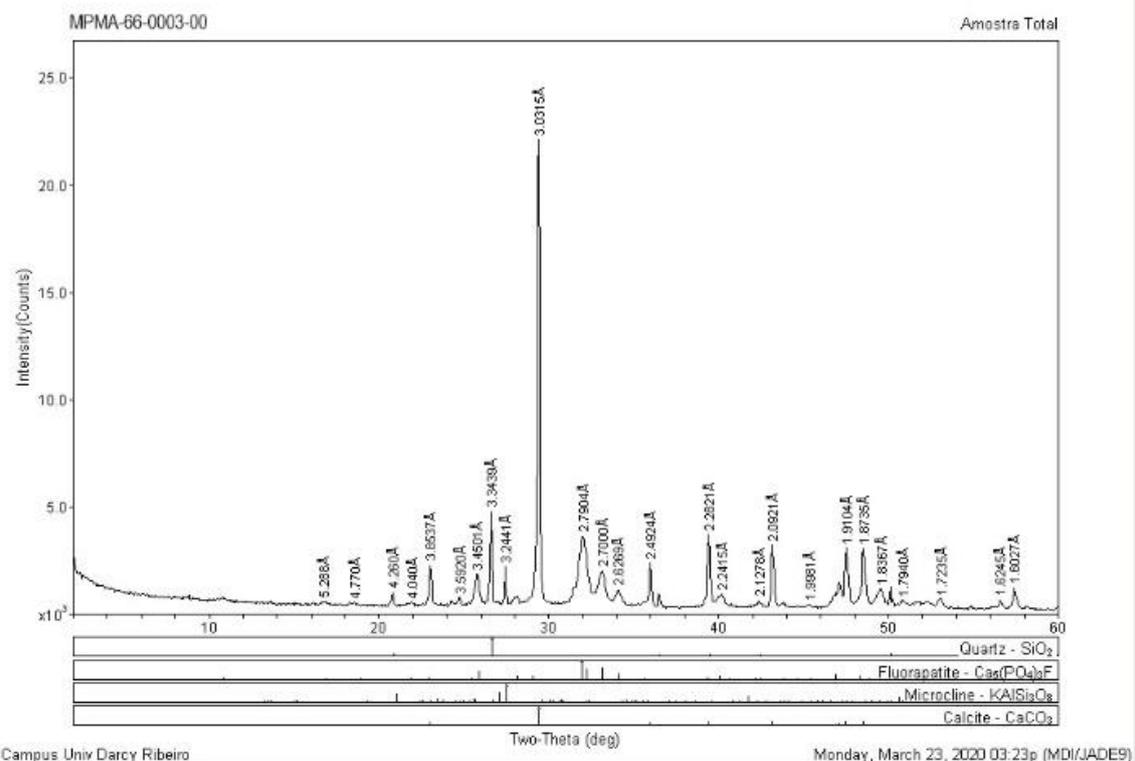
Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0116-03, proveniente de Ibirá, São Paulo.



Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-08-0117-03, proveniente de Ibirá, São Paulo.

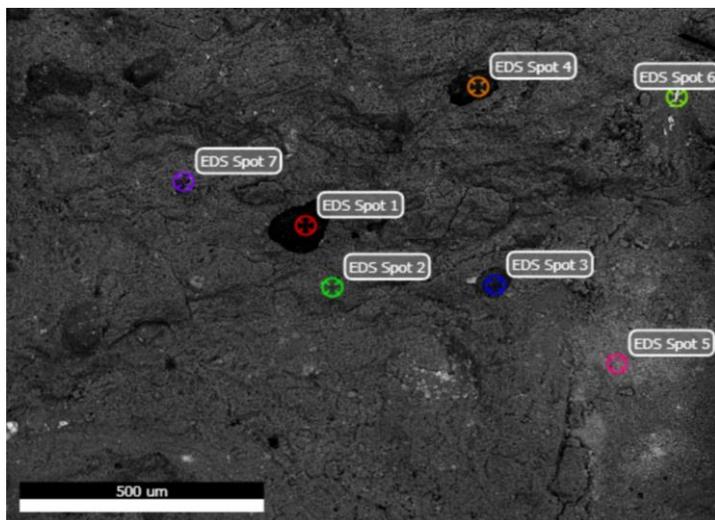


Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-16-0011-16, proveniente de Monte Alto, São Paulo.

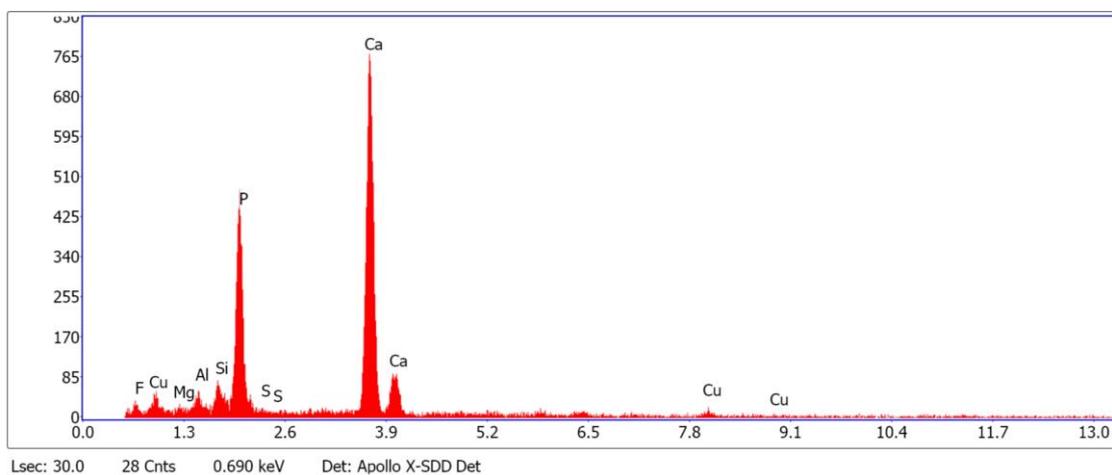


Espectro de difração de raios-X da amostra MPMA-66-0003-00, proveniente de Monte Alto, São Paulo.

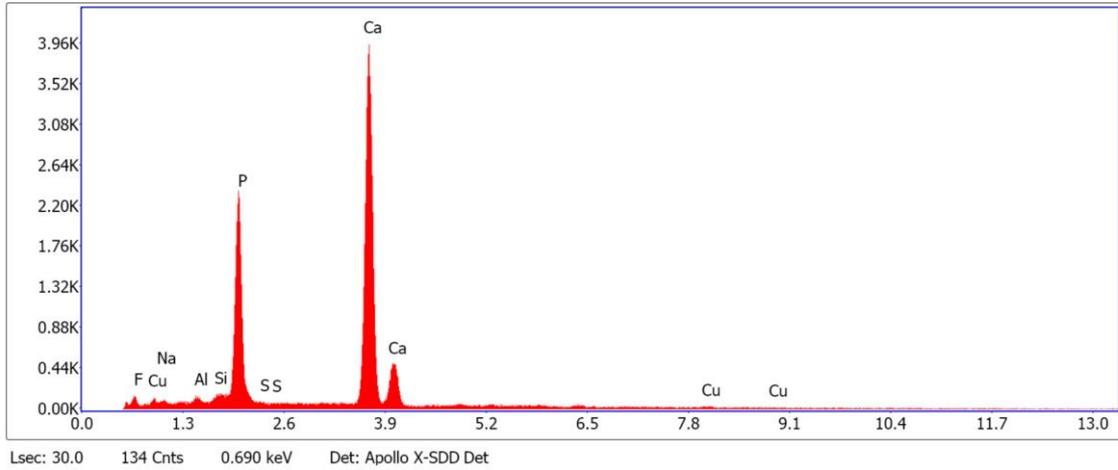
**Material Suplementar 2 – Resultados das análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS).**



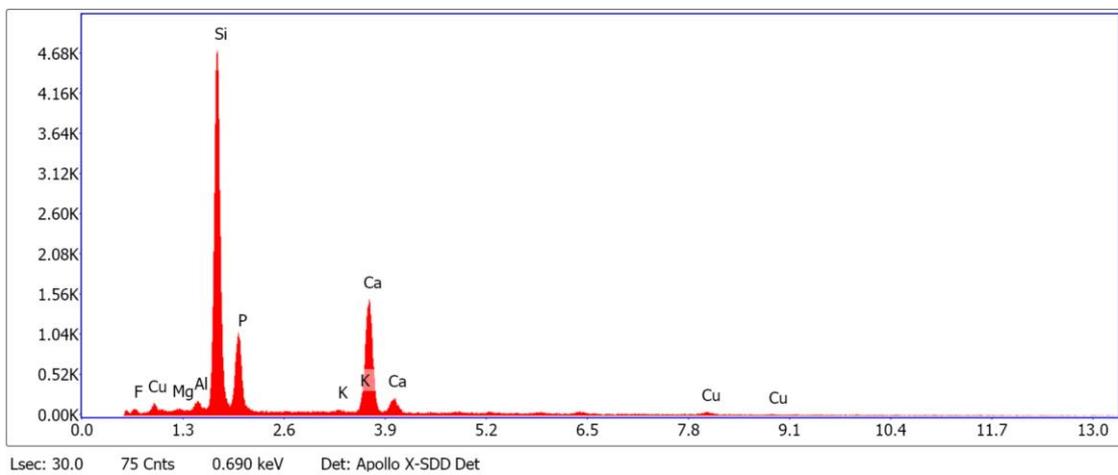
Amostra FUP-164 – Área 1



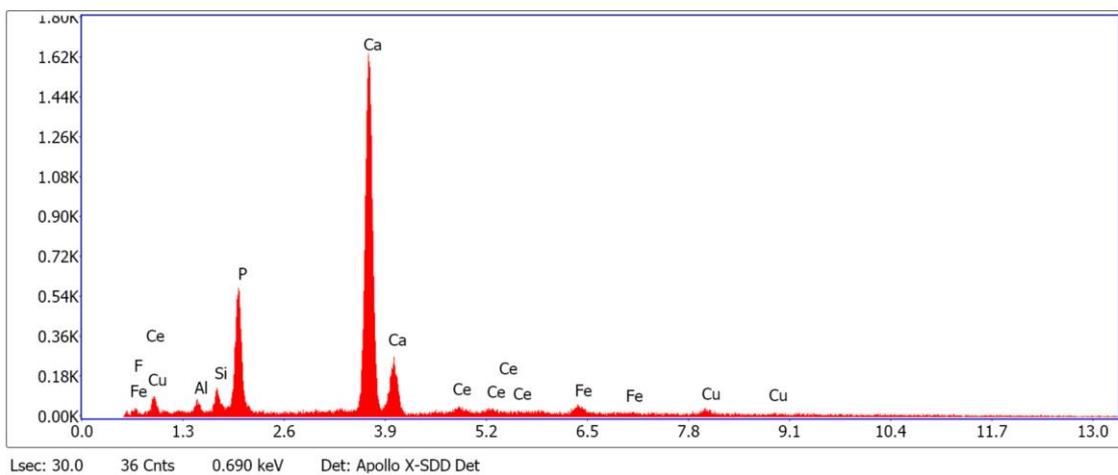
**EDS Spot 1**



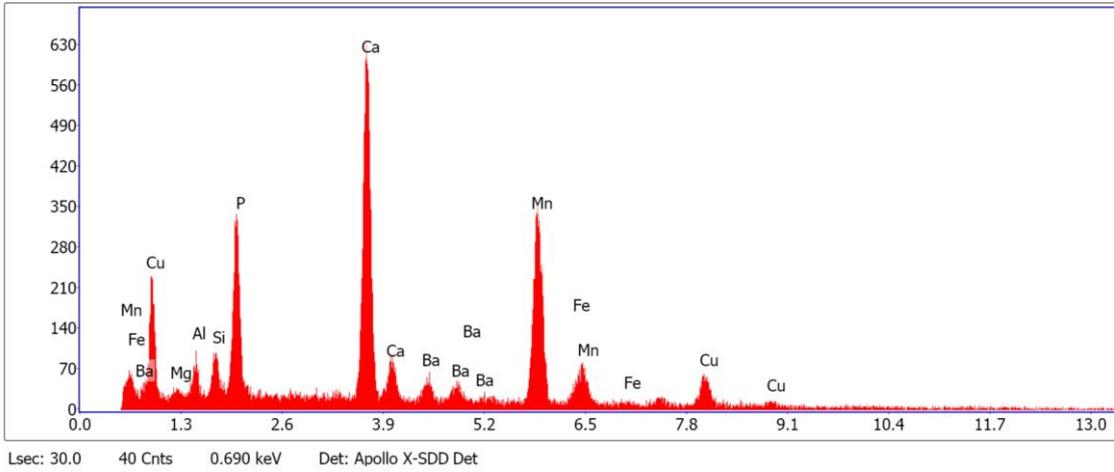
EDS Spot 2



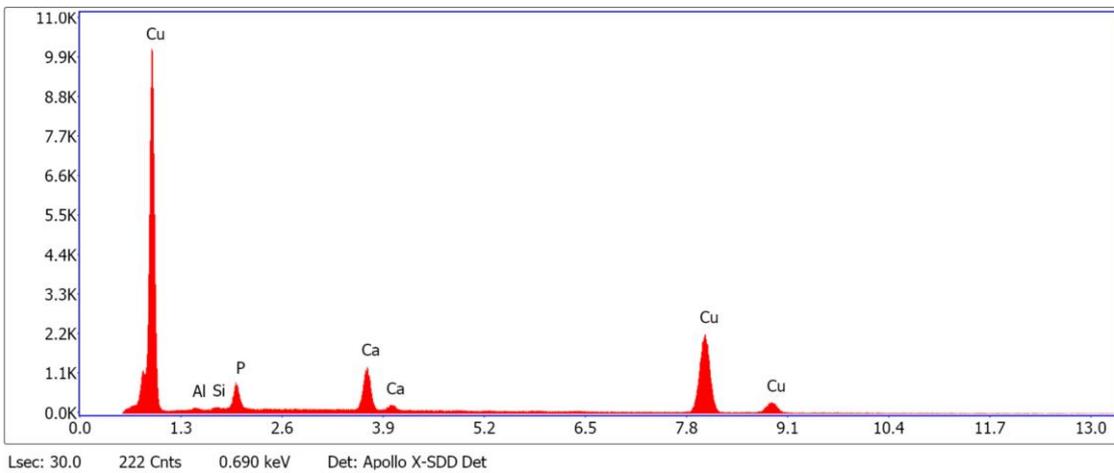
EDS Spot 3



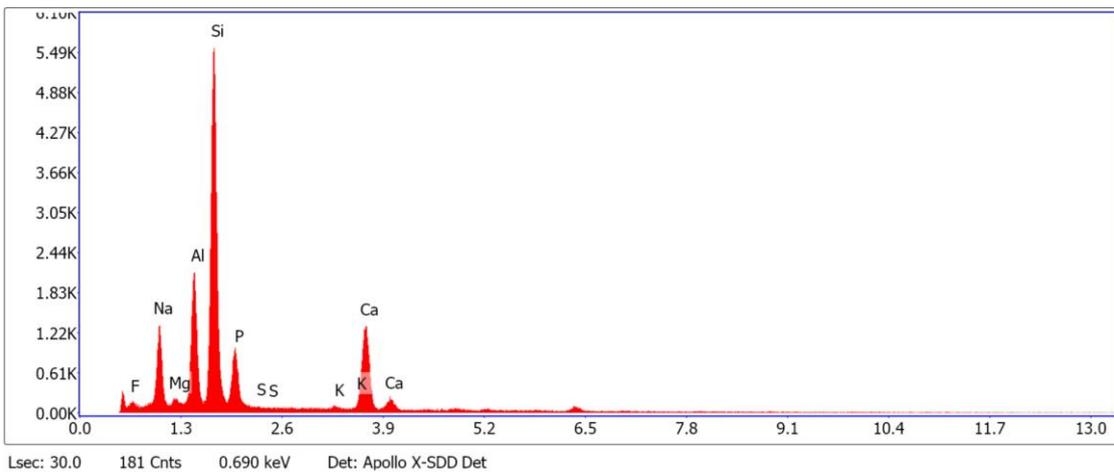
EDS Spot 4



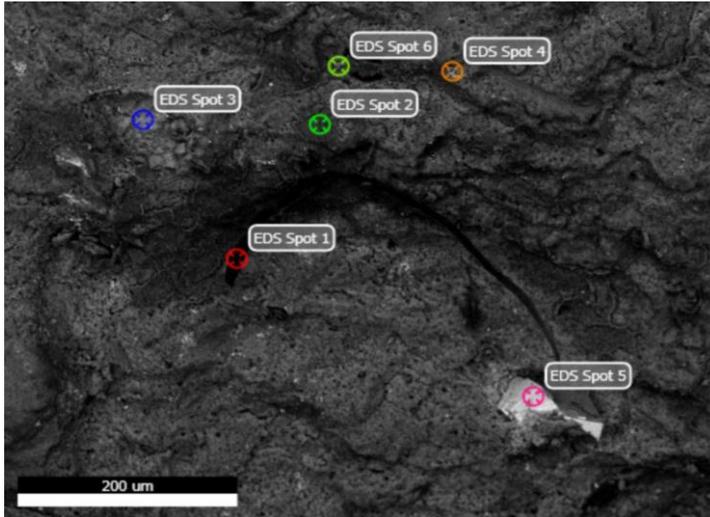
**EDS Spot 5**



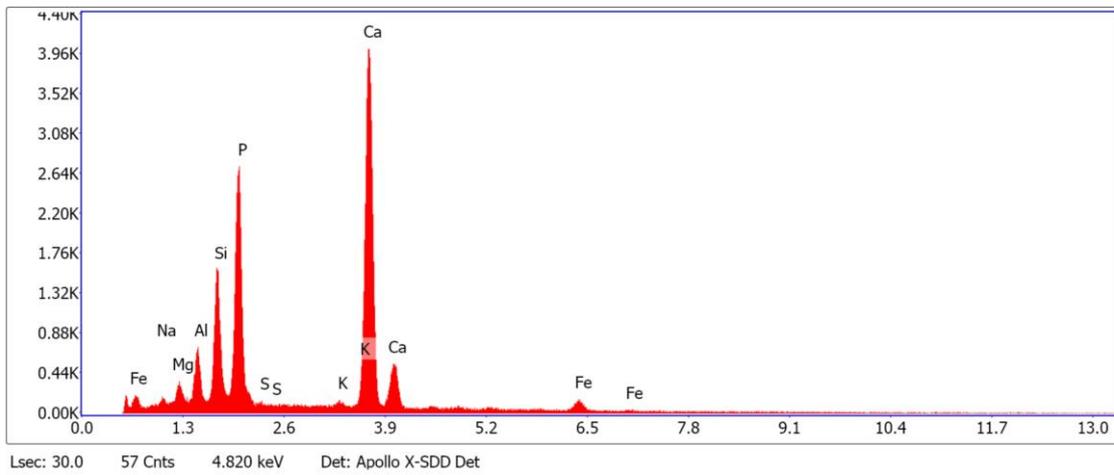
**EDS Spot 6**



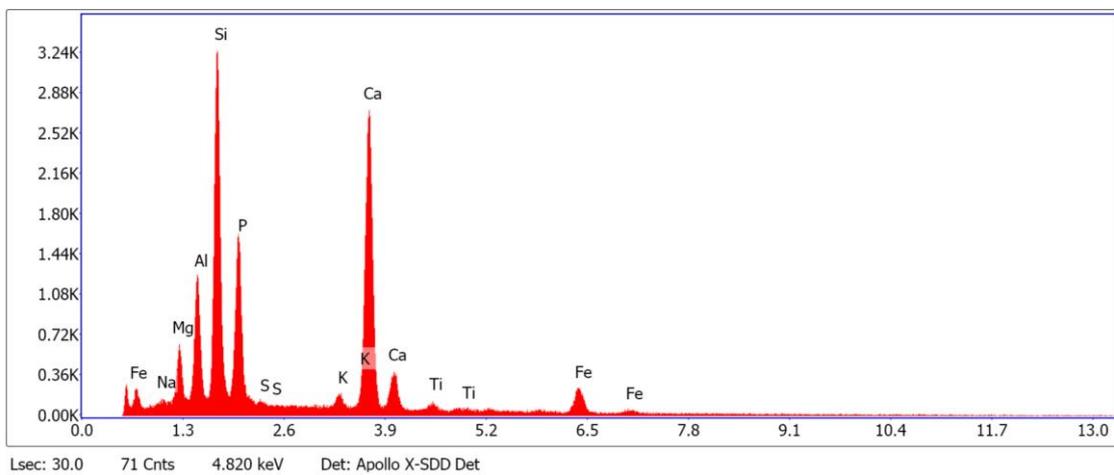
**EDS Spot 7**



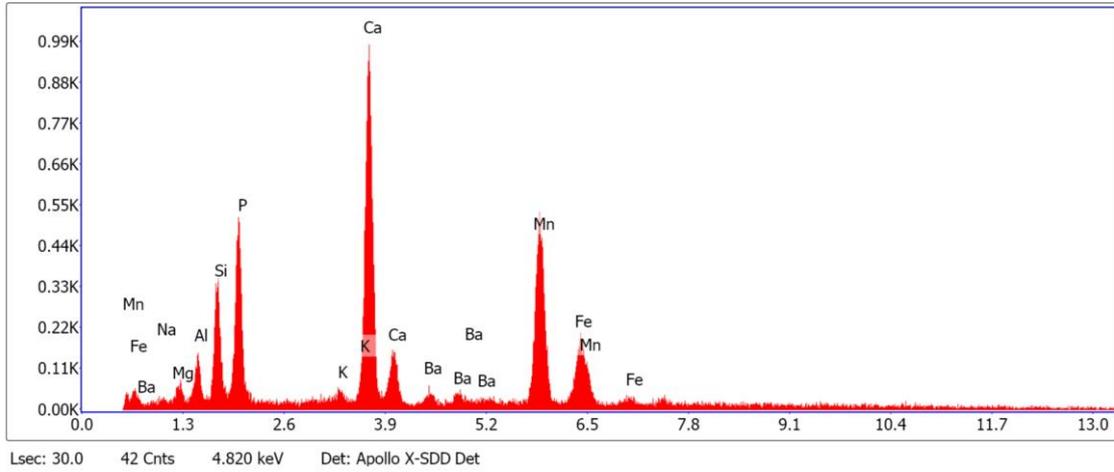
Amostra FUP-164 – Área 2



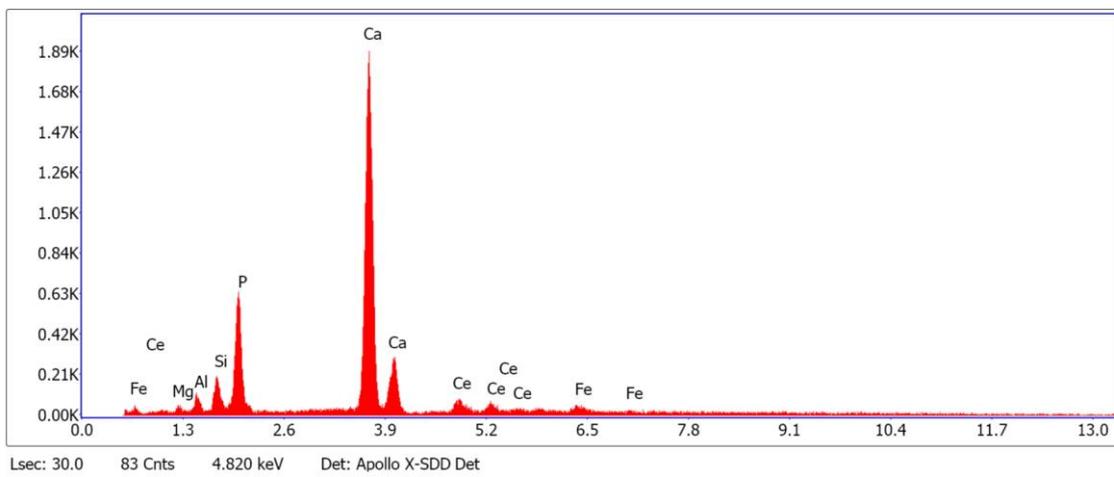
**EDS Spot 1**



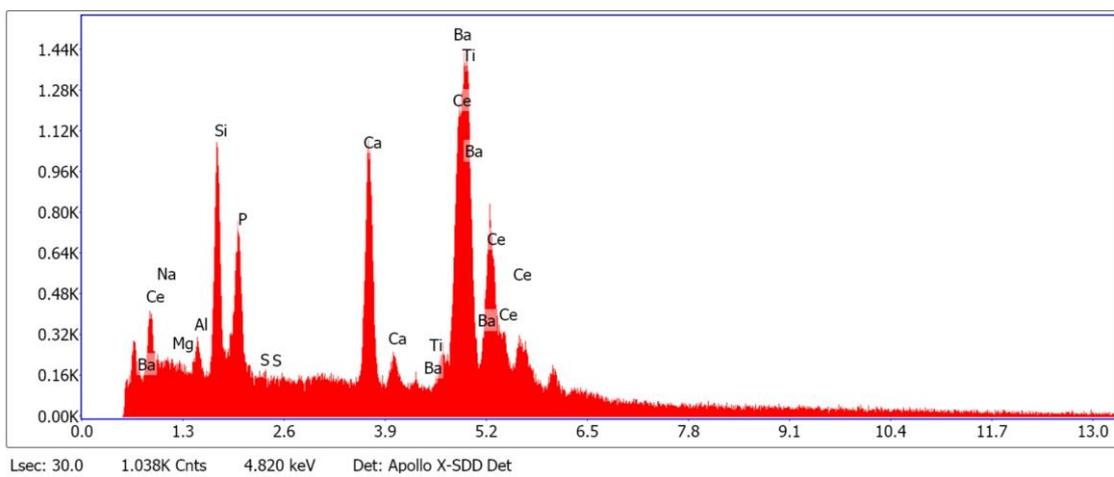
**EDS Spot 2**



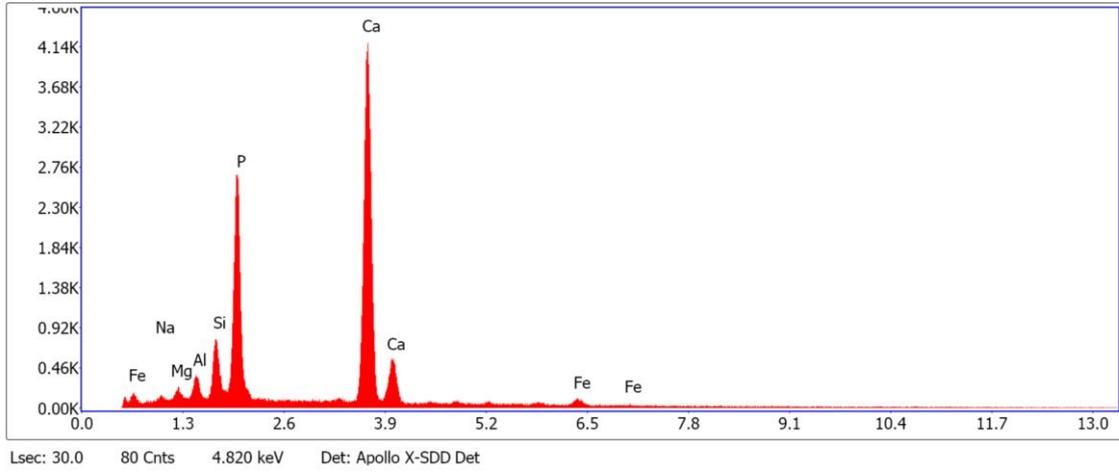
EDS Spot 3

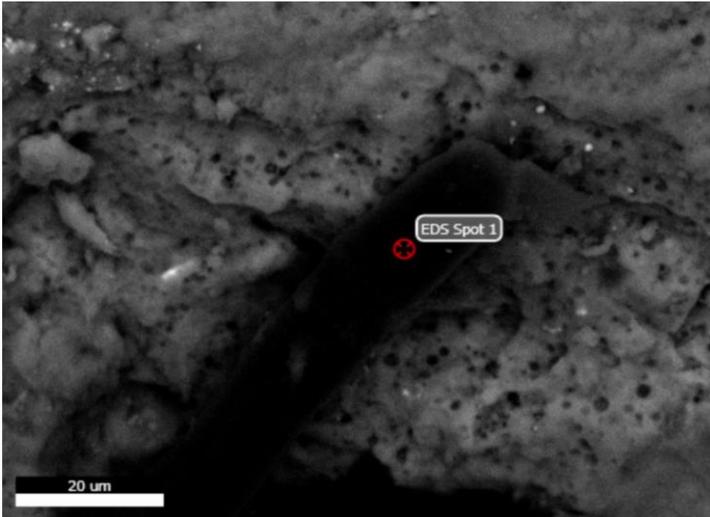


EDS Spot 4

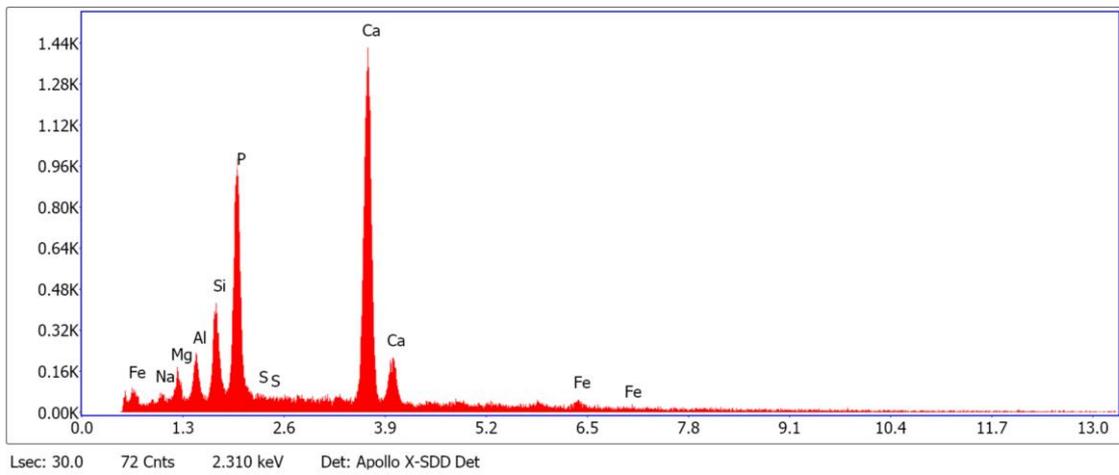


EDS Spot 5

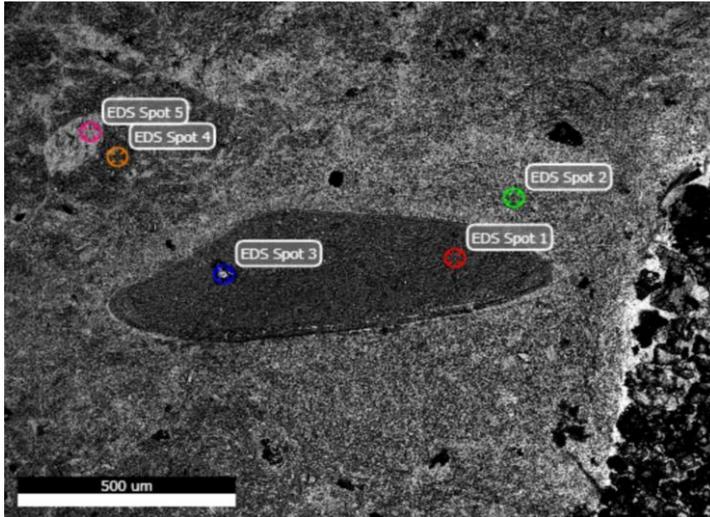
**EDS Spot 6**



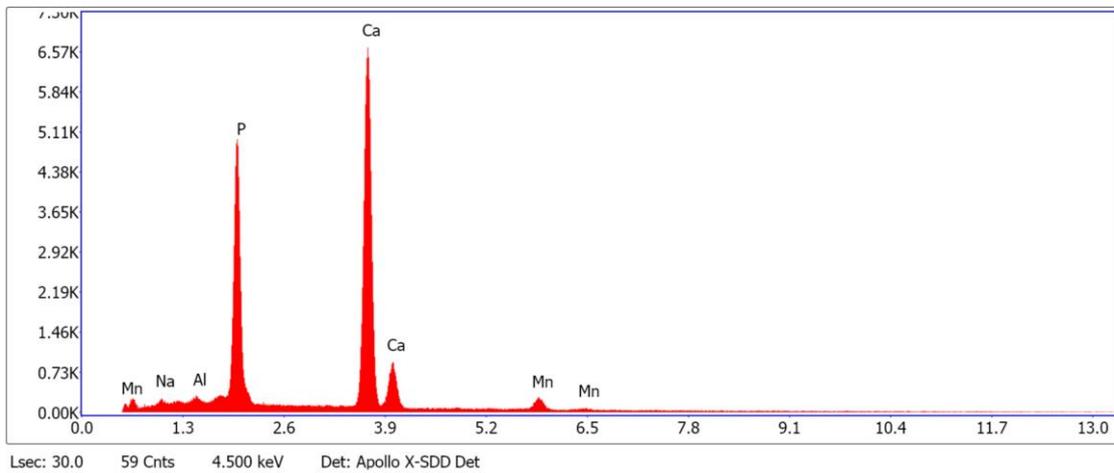
Amostra FUP-164 – Área 3



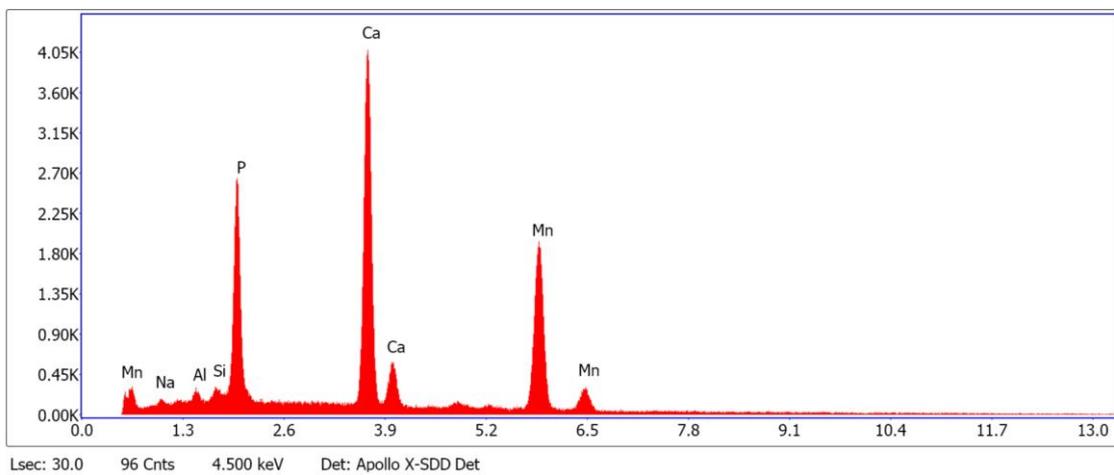
EDS Spot 1



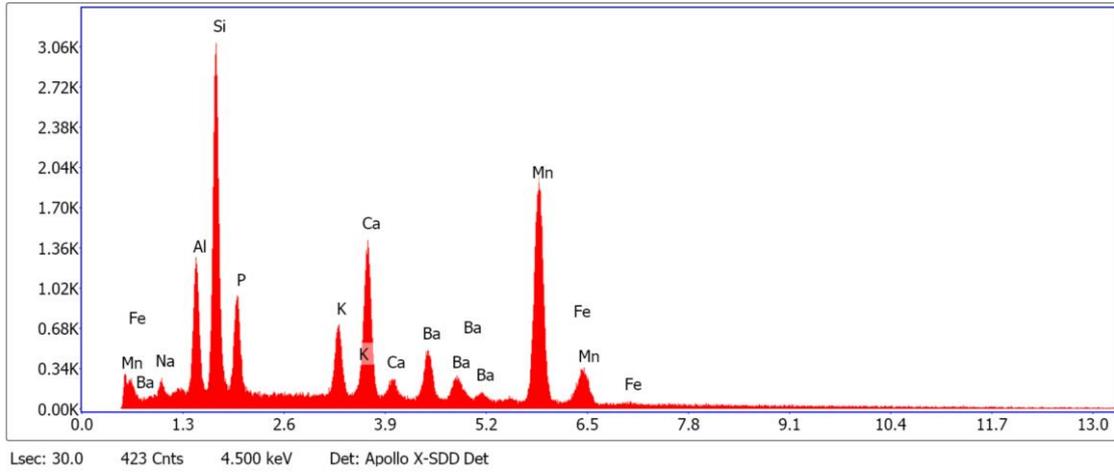
Amostra MPM-451 – Área 1



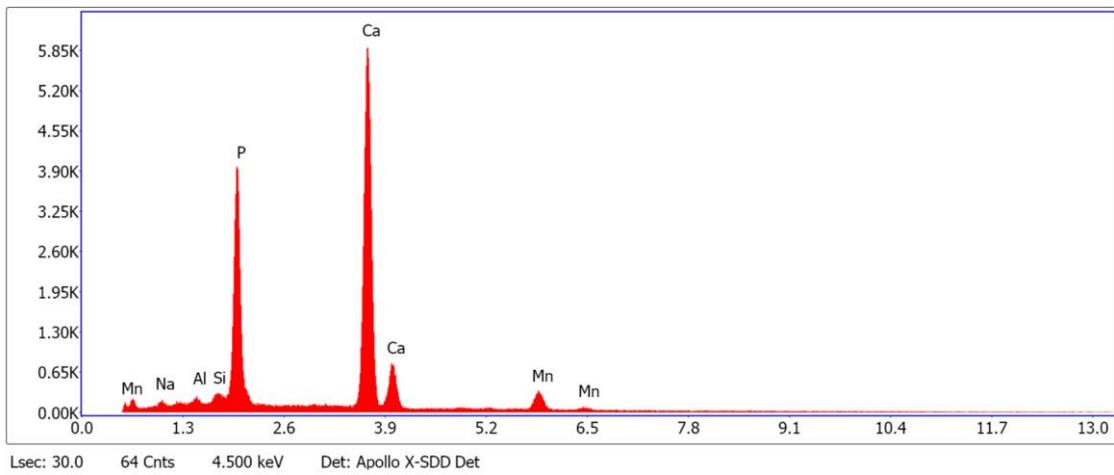
EDS Spot 1



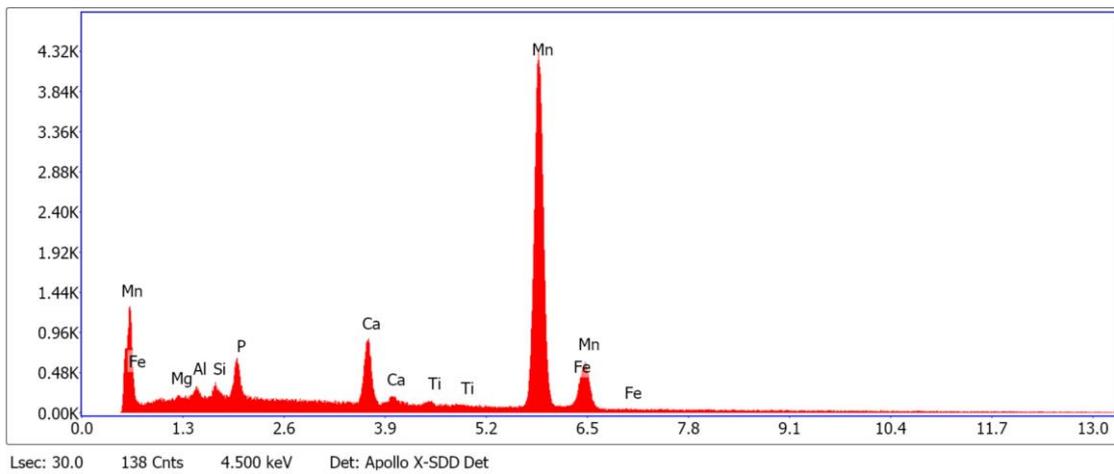
EDS Spot 2



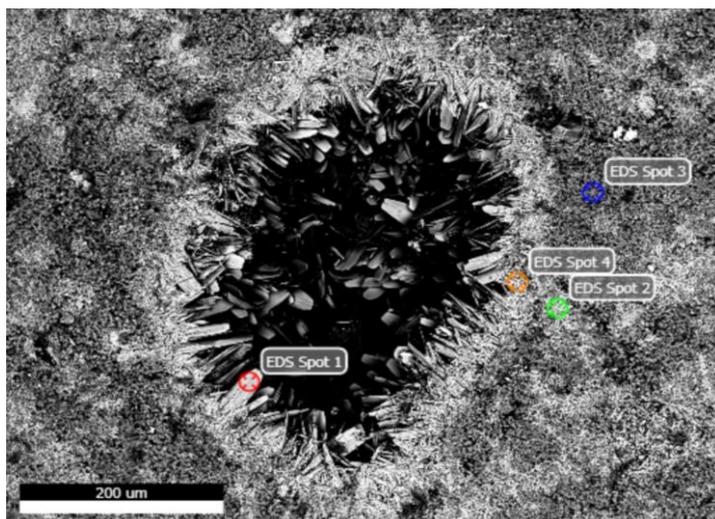
EDS Spot 3



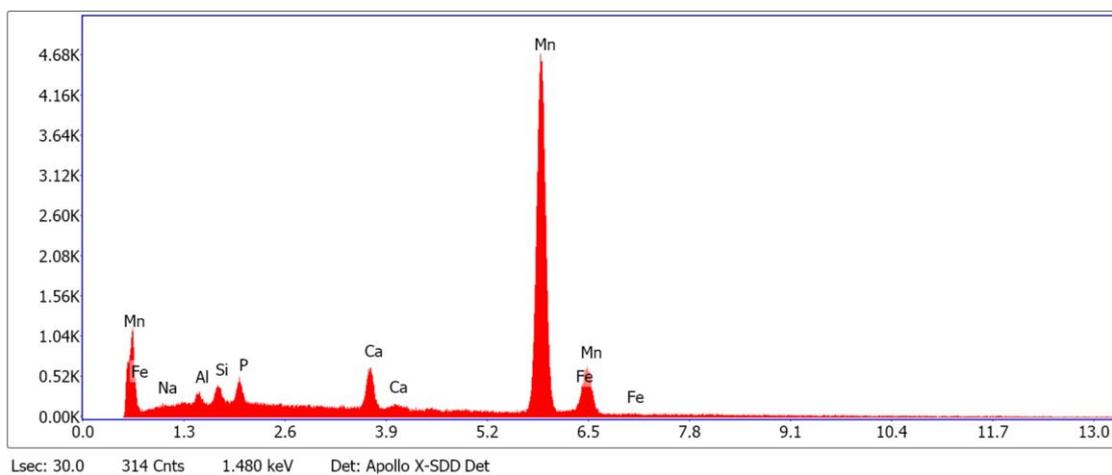
EDS Spot 4



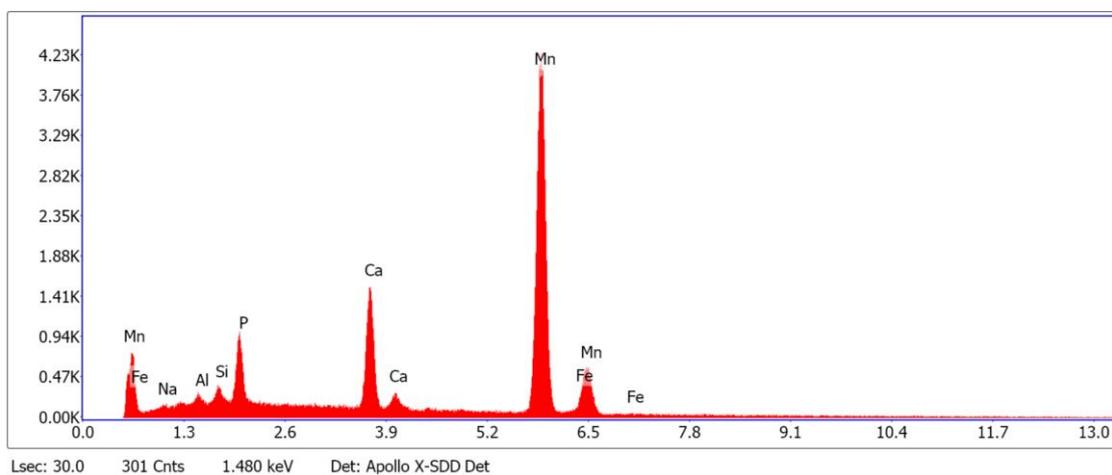
EDS Spot 5



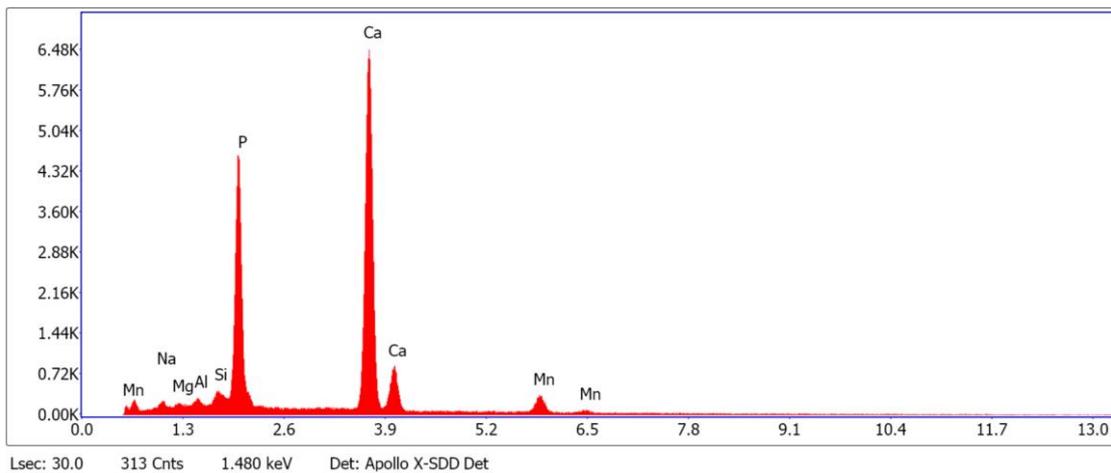
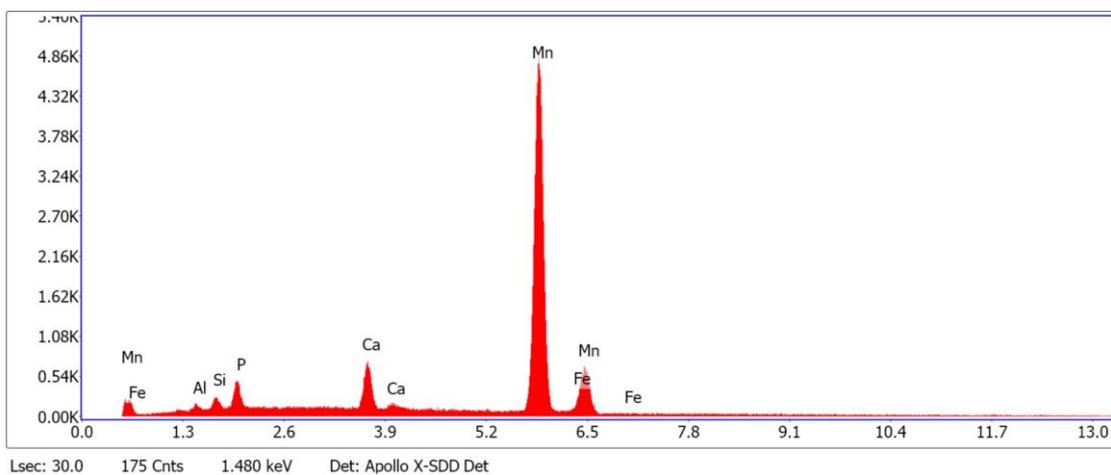
Amostra MPM-451 – Área 2

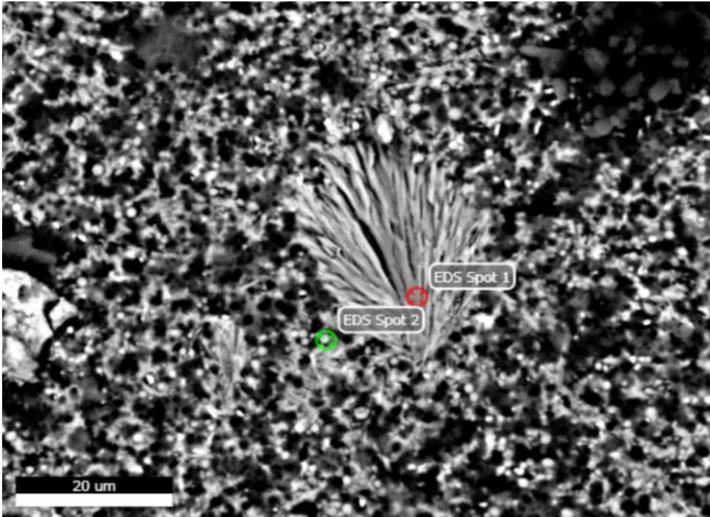


**EDS Spot 1**

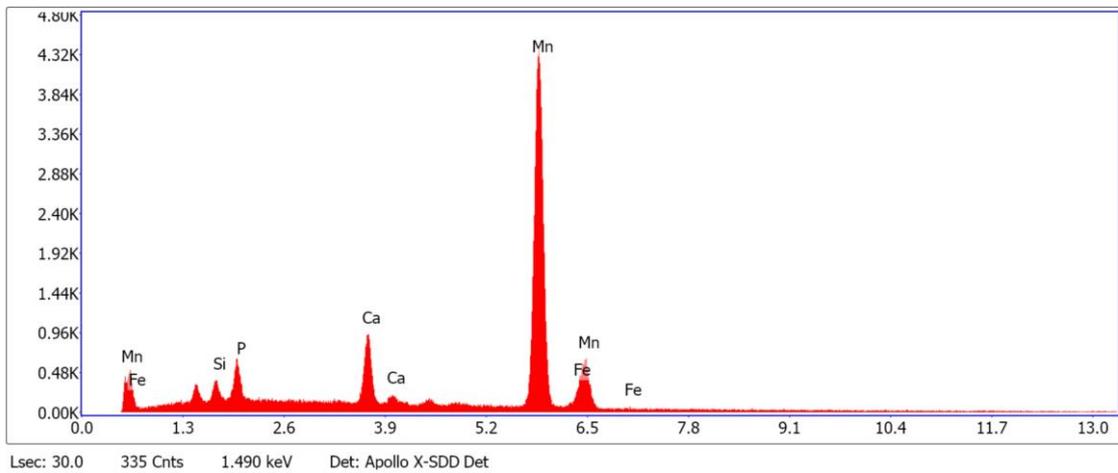


**EDS Spot 2**

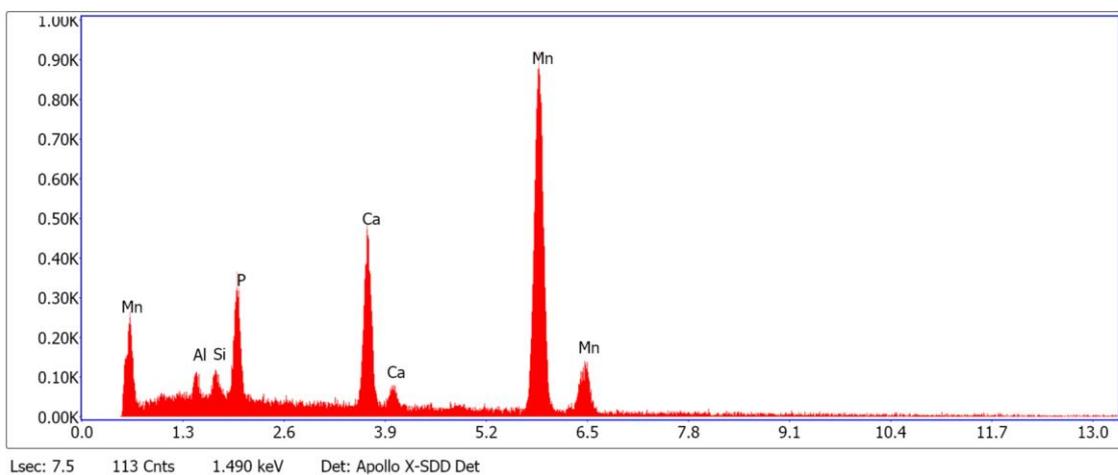
**EDS Spot 3****EDS Spot 4**



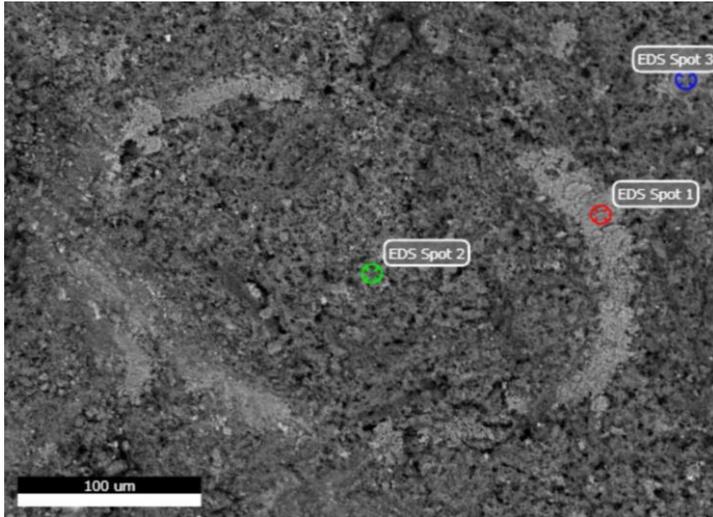
Amostra MPM-451 – Área 3



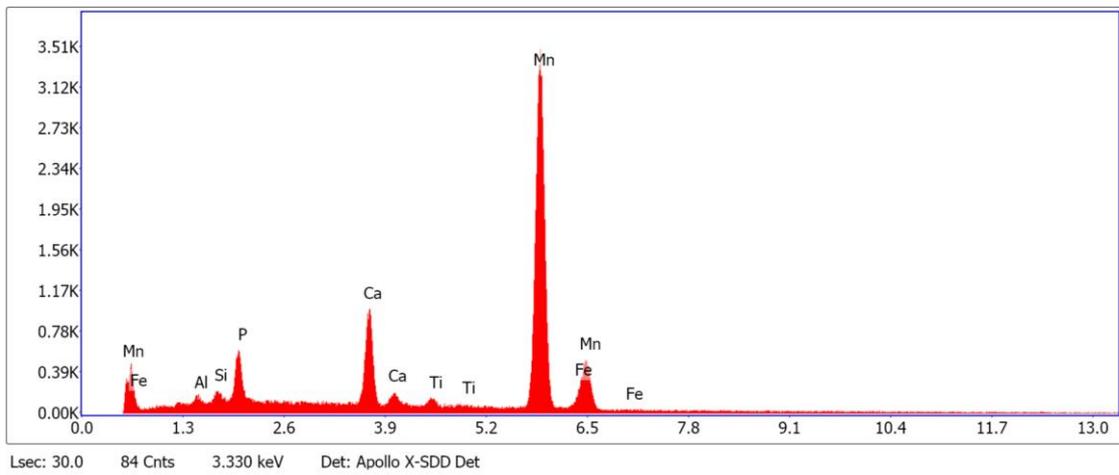
**EDS Spot 1**



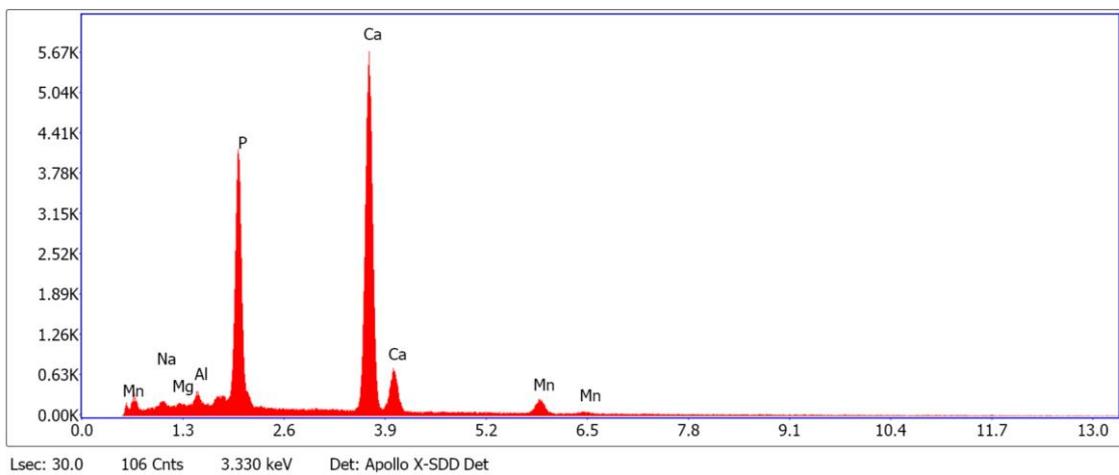
**EDS Spot 2**



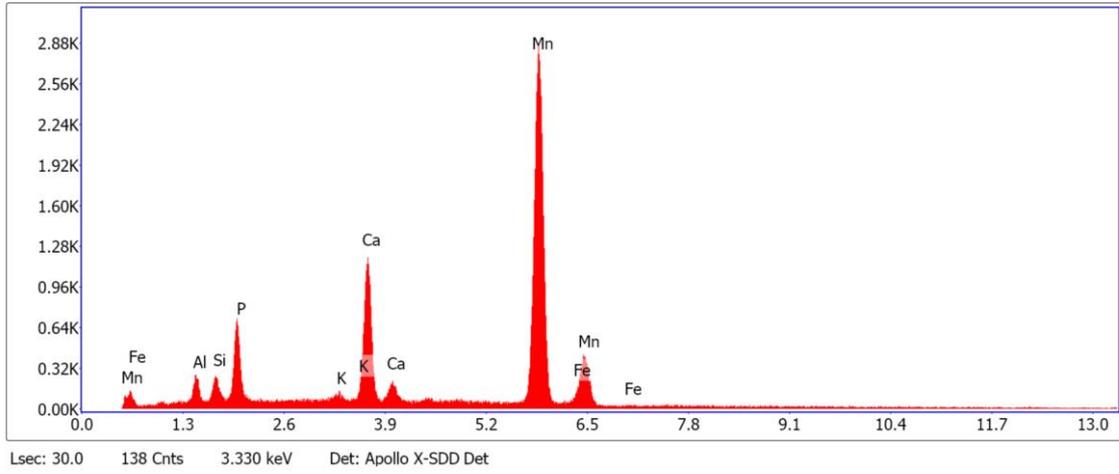
Amostra MPMA-08-0074-14 – Área 1

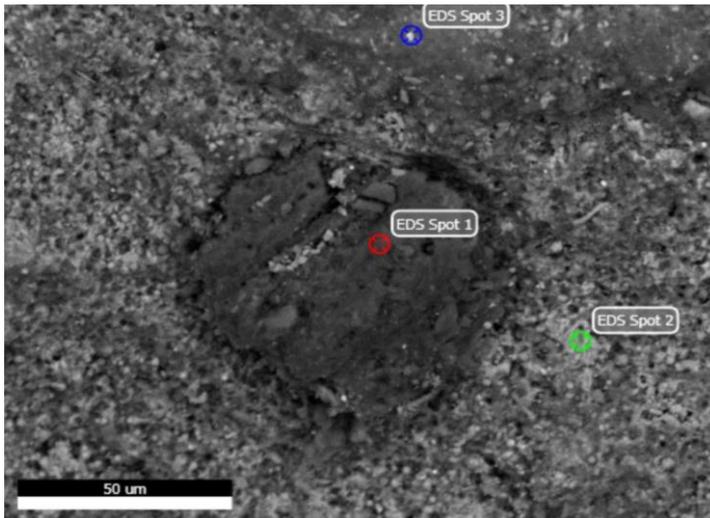


**EDS Spot 1**

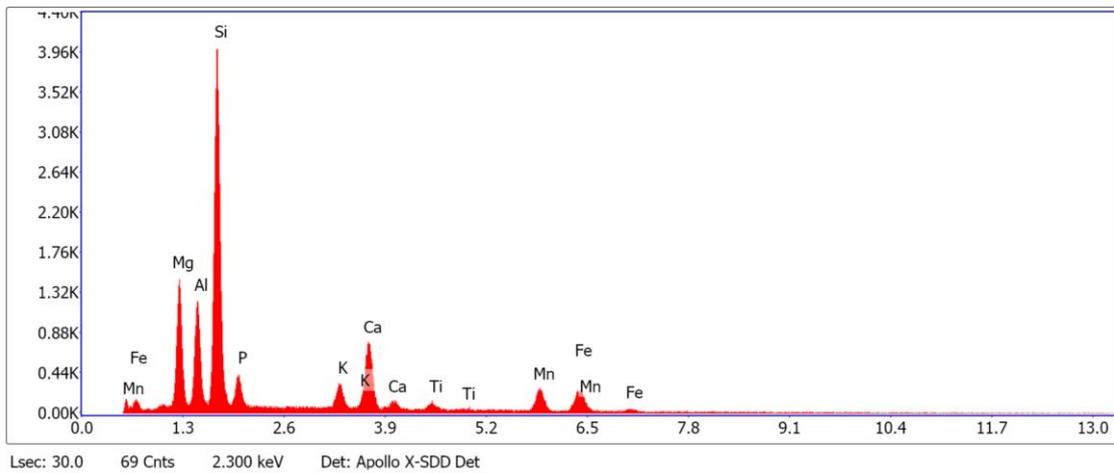


**EDS Spot 2**

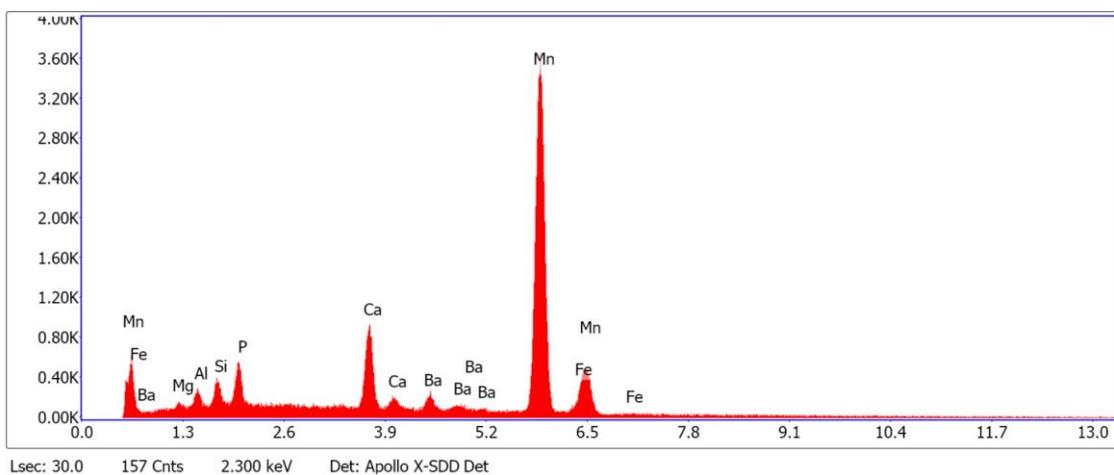
**EDS Spot 3**



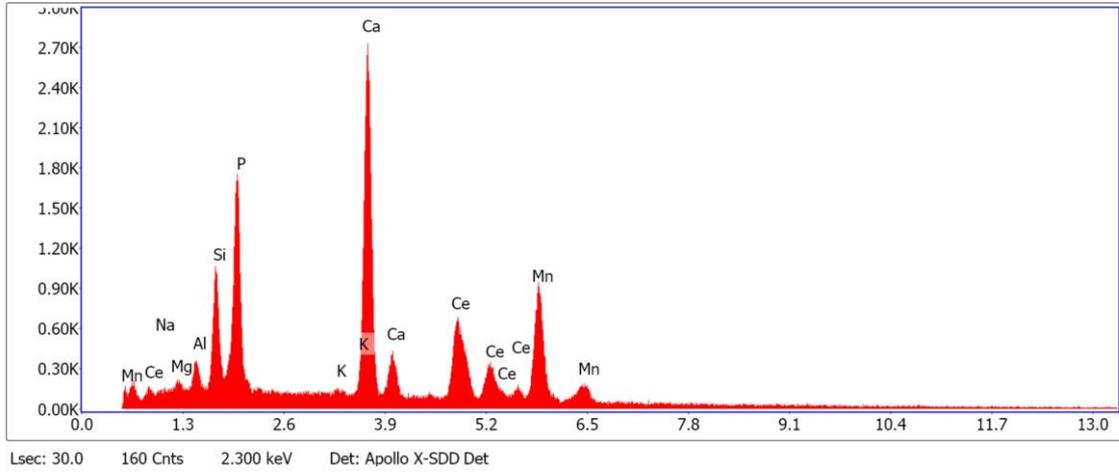
Amostra MPMA-08-0074-14 – Área 2

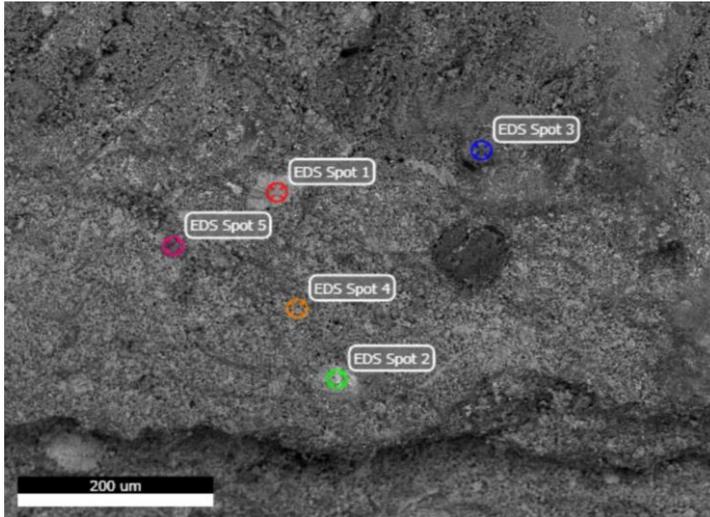


**EDS Spot 1**

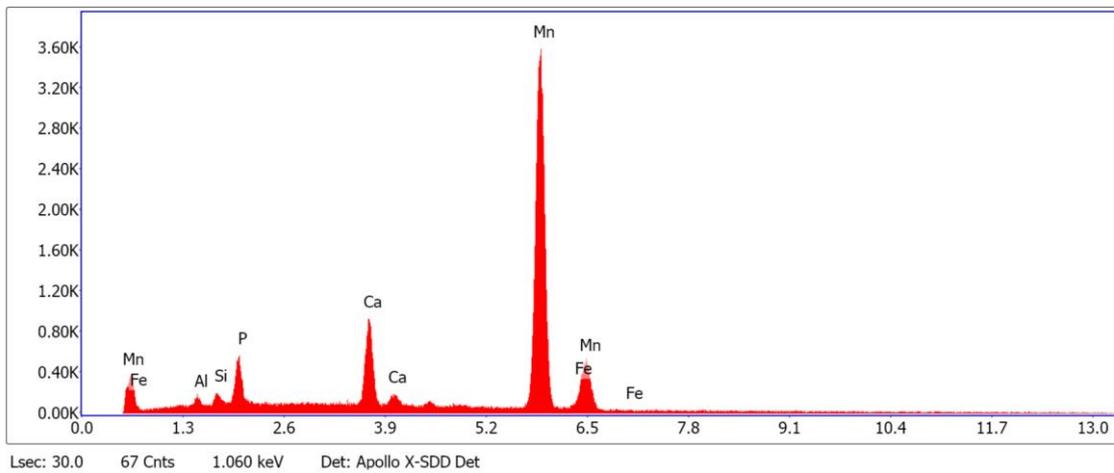


**EDS Spot 2**

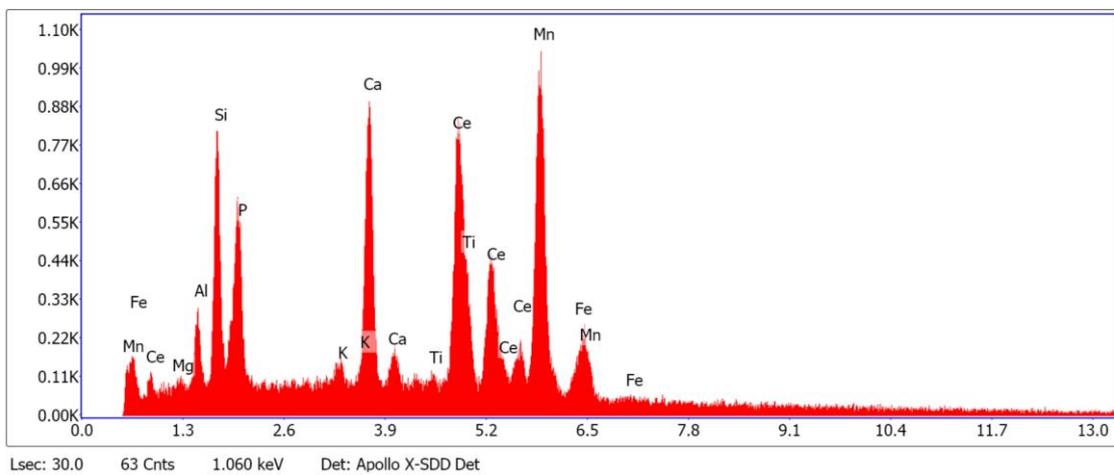
**EDS Spot 3**



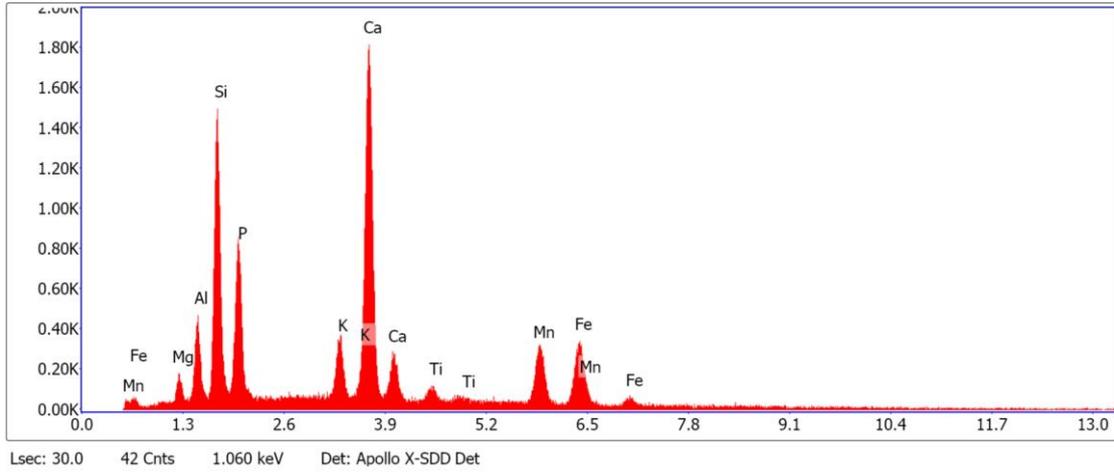
Amostra MPMA-08-0074-14 – Área 3



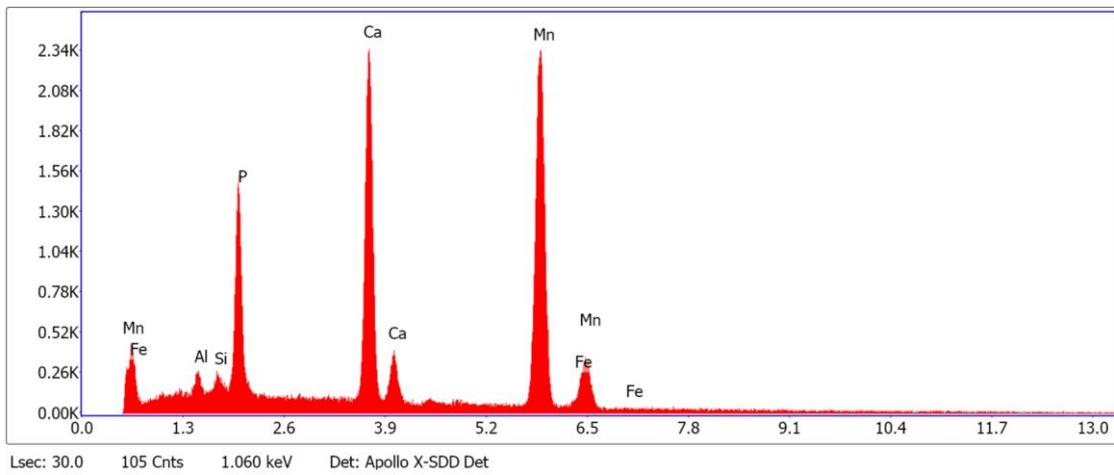
EDS Spot 1



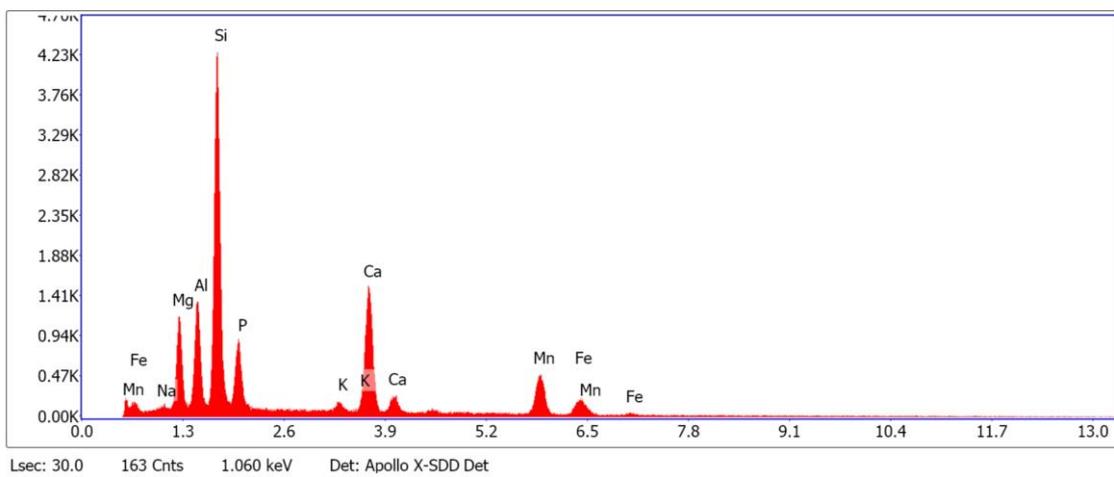
EDS Spot 2



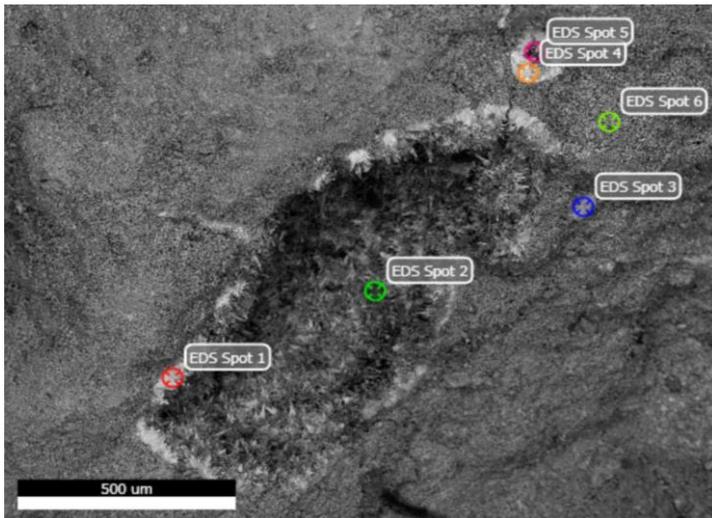
EDS Spot 3



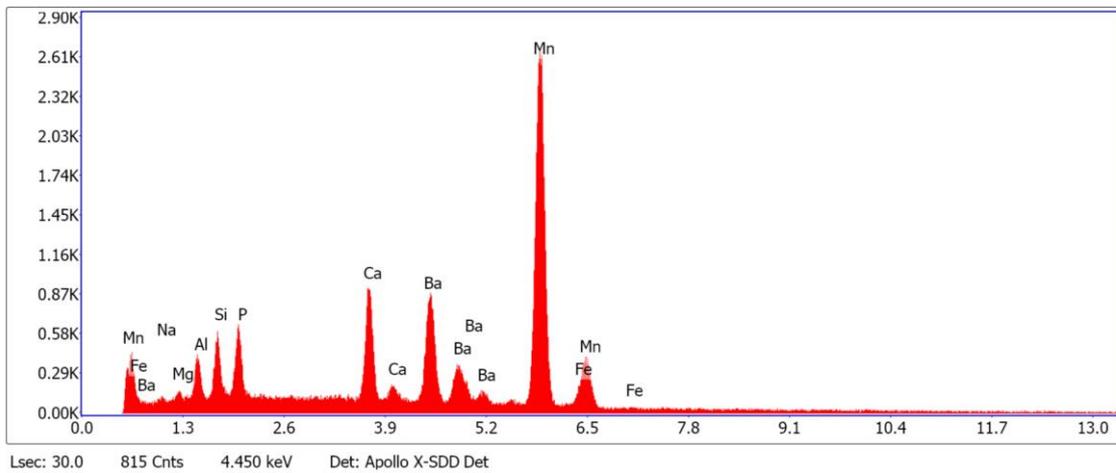
EDS Spot 4



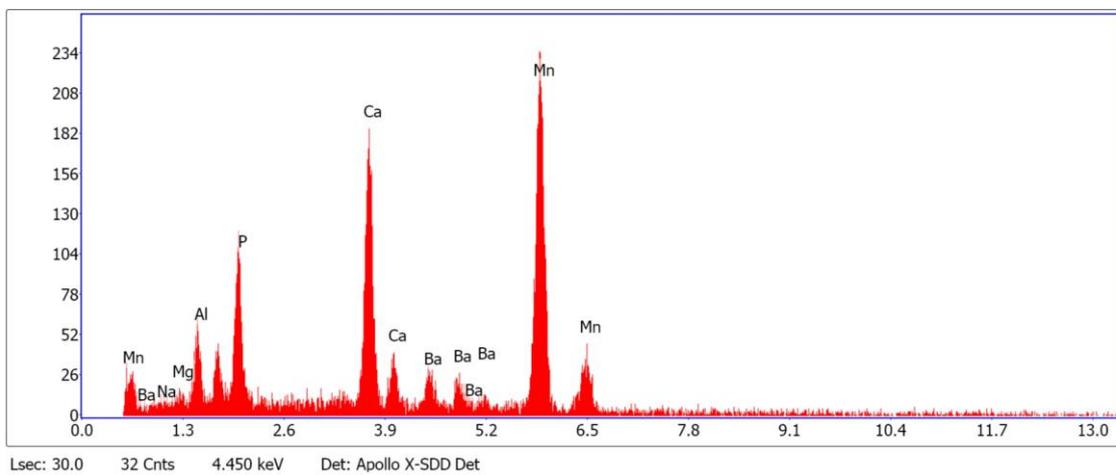
EDS Spot 5



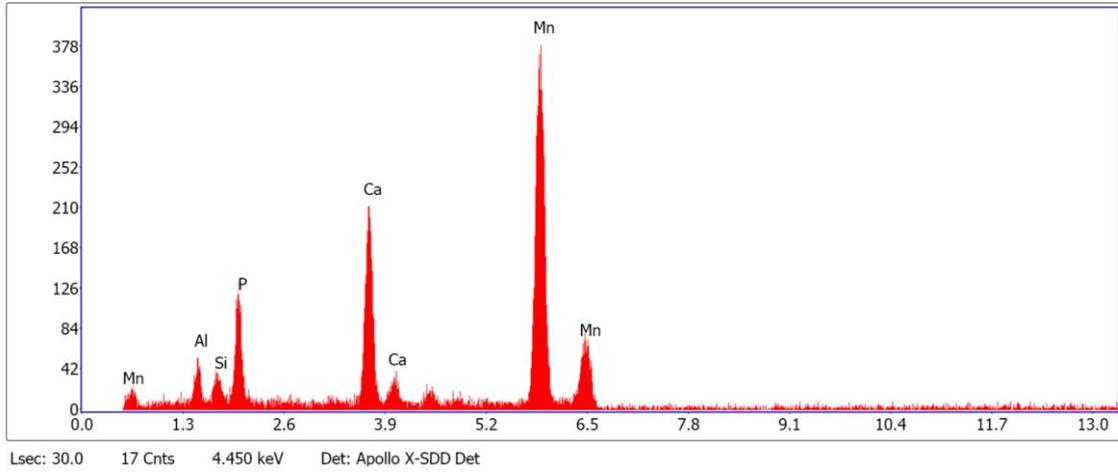
Amostra MPMA-08-0074-14 – Área 4



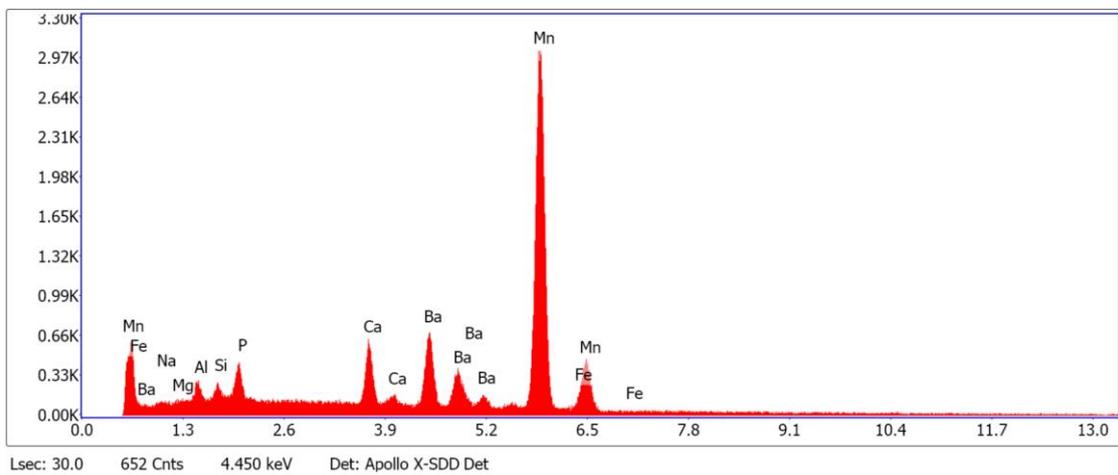
EDS Spot 1



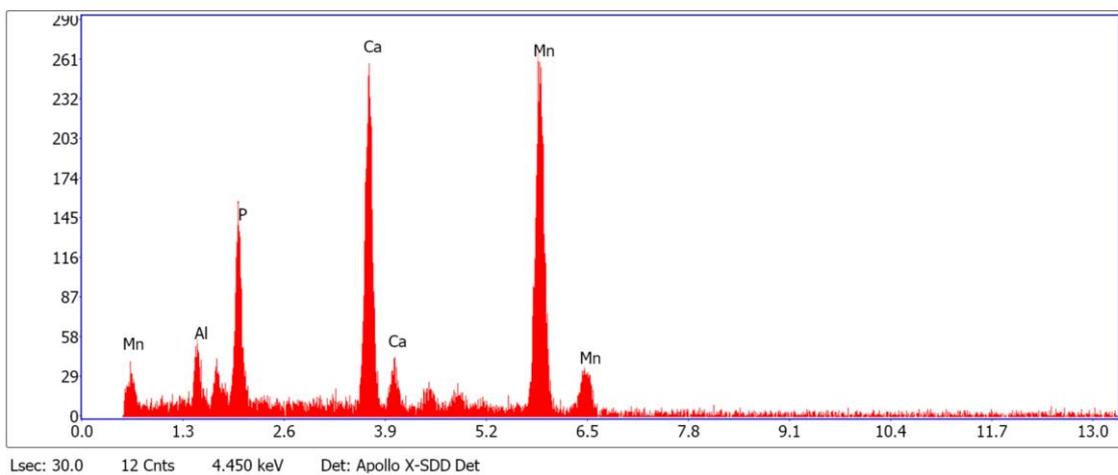
EDS Spot 2



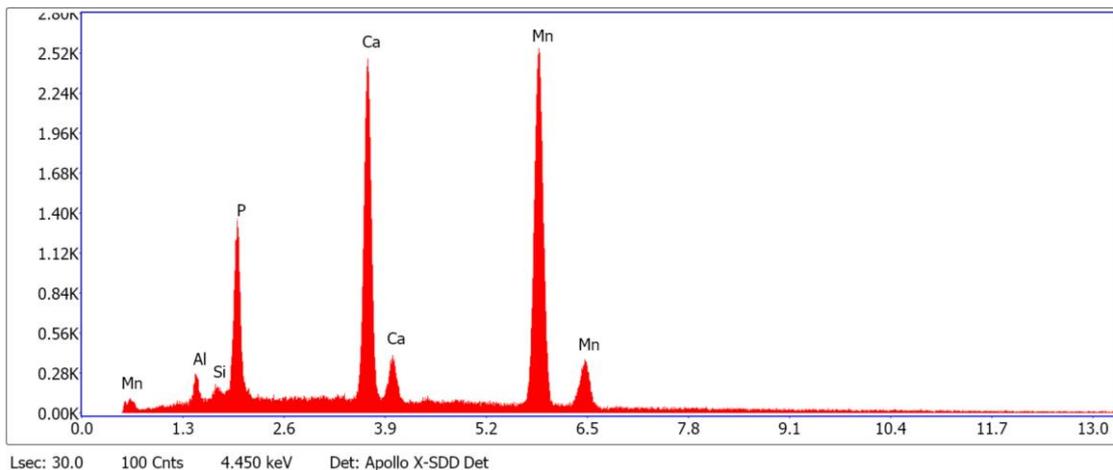
EDS Spot 3



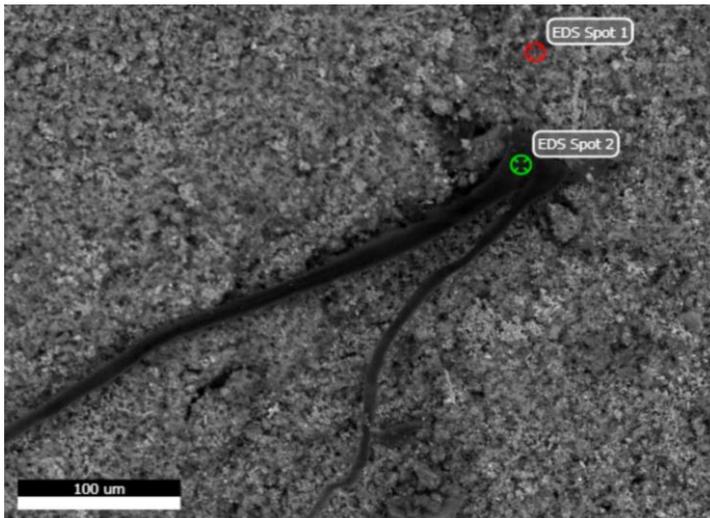
EDS Spot 4



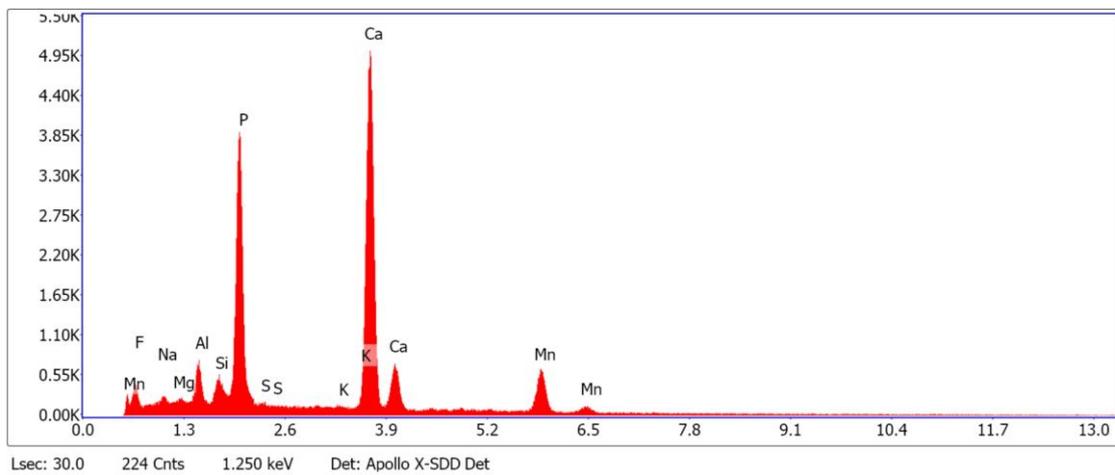
EDS Spot 5



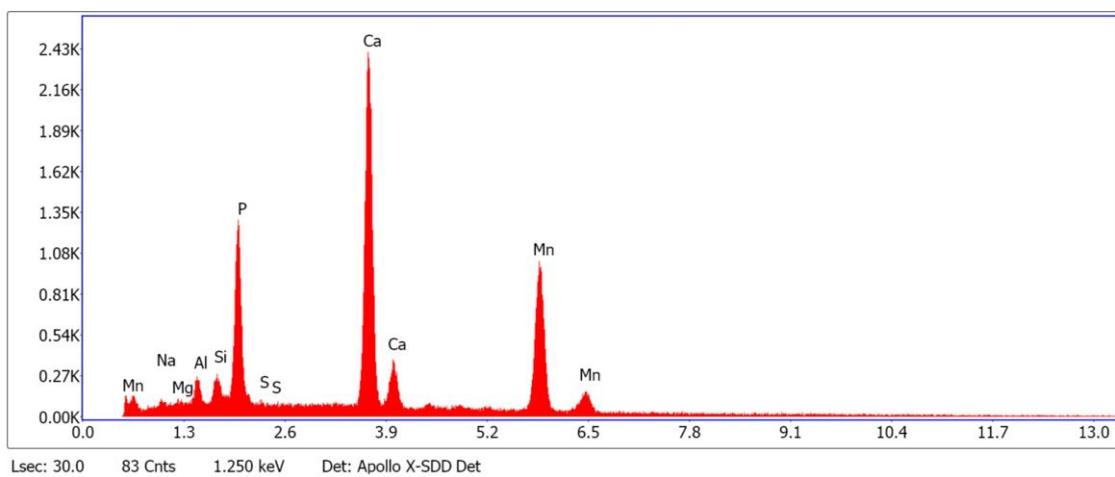
**EDS Spot 6**



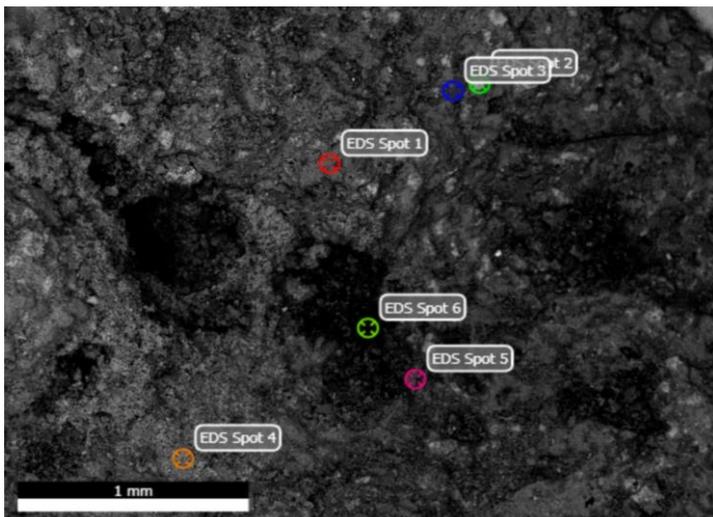
Amostra MPMA-08-0074-14 – Área 5



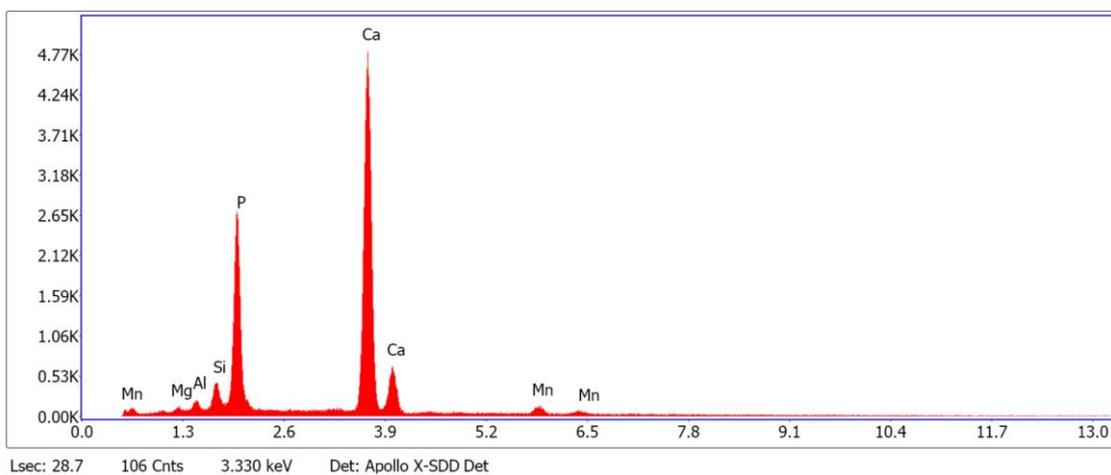
**EDS Spot 1**



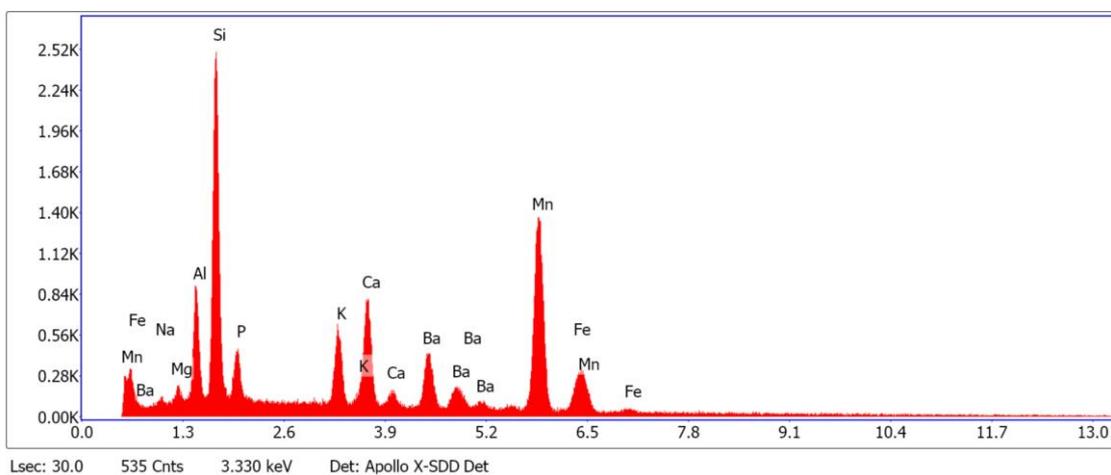
**EDS Spot 2**



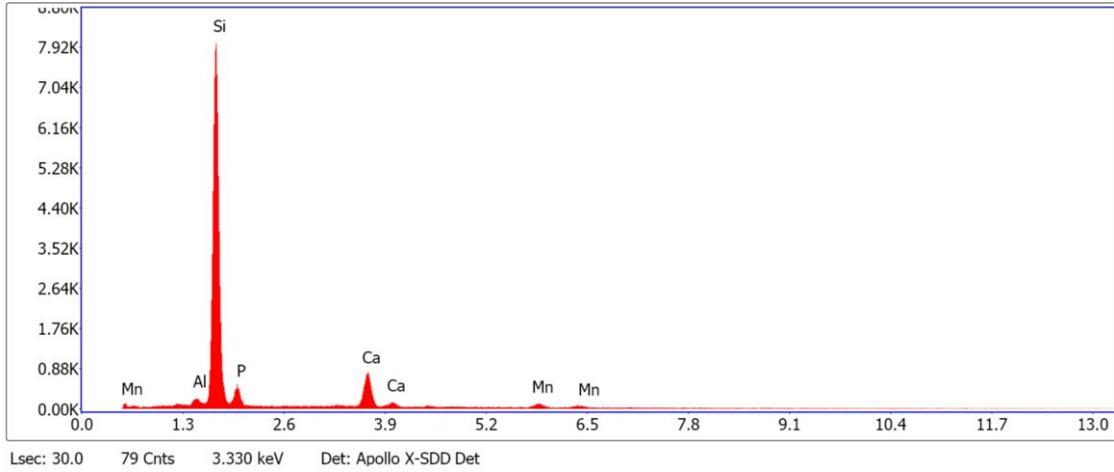
Amostra MPMA-08-0075-14 – Área 1



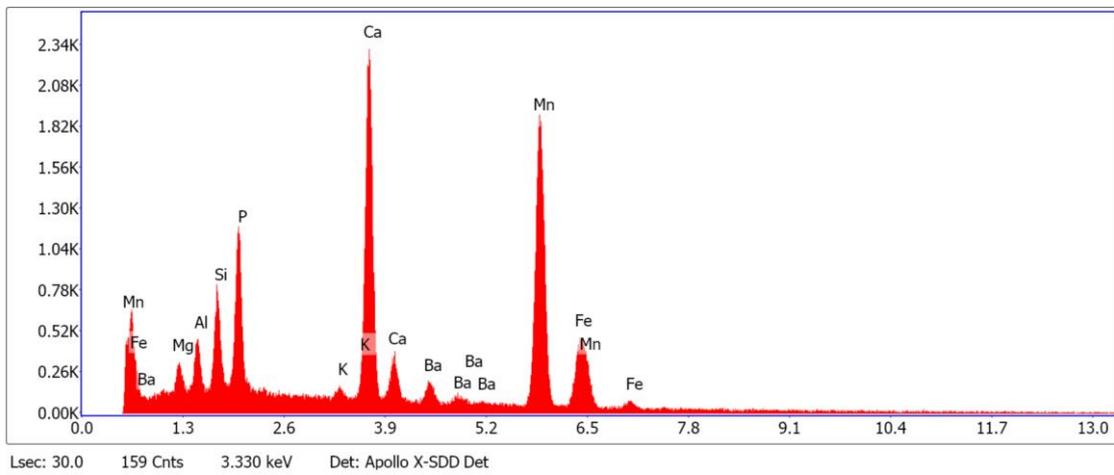
EDS Spot 1



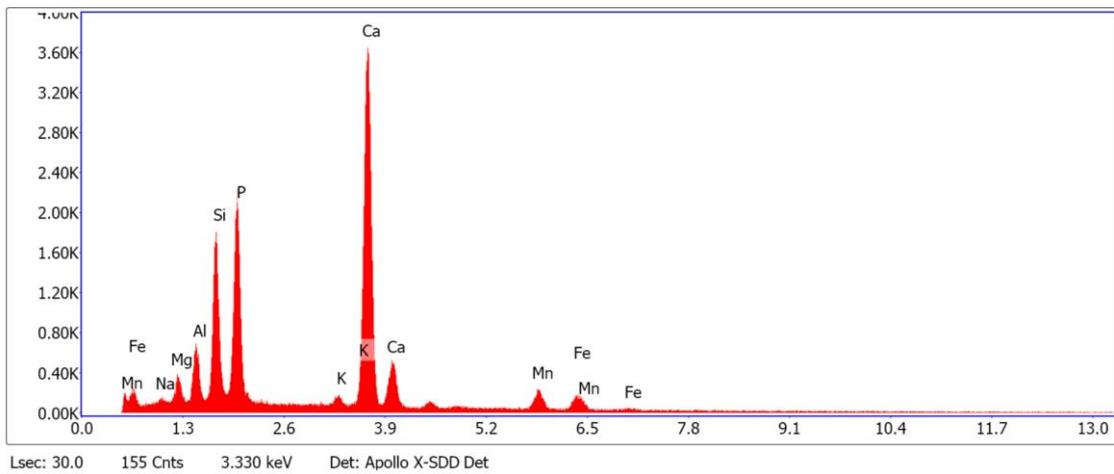
EDS Spot 2



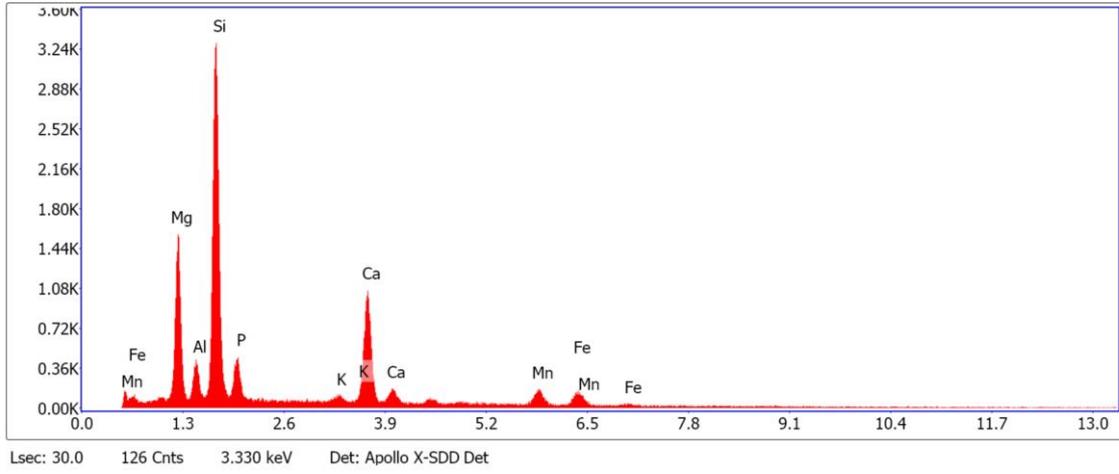
EDS Spot 3

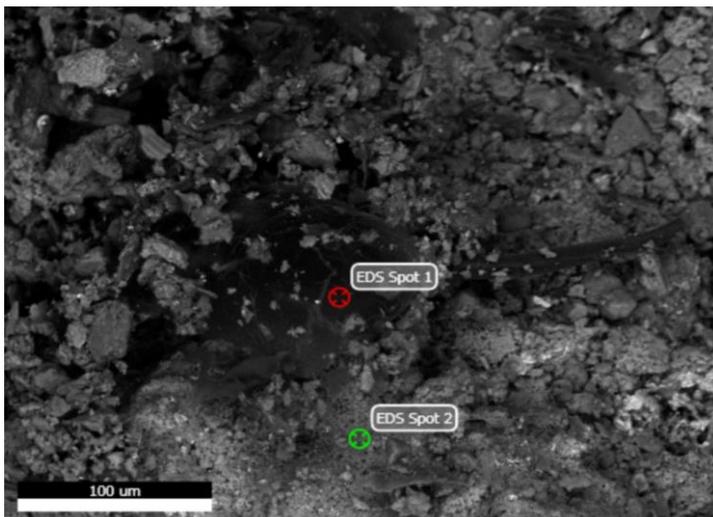


EDS Spot 4

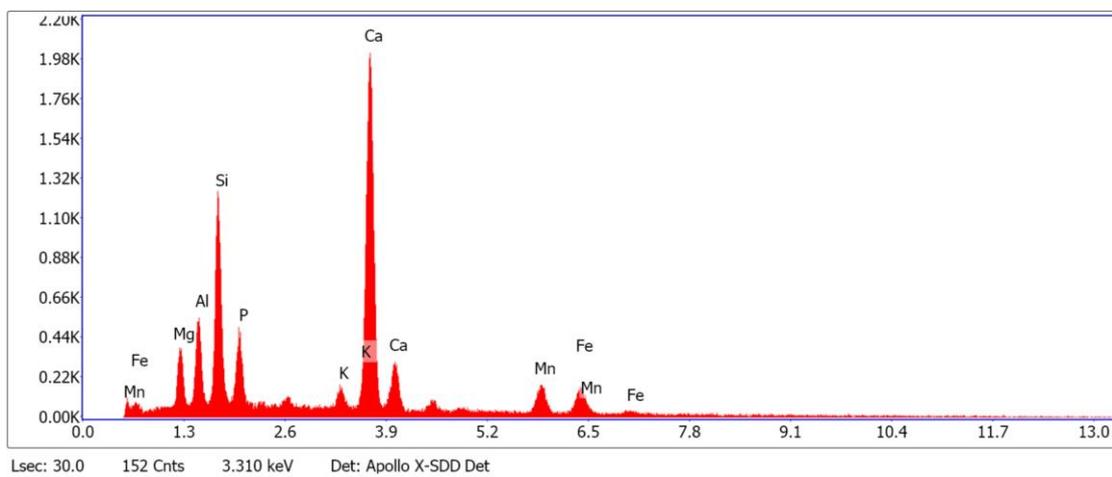


EDS Spot 5

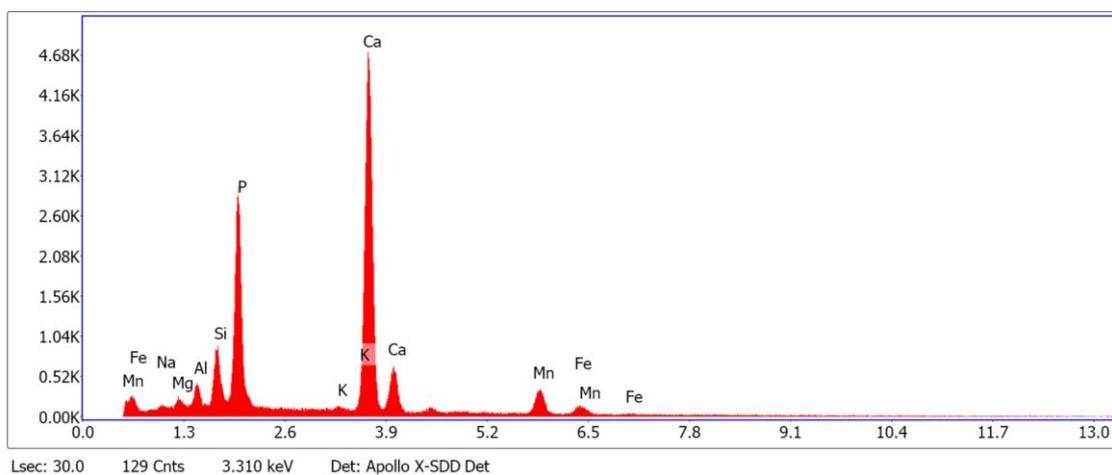
**EDS Spot 6**



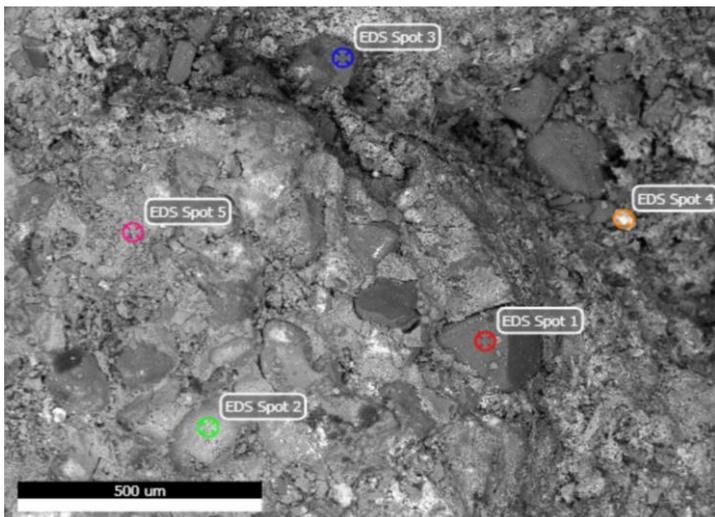
Amostra MPMA-08-0074-14 – Área 2



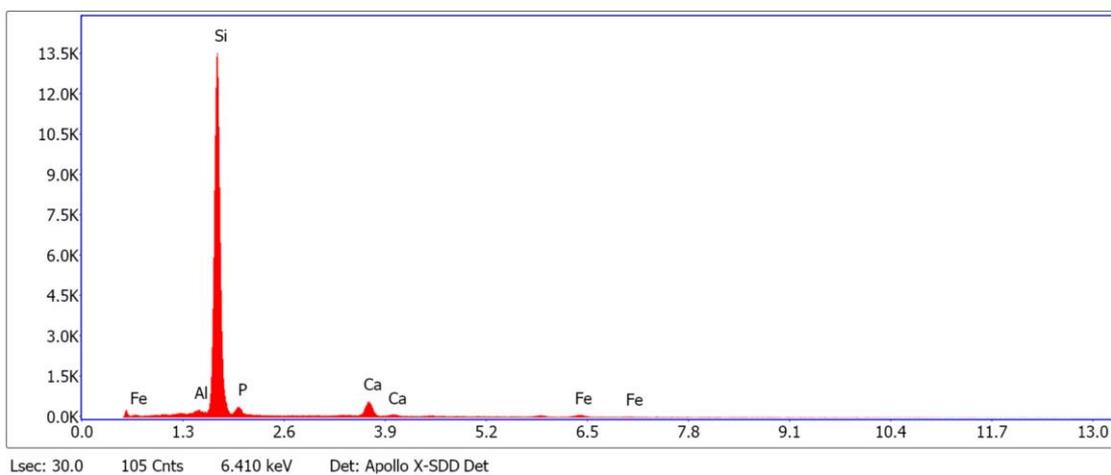
**EDS Spot 1**



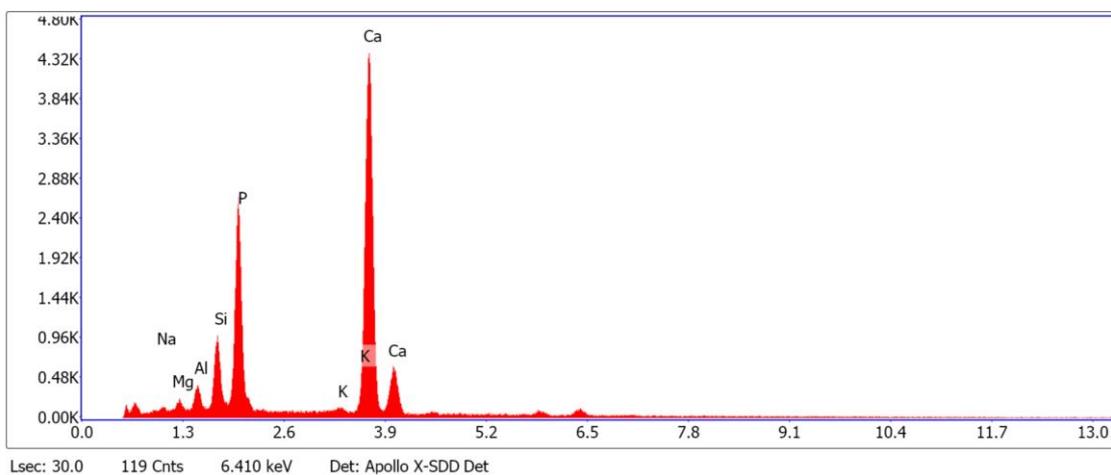
**EDS Spot 2**



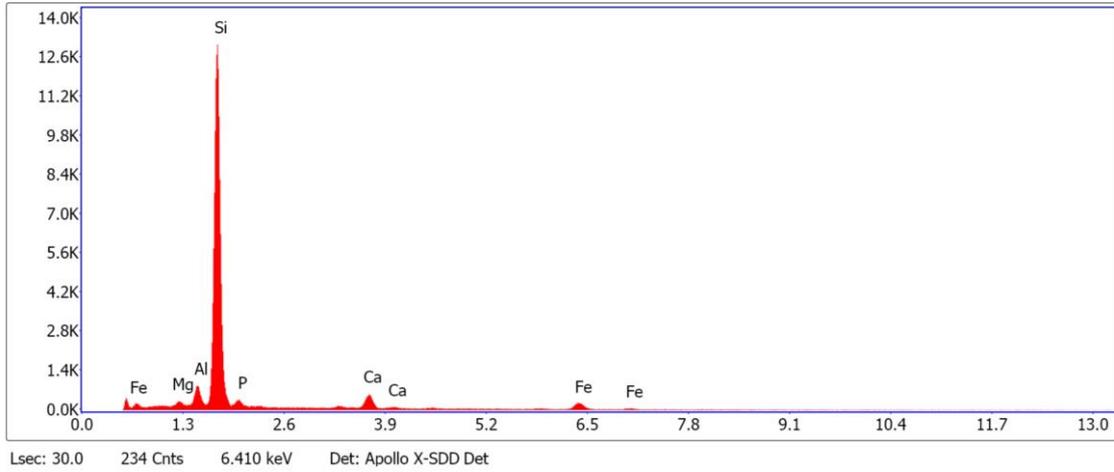
Amostra MPMA-08-0074-14 – Área 3



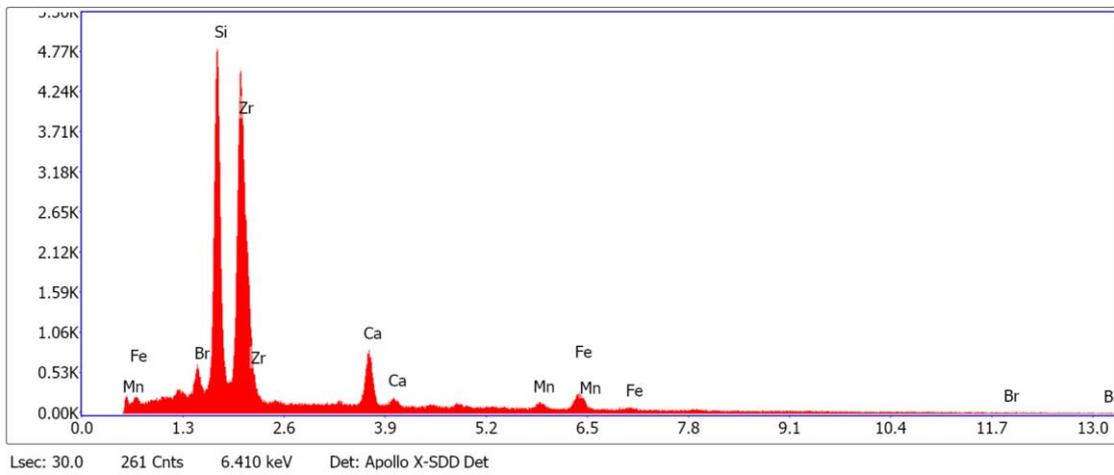
EDS Spot 1



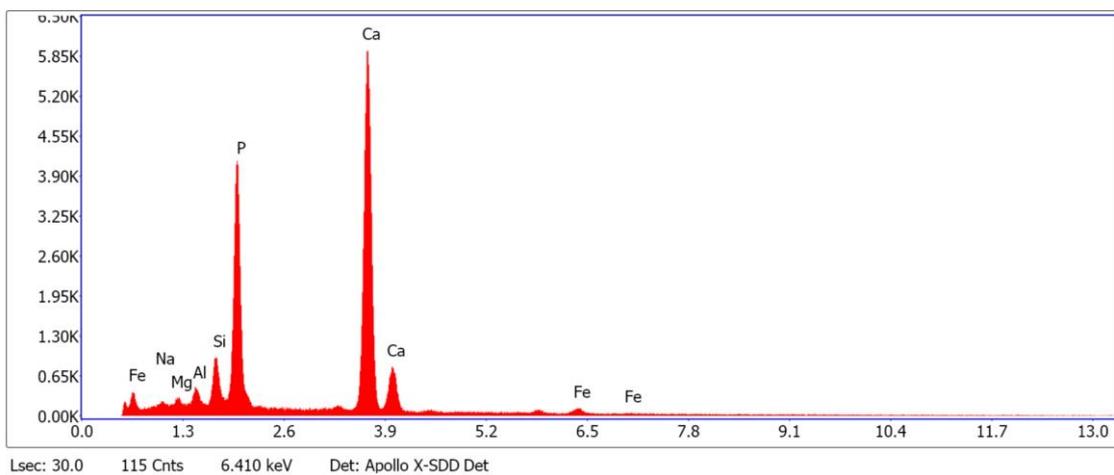
EDS Spot 2



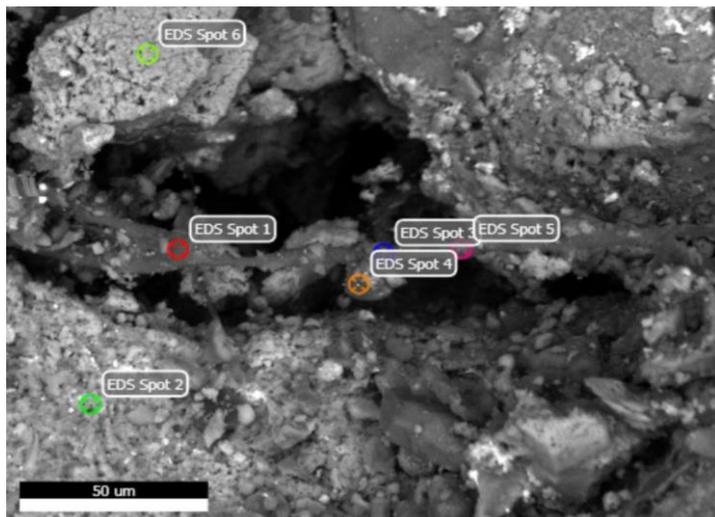
EDS Spot 3



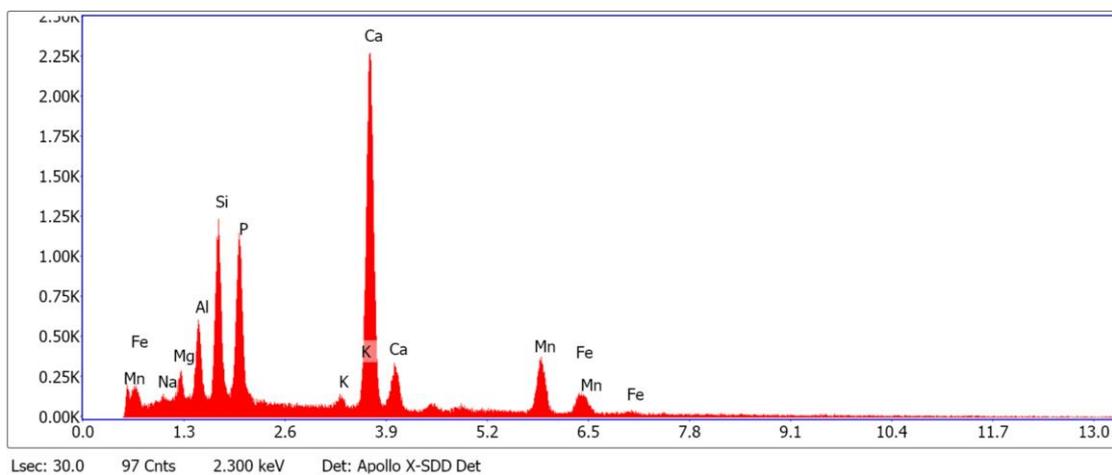
EDS Spot 4



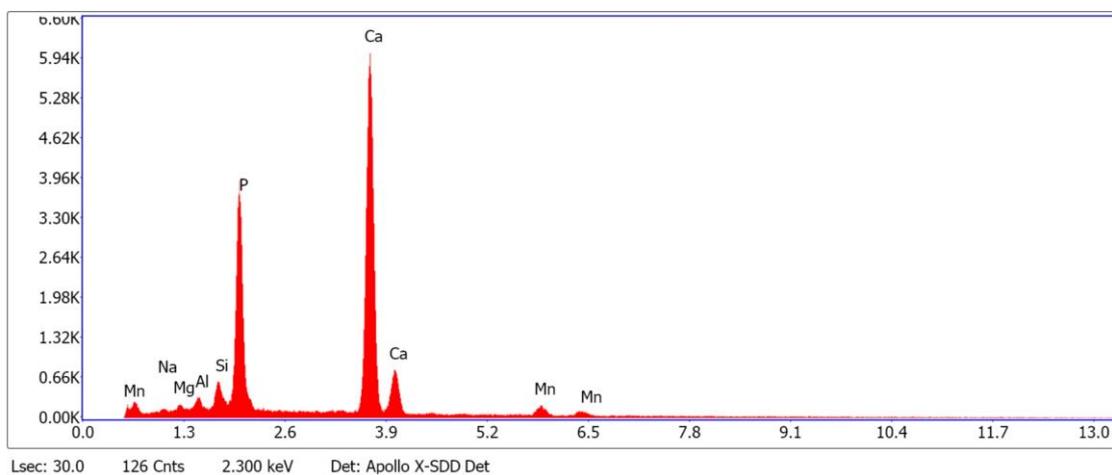
EDS Spot 5



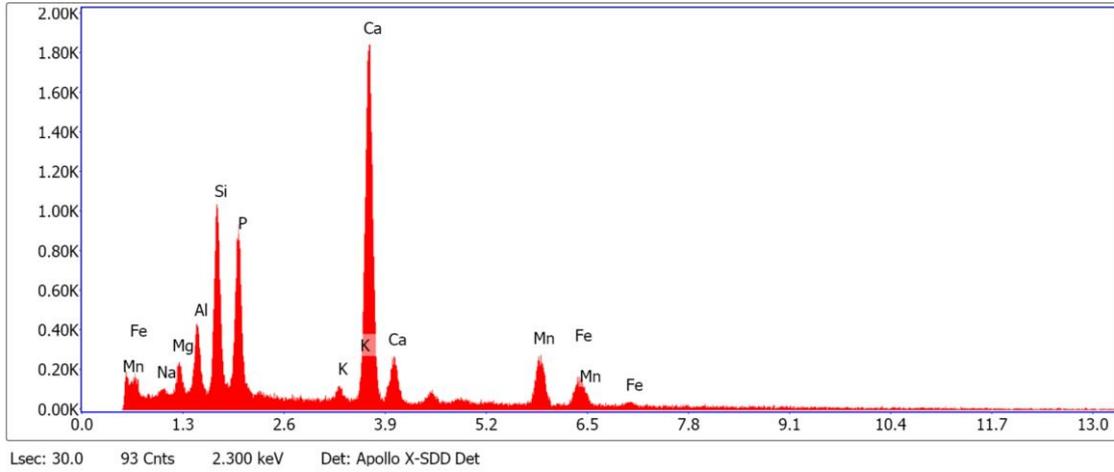
Amostra MPMA-08-0074-14 – Área 4



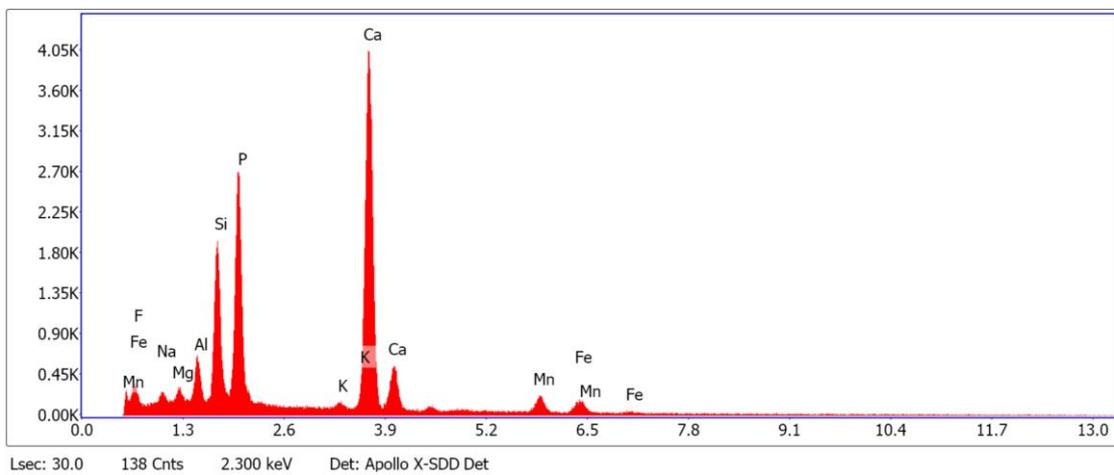
**EDS Spot 1**



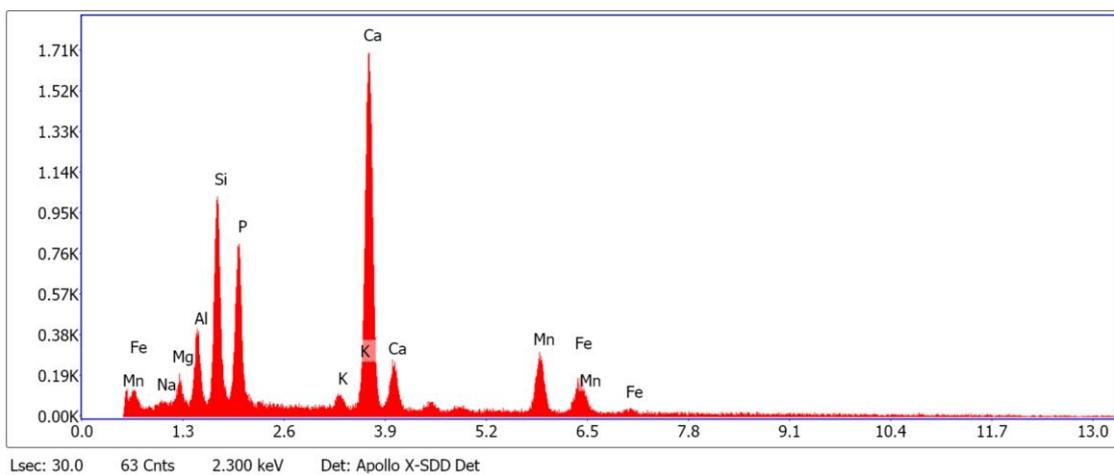
**EDS Spot 2**



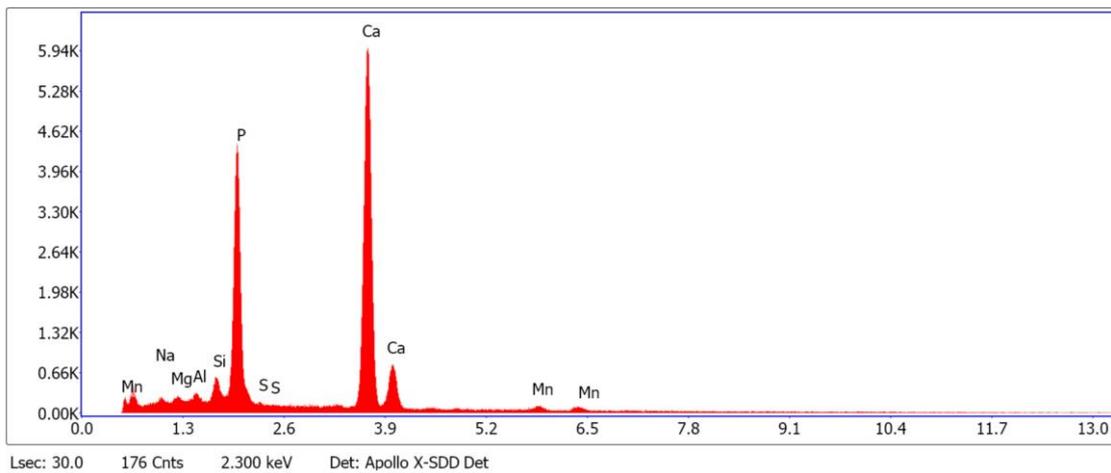
EDS Spot 3



EDS Spot 4



EDS Spot 5



Lsec: 30.0 176 Cnts 2.300 keV Det: Apollo X-SDD Det

**EDS Spot 6**

**Material Suplementar 3 – Parâmetros físicos dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), analisados neste estudo.**

<b>Amostra</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Volume (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>
FUP-142	2,80	2,33	7,32	-	-	-
FUP-143	1,09	0,61	1,92	0,39	0,60	0,65
FUP-144	1,56	1,44	4,52	1,90	1,30	1,46
FUP-145	1,92	1,25	3,93	2,33	1,50	1,55
FUP-146	1,66	1,11	3,49	0,53	0,80	0,66
FUP-147	2,38	2,01	6,31	-	-	-
FUP-148	1,60	1,41	4,43	1,48	1,20	1,23
FUP-149	1,73	1,62	5,09	-	-	-
FUP-150	4,13	2,01	6,31	8,39	5,35	1,57
FUP-151	3,30	1,95	6,13	2,99	2,90	1,03
FUP-152	2,05	1,89	5,94	2,31	2,00	1,16
FUP-153	2,92	1,88	5,91	7,56	5,80	1,30
FUP-154	1,81	1,52	4,78	1,39	1,10	1,26
FUP-155	1,28	0,62	1,95	0,26	0,20	1,30
FUP-156	5,54	2,46	7,73	19,72	15,00	1,31
FUP-157	1,78	1,71	5,37	1,68	1,50	1,12
FUP-158	2,93	2,08	6,53	7,12	5,20	1,37
FUP-159	1,44	1,33	4,18	1,42	0,90	1,58
FUP-160	1,96	1,92	6,03	4,88	3,00	1,63
FUP-161	2,11	1,57	4,93	5,49	3,50	1,57
FUP-162	2,51	1,39	4,37	-	-	-
FUP-163	3,16	2,17	6,82	9,76	6,00	1,63
FUP-164	2,95	1,37	4,30	5,16	3,80	1,36
FUP-165	1,63	1,00	3,14	0,65	0,60	1,08
FUP-166	1,63	0,83	2,61	1,24	0,90	1,38
FUP-167	1,33	1,07	3,36	-	-	-
FUP-168	1,91	1,35	4,24	-	-	-
FUP-169	1,43	1,01	3,17	-	-	-
FUP-170	2,09	1,89	5,94	3,26	2,90	1,12
FUP-171	3,56	1,68	5,28	6,04	4,60	1,31
FUP-172	2,24	1,41	4,43	4,26	2,70	1,58
FUP-173	4,53	2,42	7,60	26,83	14,00	1,92

<b>Amostra</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Volume (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>
FUP-174	1,84	1,84	5,78	2,34	2,50	0,94
FUP-175	1,47	0,58	1,82	0,25	0,30	0,83
FUP-176	2,10	1,80	5,65	-	-	-
FUP-177	2,00	0,94	2,95	-	-	-
FUP-178	1,96	1,58	4,96	1,75	1,70	1,03
FUP-179	3,48	2,81	8,83	-	-	-
FUP-180	3,44	2,65	8,33	-	-	-
FUP-181	1,68	1,20	3,77	-	-	-
FUP-182	1,30	1,66	5,22	1,73	1,90	0,91
MPM-450	8,12	4,02	12,63	31,87	20,00	1,59
MPM-451	6,81	4,54	14,26	66,52	33,00	2,02
MPM-452	6,00	2,38	7,48	37,55	21,00	1,79
MPM-453	3,75	3,06	9,61	24,18	12,00	2,02
MPM-454	5,75	3,93	12,35	53,52	30,00	1,78
MPM-455	2,58	2,19	6,88	14,84	6,00	2,47
MPM-456	4,32	2,51	7,89	24,45	10,20	2,40
MPM-457	4,45	2,10	6,60	20,94	9,00	2,33
MPM-458	3,46	1,87	5,87	11,94	6,10	1,96
MPM-459	4,96	1,81	5,69	16,81	8,00	2,10
MPM-460	4,10	2,09	6,57	14,84	6,10	2,43
MPM-461	3,31	1,75	5,50	6,58	6,00	1,10
MPM-462	3,36	2,22	6,97	13,24	7,00	1,89
MPM-463	6,53	2,30	7,23	36,21	18,00	2,01
MPM-464	3,10	2,50	7,85	16,83	8,30	2,03
MPM-465	4,82	2,25	7,07	23,68	10,30	2,30
MPM-466	5,05	1,75	5,50	19,46	9,20	2,12
MPM-467	2,57	2,17	6,82	11,01	4,10	2,69
MPM-468	3,40	2,70	8,48	32,12	140	2,29
MPM-469	3,34	1,57	4,93	7,74	4,00	1,94
MPM-470	1,26	2,41	7,57	6,34	4,20	1,51
MPM-471	2,32	1,94	6,09	10,00	5,00	2,00
MPM-472	3,19	1,75	5,50	11,34	5,00	2,27
MPM-473	2,30	1,88	5,91	7,60	4,20	1,81
MPM-474	2,57	2,27	7,13	14,28	6,00	2,38
MPM-475	1,91	1,30	4,08	4,28	1,90	2,25
MPM-476	2,12	1,47	4,62	4,15	2,50	1,66
MPM-477	2,23	1,52	4,78	5,58	2,80	1,99

<b>Amostra</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Volume (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>
MPM-478	2,54	1,97	6,19	6,51	3,80	1,71
MPM-479	-	-	-	-	-	-
MPM-480	2,55	0,92	2,89	3,18	2,10	1,51
MPM-481	1,45	0,65	2,04	0,99	0,80	1,24
MPM-482	1,95	1,03	3,24	0,46	0,30	1,53
MPM-483	1,27	0,61	1,92	0,45	0,30	1,50
MPM-484	2,58	1,53	4,81	-	-	-
MPM-485	2,04	1,18	3,71	-	-	-
MPM-486	2,00	1,26	3,96	-	-	-
MPM-487	2,39	1,37	4,30	-	-	-
MPMA-07-0013-01	2,10	2,44	7,67	10,71	6,00	1,79
MPMA-08-0073-14	2,83	3,42	10,74	39,49	20,00	1,97
MPMA-08-0074-14	2,47	2,38	7,48	10,29	5,00	2,06
MPMA-08-0075-14	1,79	1,48	4,65	2,08	1,00	2,08
MPMA-08-0076-14	2,13	2,30	7,23	13,45	7,00	1,92
MPMA-08-0077-14	2,13	1,71	5,37	6,05	3,20	1,89
MPMA-08-0078-14	2,51	1,52	4,78	3,90	2,10	1,86
MPMA-08-0079-14	2,00	1,69	5,31	2,69	2,50	1,08
MPMA-08-0080-14	2,81	1,72	5,40	5,99	4,00	1,50
MPMA-08-0081-14	1,80	1,66	5,22	4,26	2,50	1,70
MPMA-08-0082-14	1,64	1,38	4,34	3,14	2,00	1,57
MPMA-08-0083-14	1,94	1,781	5,60	5,14	3,00	1,71
MPMA-08-0084-14	1,66	1,70	5,34	2,99	2,90	1,03
MPMA-08-0085-14	2,40	1,83	5,75	6,09	3,50	1,74
MPMA-08-0086-14	2,73	1,62	5,09	8,43	4,20	2,01
MPMA-08-0087-14	1,98	1,60	5,03	5,77	3,00	1,92
MPMA-08-0088-14	5,00	2,55	8,01	33,75	20,00	1,69
MPMA-08-0089-14	3,51	2,47	7,76	15,76	8,10	1,95
MPMA-08-0090-14	3,40	1,67	5,25	7,55	4,90	1,54
MPMA-08-0091-14	2,08	1,92	6,03	5,63	4,10	1,37
MPMA-08-0092-14	3,30	2,13	6,69	10,40	7,00	1,49
MPMA-08-0093-14	3,23	2,94	9,24	18,19	13,00	1,40
MPMA-08-0094-14	3,55	2,60	8,17	13,31	10,90	1,22
MPMA-08-0095-14	3,03	3,39	10,65	29,11	19,00	1,53
MPMA-08-0096-14	3,83	2,22	6,97	23,43	9,50	2,47
MPMA-08-0097-14	1,91	1,82	5,72	5,19	3,00	1,73
MPMA-08-0098-14	2,40	1,97	6,19	7,68	4,90	1,57

<b>Amostra</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Volume (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>
MPMA-08-0099-14	2,60	2,07	6,50	10,28	4,90	2,10
MPMA-08-0100-14	1,75	1,49	4,68	3,69	2,00	1,85
MPMA-08-0101-14	2,10	1,79	5,62	6,25	4,00	1,56
MPMA-08-0102-14	4,15	1,92	6,03	9,33	4,00	2,33
MPMA-08-0103-14	2,74	1,39	4,37	3,68	2,30	1,60
MPMA-08-0104-14	2,83	2,53	7,95	13,34	7,90	1,69
MPMA-08-0105-14	2,83	1,85	5,81	6,74	3,50	1,93
MPMA-08-0106-14	3,24	1,85	5,81	15,69	6,90	2,27
MPMA-08-0107-14	3,80	2,36	7,41	15,75	9,20	1,71
MPMA-08-0108-14	1,77	1,71	5,37	5,68	3,20	1,78
MPMA-08-0109-14	1,96	1,83	5,75	6,74	2,80	2,41
MPMA-08-0110-14	3,70	1,76	5,53	11,10	5,20	2,13
MPMA-08-0111-14	2,15	2,14	6,72	7,34	4,00	1,84
MPMA-08-0112-14	2,00	1,15	3,61	2,25	1,50	1,50
MPMA-08-0113-14	3,38	1,62	5,09	8,17	5,10	1,60
MPMA-08-0114-14	3,36	1,77	5,56	7,19	5,00	1,44
MPMA-08-0115-14	1,91	1,14	3,58	3,35	2,00	1,68
MPMA-08-0116-03	3,20	2,27	7,13	15,96	8,00	2,00
MPMA-08-0117-03	4,39	3,07	9,64	42,59	20,00	2,13
MPMA-08-0118-03	3,07	1,75	5,50	8,84	5,00	1,77
MPMA-08-0119-03	3,04	2,60	8,17	19,48	10,00	1,95
MPMA-08-0120-03	3,37	1,57	4,93	10,05	5,00	2,01
MPMA-08-0121-03	2,57	1,78	5,59	5,80	4,50	1,29
MPMA-08-0122-03	2,62	1,95	6,13	8,10	5,00	1,62
MPMA-08-0123-03	3,07	2,93	9,20	23,95	10,00	2,40
MPMA-08-0124-03	2,21	2,02	6,35	6,78	4,00	1,70
MPMA-16-0010-16	3,69	2,60	8,17	22,11	12,00	1,84
MPMA-16-0011-16	3,66	2,43	7,63	16,79	9,20	1,83
MPMA-18-0004-02	3,81	2,03	6,38	11,93	7,50	1,59
MPMA-66-0003-00	2,97	2,15	6,75	13,91	6,20	2,24
MPMA-76-0001-00	2,00	2,36	7,41	13,08	6,00	2,18

**Material Suplementar 4 – Indicação da origem, morfologia e interpretação dos produtores dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), analisados neste estudo.**

<b>Amostra</b>	<b>Origem (SP)</b>	<b>Morfotipo</b>	<b>Possível produtor</b>
FUP-142	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-143	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-144	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-145	Fernandópolis	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-146	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-147	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-148	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-149	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-150	Fernandópolis	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-151	Fernandópolis	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-152	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-153	Fernandópolis	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-154	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-155	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-156	Fernandópolis	Cilíndrico	Theropoda
FUP-157	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-158	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-159	Fernandópolis	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-160	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-161	Fernandópolis	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-162	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-163	Fernandópolis	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-164	Fernandópolis	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-165	Fernandópolis	Indeterminado	-
FUP-166	Fernandópolis	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-167	Jales	Indeterminado	-
FUP-168	Jales	Liquefeito	Crocodylomorpha
FUP-169	Jales	Liquefeito	Crocodylomorpha
FUP-170	Jales	Indeterminado	-
FUP-171	Jales	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-172	Jales	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-173	Jales	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-174	Jales	Indeterminado	-

<b>Amostra</b>	<b>Origem (SP)</b>	<b>Morfotipo</b>	<b>Possível produtor</b>
FUP-175	Jales	Indeterminado	-
FUP-176	Jales	Liquefeito	Crocodylomorpha
FUP-177	Jales	Liquefeito	Crocodylomorpha
FUP-178	Jales	Cilíndrico	Crocodylomorpha
FUP-179	Jales	Liquefeito	Crocodylomorpha
FUP-180	Jales	Liquefeito	Crocodylomorpha
FUP-181	Jales	Liquefeito	Crocodylomorpha
FUP-182	Jales	Indeterminado	-
MPM-450	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-451	Adamantina	Cilíndrico	Theropoda
MPM-452	Adamantina	Cilíndrico	Theropoda
MPM-453	Adamantina	Ovoide	Sauropoda
MPM-454	Adamantina	Cilíndrico	Theropoda
MPM-455	Adamantina	Ovoide	Sauropoda
MPM-456	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-457	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-458	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-459	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-460	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-461	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-462	Adamantina	Ovoide	Sauropoda
MPM-463	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-464	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-465	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-466	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-467	Adamantina	Ovoide	Sauropoda
MPM-468	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-469	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-470	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-471	Adamantina	Ovoide	Sauropoda
MPM-472	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-473	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-474	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-475	Adamantina	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPM-476	Adamantina	Ovoide	Sauropoda
MPM-477	Adamantina	Ovoide	Sauropoda
MPM-478	Adamantina	Ovoide	Sauropoda
MPM-479	Adamantina	Indeterminado	-

<b>Amostra</b>	<b>Origem (SP)</b>	<b>Morfotipo</b>	<b>Possível produtor</b>
MPM-480	Marília	Indeterminado	-
MPM-481	Marília	Indeterminado	-
MPM-482	Marília	Indeterminado	-
MPM-483	Marília	Indeterminado	-
MPM-484	Marília	Indeterminado	-
MPM-485	Marília	Indeterminado	-
MPM-486	Marília	Indeterminado	-
MPM-487	Marília	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-07-0013-01	Monte Alto	Indeterminado	-
MPMA-08-0073-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0074-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0075-14	Ibirá	Indeterminado	-
MPMA-08-0076-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0077-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0078-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0079-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0080-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0081-14	Ibirá	Ovoide	Sauropoda
MPMA-08-0082-14	Ibirá	Ovoide	Sauropoda
MPMA-08-0083-14	Ibirá	Cônico	Sauropoda
MPMA-08-0084-14	Ibirá	Indeterminado	-
MPMA-08-0085-14	Ibirá	Cônico	Sauropoda
MPMA-08-0086-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0087-14	Ibirá	Ovoide	Sauropoda
MPMA-08-0088-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0089-14	Ibirá	Indeterminado	-
MPMA-08-0090-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0091-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0092-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0093-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0094-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0095-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0096-14	Ibirá	Ovoide	Sauropoda
MPMA-08-0097-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0098-14	Ibirá	Ovoide	Sauropoda
MPMA-08-0099-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0100-14	Ibirá	Indeterminado	-
MPMA-08-0101-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha

<b>Amostra</b>	<b>Origem (SP)</b>	<b>Morfotipo</b>	<b>Possível produtor</b>
MPMA-08-0102-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0103-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0104-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0105-14	Ibirá	Indeterminado	-
MPMA-08-0106-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0107-14	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0108-14	Ibirá	Indeterminado	-
MPMA-08-0109-14	Ibirá	Ovoide	Sauropoda
MPMA-08-0110-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0111-14	Ibirá	Ovoide	Sauropoda
MPMA-08-0112-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0113-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0114-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0115-14	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0116-03	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0117-03	Ibirá	Cônico	Sauropoda
MPMA-08-0118-03	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0119-03	Ibirá	Cilíndrico	Theropoda
MPMA-08-0120-03	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0121-03	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0122-03	Ibirá	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-08-0123-03	Ibirá	Ovoide	Sauropoda
MPMA-08-0124-03	Ibirá	Ovoide	Sauropoda
MPMA-16-0010-16	Monte Alto	Ovoide	Sauropoda
MPMA-16-0011-16	Monte Alto	Ovoide	Sauropoda
MPMA-18-0004-02	Taquaral	Cilíndrico	Crocodylomorpha
MPMA-66-0003-00	Monte Alto	Ovoide	Sauropoda
MPMA-76-0001-00	Fernando Prestes	Ovoide	Sauropoda

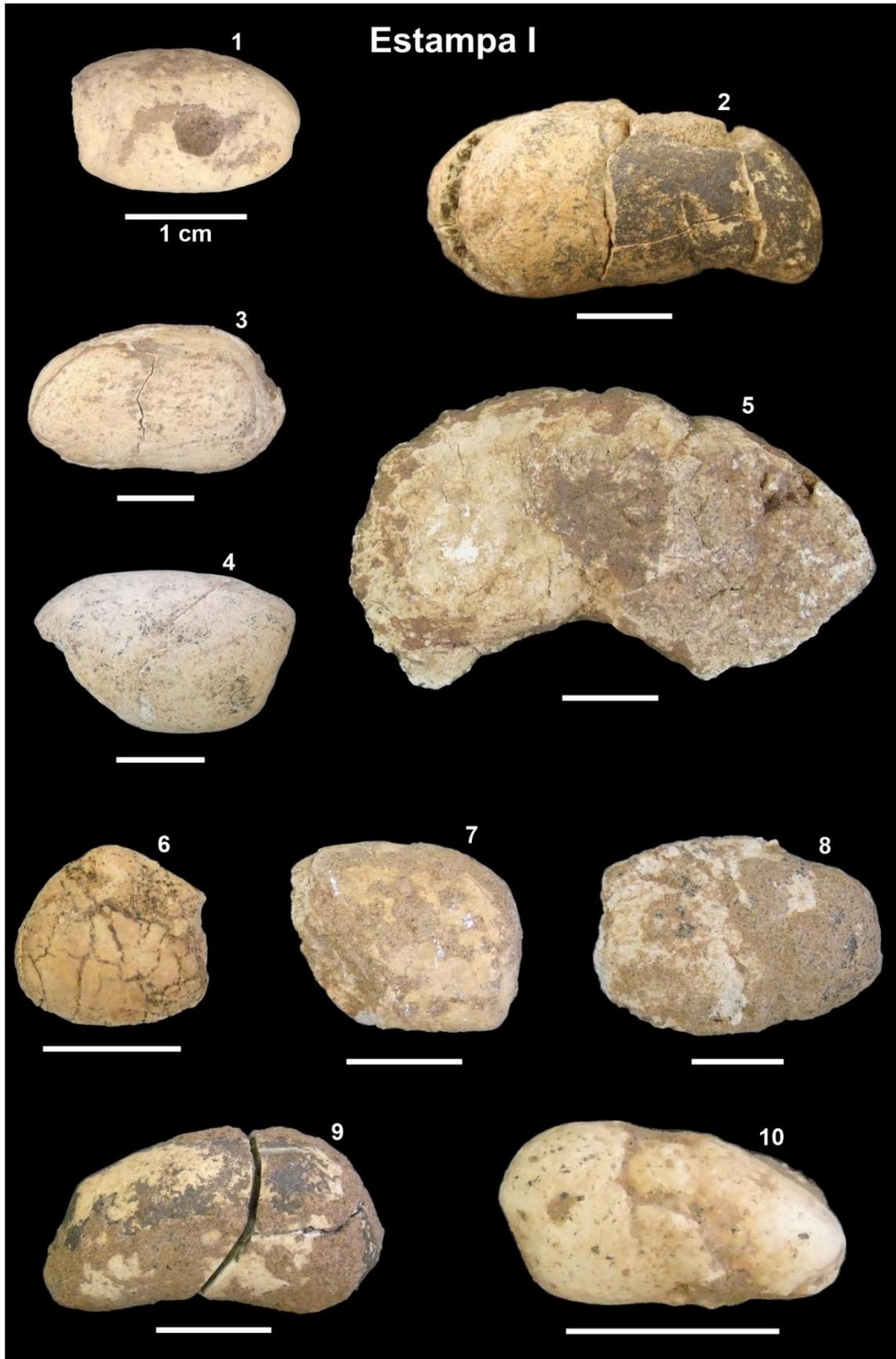
**Material Suplementar 5 – Registro fotográfico dos 137 coprólitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), analisados neste estudo.**

## **Estampa I**

Coprólitos de Fernandópolis, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

- 1, FUP-145
- 2, FUP-150
- 3, FUP-151
- 4, FUP-153
- 5, FUP-156
- 6, FUP-159
- 7, FUP-161
- 8, FUP-163
- 9, FUP-164
- 10, FUP-166

Escala = 1,00 cm.



## **Estampa II**

Coprólitos de Fernandópolis, São Paulo – Morfotipos indeterminados

1, FUP-142

2, FUP-143

3, FUP-144

4, FUP-146

5, FUP-147

6, FUP-148

7, FUP-149

8, FUP-152

9, FUP-154

10, FUP-155

11, FUP-157

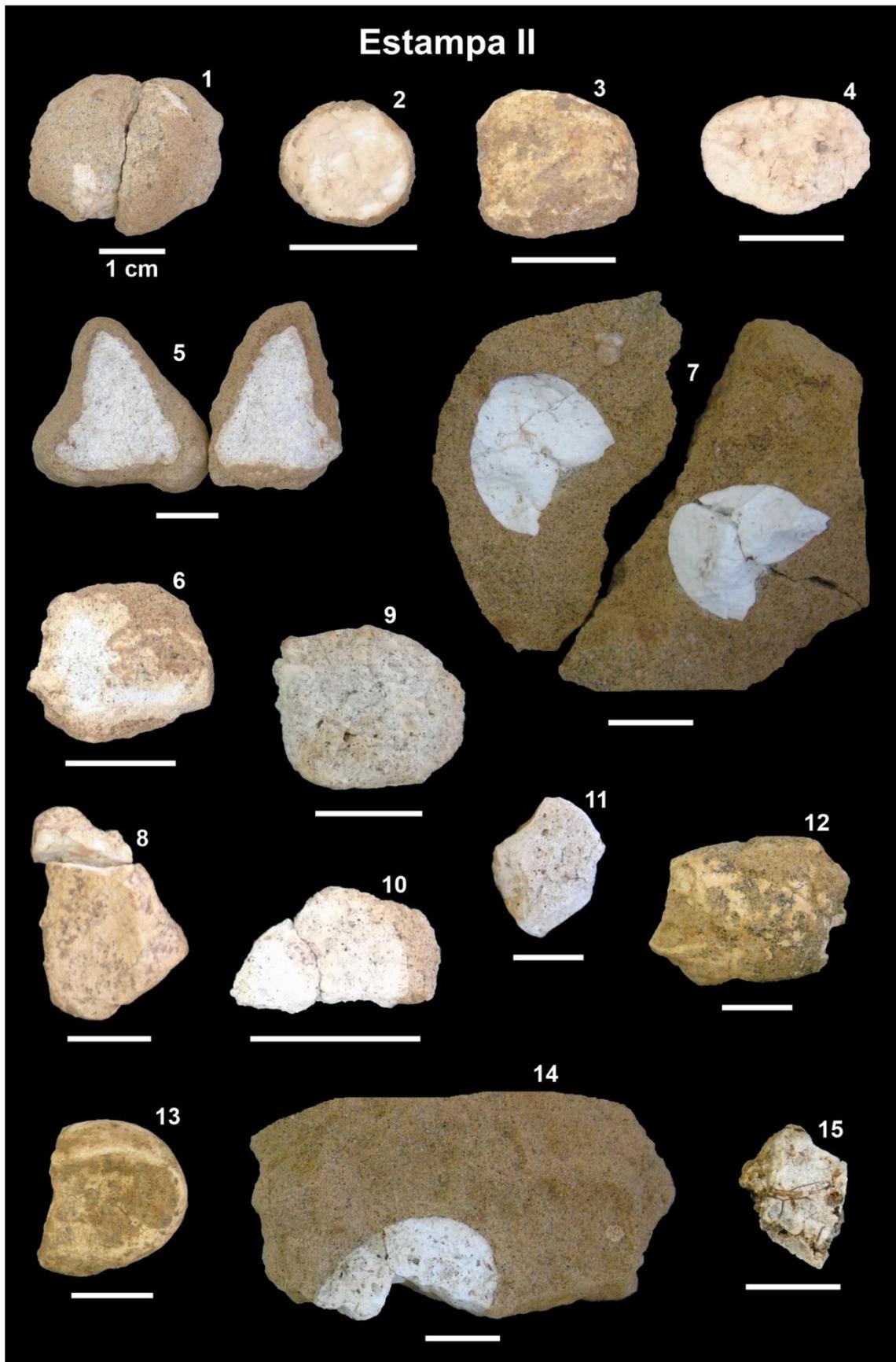
12, FUP-158

13, FUP-160

14, FUP-162

15, FUP-165

Escala = 1,00 cm.



## **Estampa III**

Coprólitos de Jales, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

1, FUP-171

2, FUP-172

3, FUP-173

4, FUP-178

Coprólitos de Jales, São Paulo – Morfotipos liquefeitos

5, FUP-168

6, FUP-169

7, FUP-176

8, FUP-177

9, FUP-179

10, FUP-180

11, FUP-181

Coprólitos de Jales, São Paulo – Morfotipos indeterminados

12, FUP-167

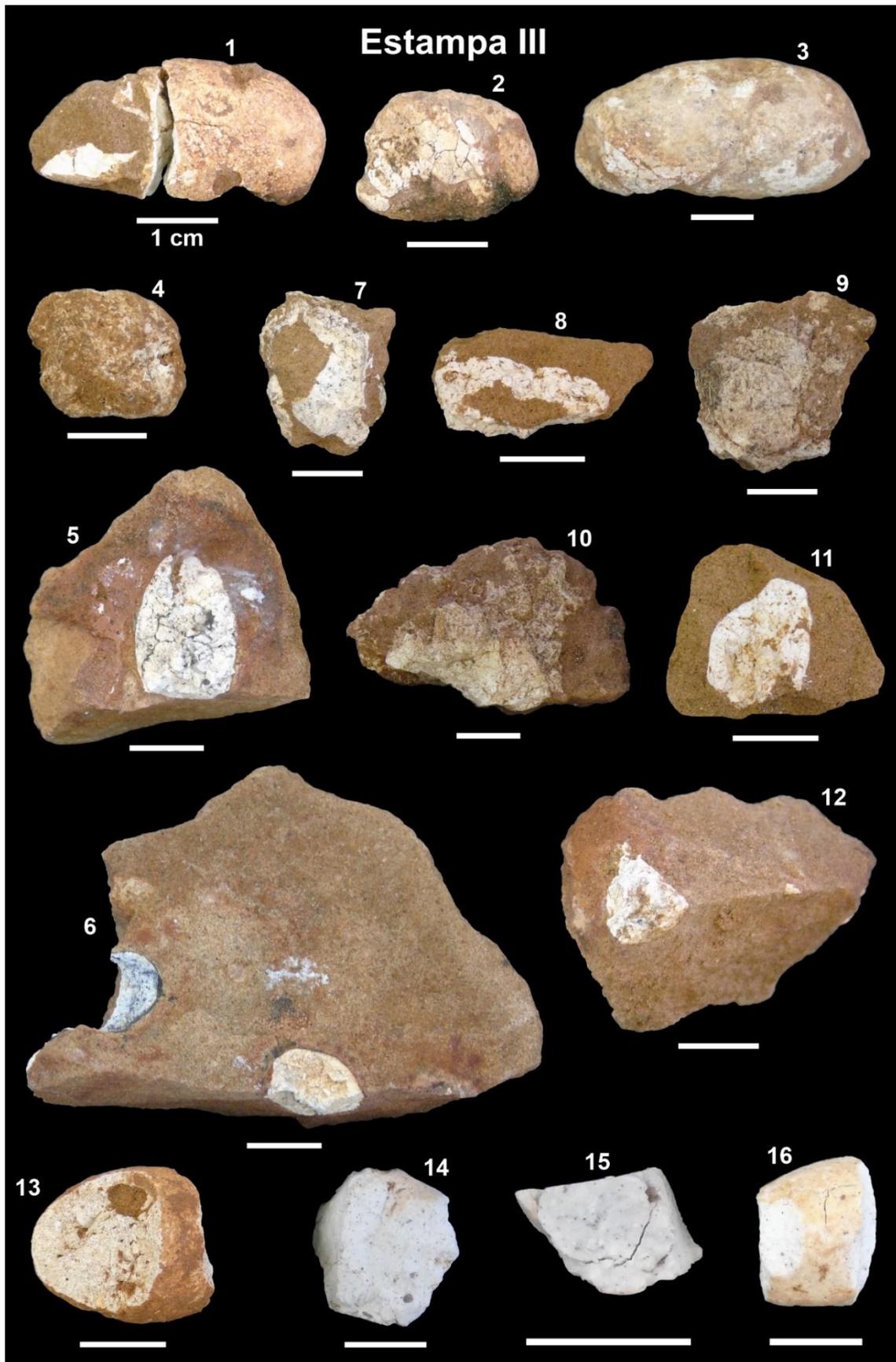
13, FUP-170

14-FUP-174

15, FUP-175

16, FUP-182

Escala = 1,00 cm.



## **Estampa IV**

Coprólitos de Adamantina, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

1, MPM-450

2, MPM-451

3, MPM-452

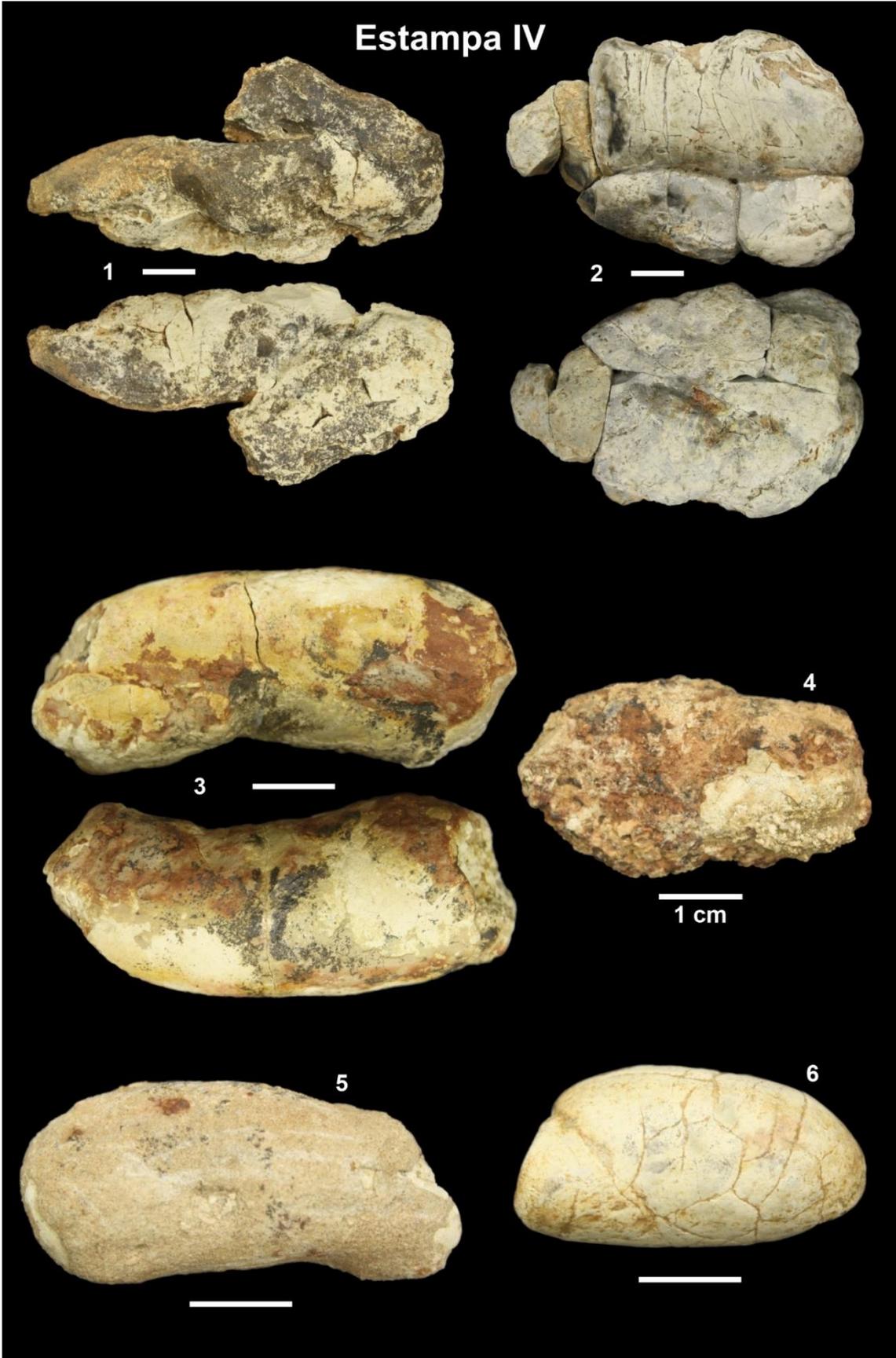
4, MPM-456

5, MPM-457

6, MPM-458

Escala = 1,00 cm.

Estampa IV



## **Estampa V**

Coprólitos de Adamantina, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

1, MPM-459

2, MPM-460

3, MPM-461

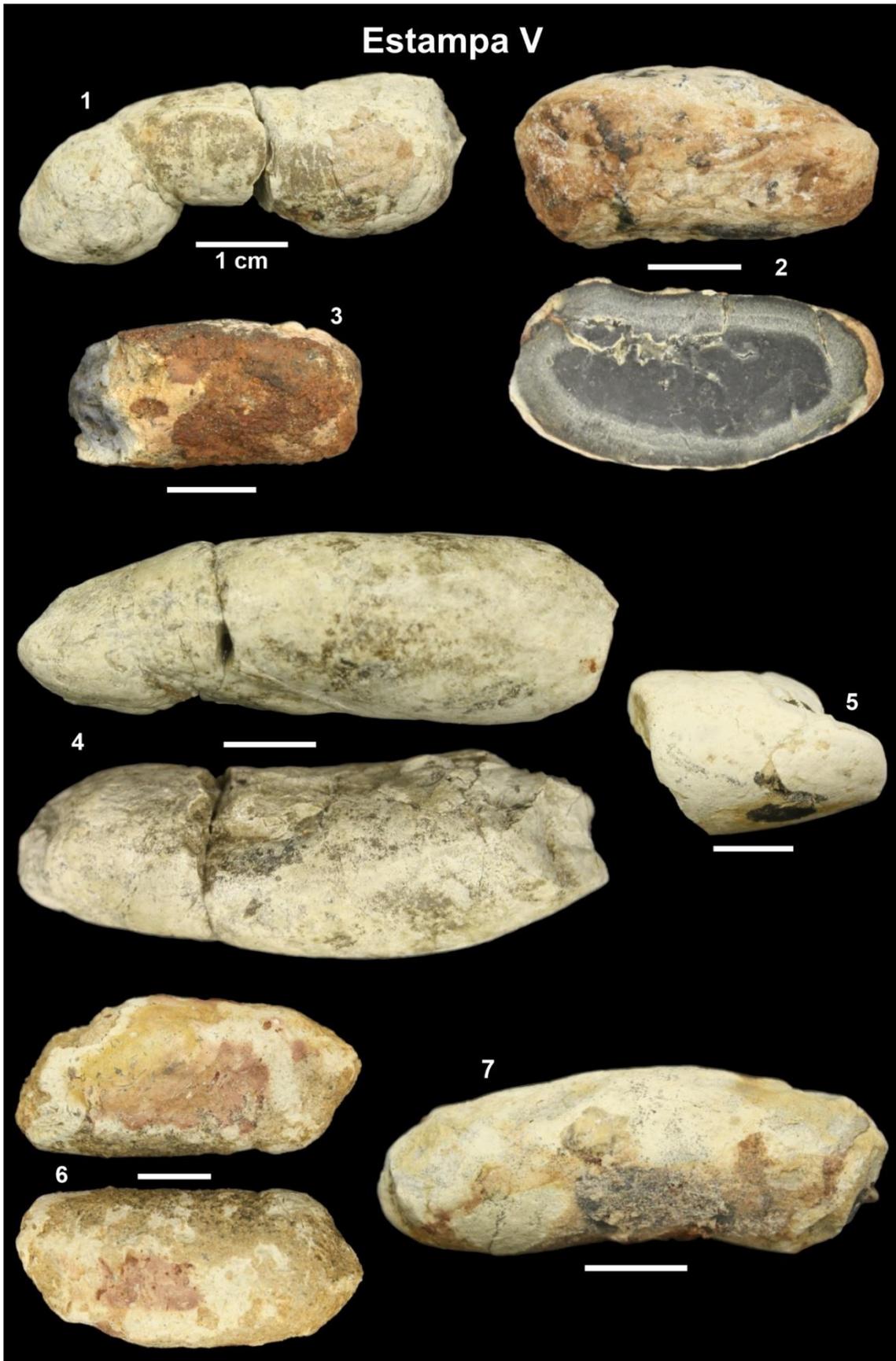
4, MPM-463

5, MPM-464

6, MPM-465

7, MPM-466

Escala = 1,00 cm.



## **Estampa VI**

Coprólitos de Adamantina, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

1, MPM-468

2, MPM-469

3, MPM-470

4, MPM-472

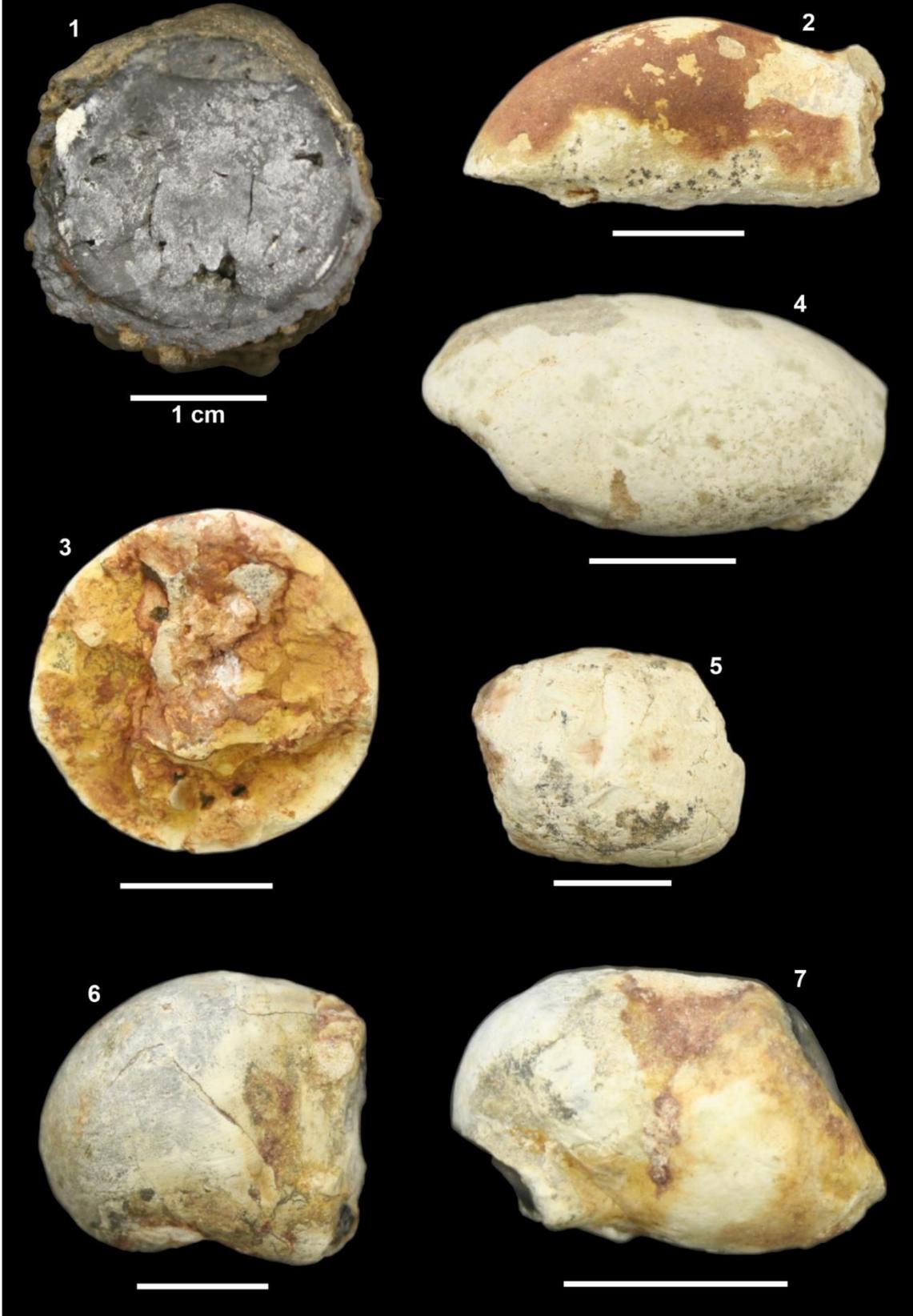
5, MPM-473

6, MPM-474

7, MPM-475

Escala = 1,00 cm.

### Estampa VI



## **Estampa VII**

Coprólitos de Adamantina, São Paulo – Morfotipo cilíndrico

1, MPM-454

Coprólitos de Adamantina, São Paulo – Morfotipos ovoides

2, MPM-453

3, MPM-455

4, MPM-462

5, MPM-467

6, MPM-471

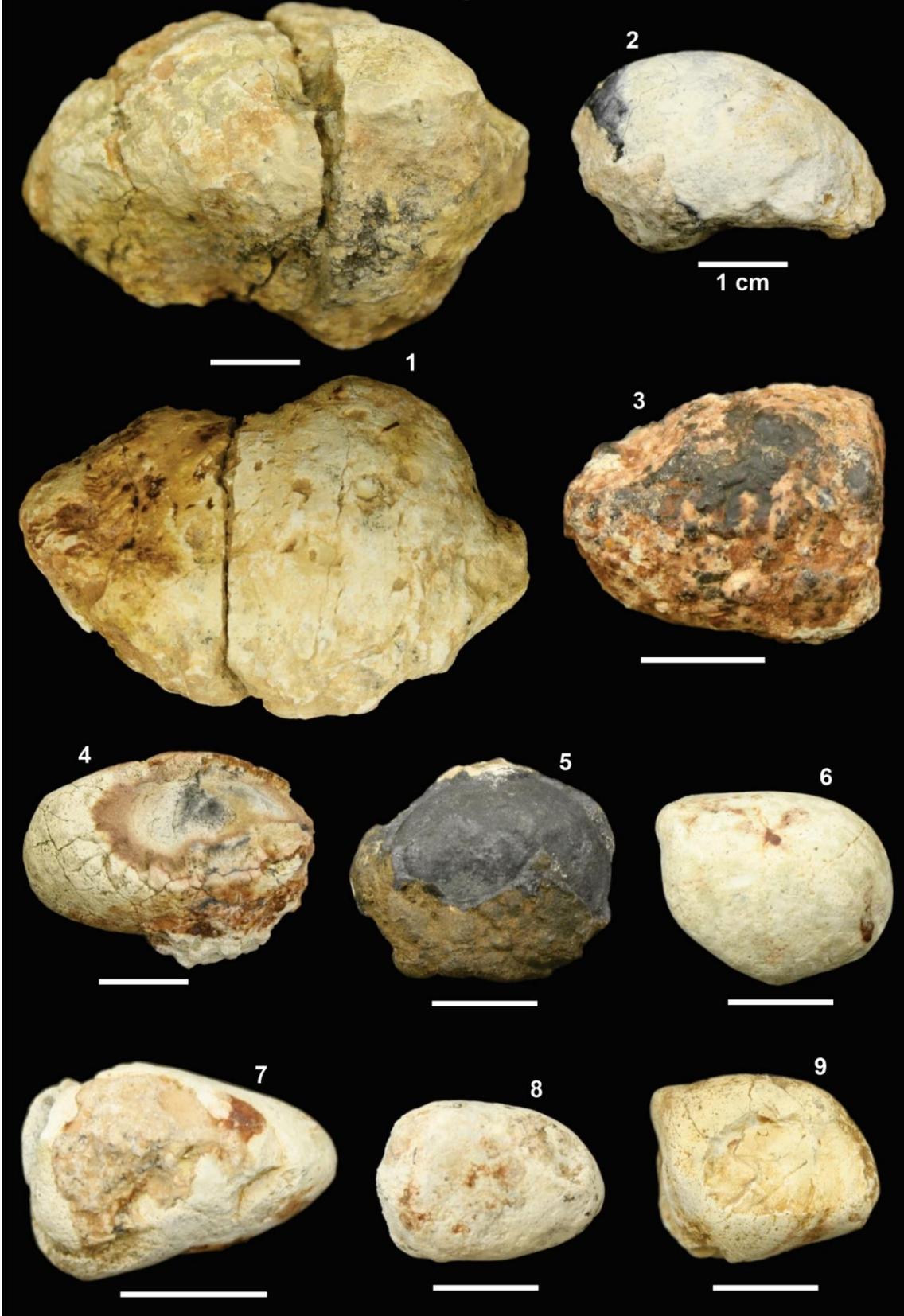
7, MPM-476

8, MPM-477

9, MPM-478

Escala = 1,00 cm.

### Estampa VII



## **Estampa VIII**

Coprólitos de Adamantina, São Paulo – Morfotipo indeterminado (fragmentos  
equivalem a mesma amostra

1, MPM-479

Escala = 1,00 cm.

### Estampa VIII



## **Estampa IX**

Coprólitos de Marília, São Paulo – Morfotipos indeterminados

1, MPM-480

2, MPM-481

3, MPM-482

4, MPM-483

5, MPM-484

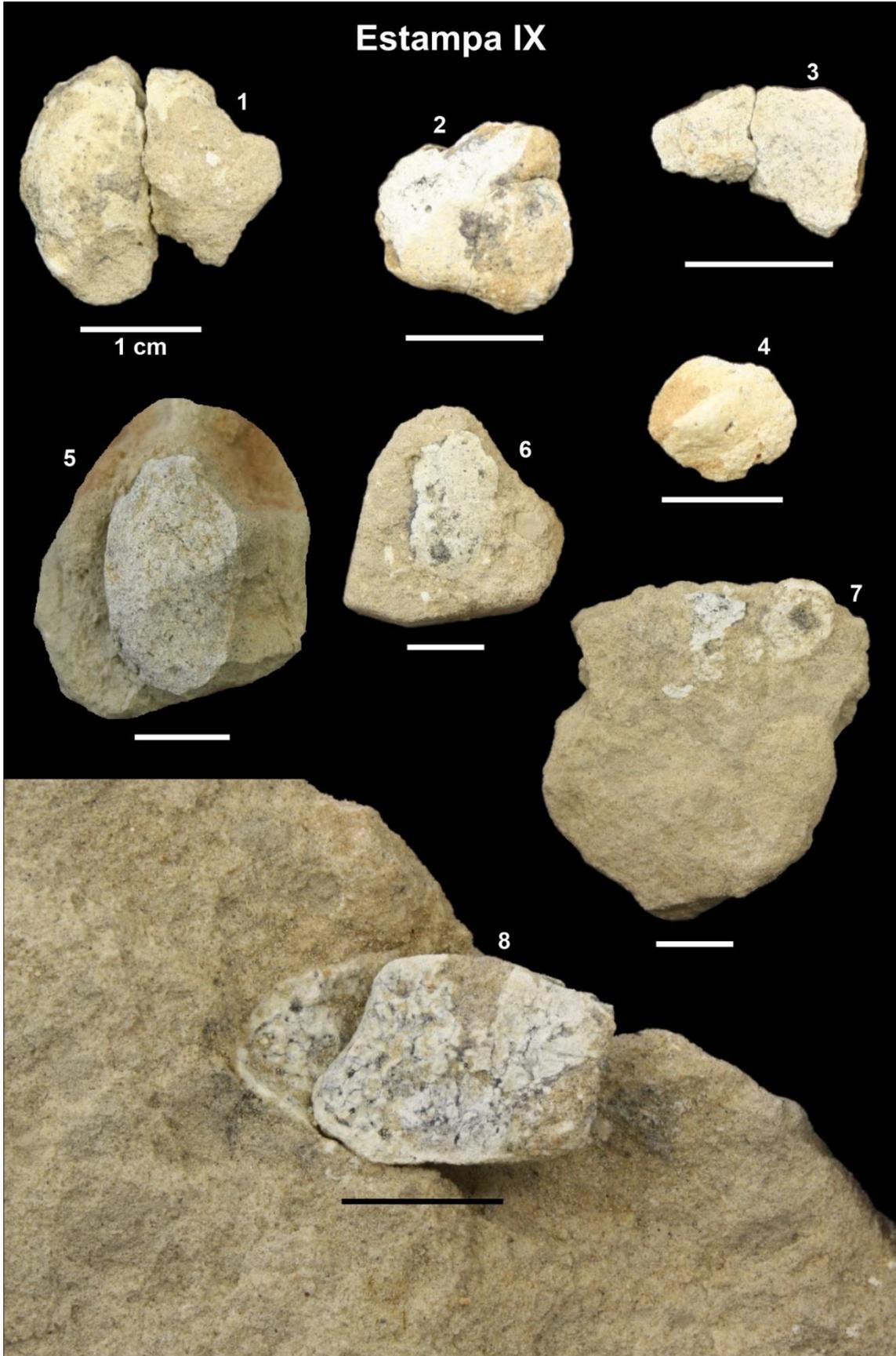
6, MPM-485

7, MPM-486

Coprólitos de Marília, São Paulo – Morfotipo cilíndrico

8, MPM-487

Escala = 1,00 cm.



## **Estampa X**

Coprólitos de Ibirá, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

1, MPMA-08-0073-14

2, MPMA-08-0074-14

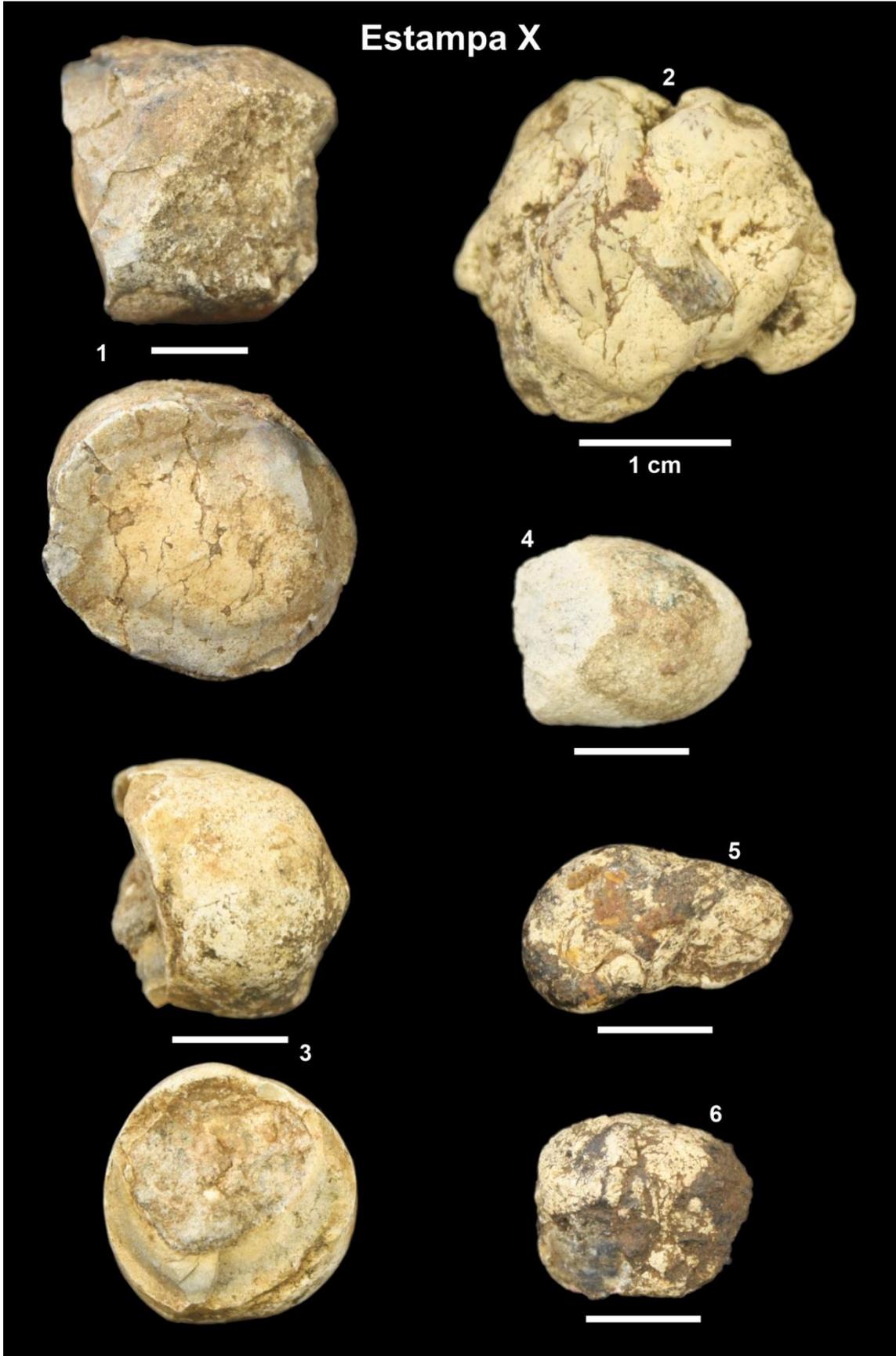
3, MPMA-08-0076-14

4, MPMA-08-0077-14

5, MPMA-08-0078-14

6, MPMA-08-0079-14

Escala = 1,00 cm.



## **Estampa XI**

Coprólitos de Ibirá, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

- 1, MPMA-08-0080-14
- 2, MPMA-08-0086-14
- 3, MPMA-08-0088-14
- 4, MPMA-08-0090-14
- 5, MPMA-08-0091-14
- 6, MPMA-08-0092-14
- 7, MPMA-08-0093-14

Escala = 1,00 cm.

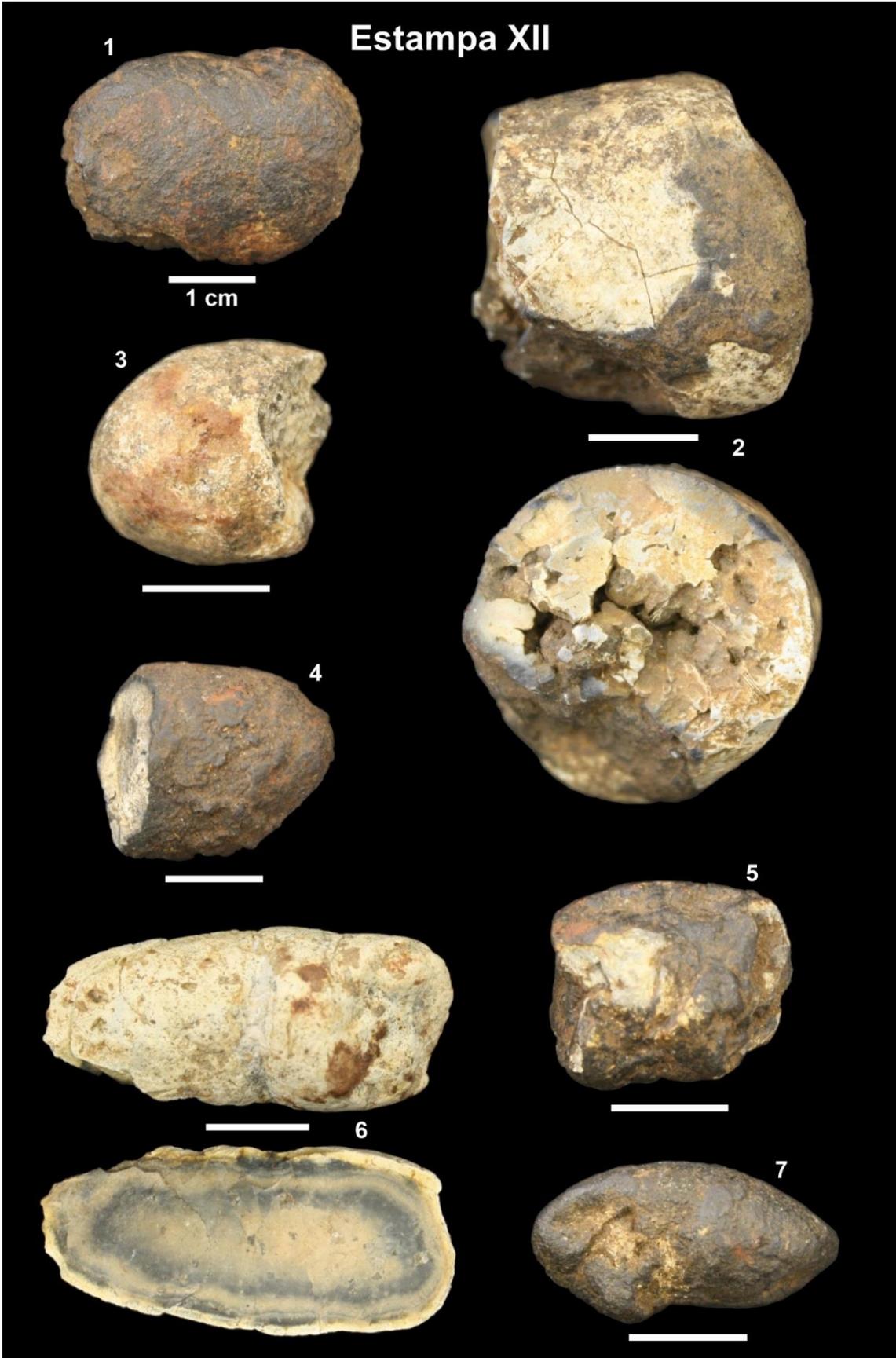


## **Estampa XII**

Coprólitos de Ibirá, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

- 1, MPMA-08-0094-14
- 2, MPMA-08-0095-14
- 3, MPMA-08-0097-14
- 4, MPMA-08-0099-14
- 5, MPMA-08-0101-14
- 6, MPMA-08-0102-14
- 7, MPMA-08-0103-14

Escala = 1,00 cm.

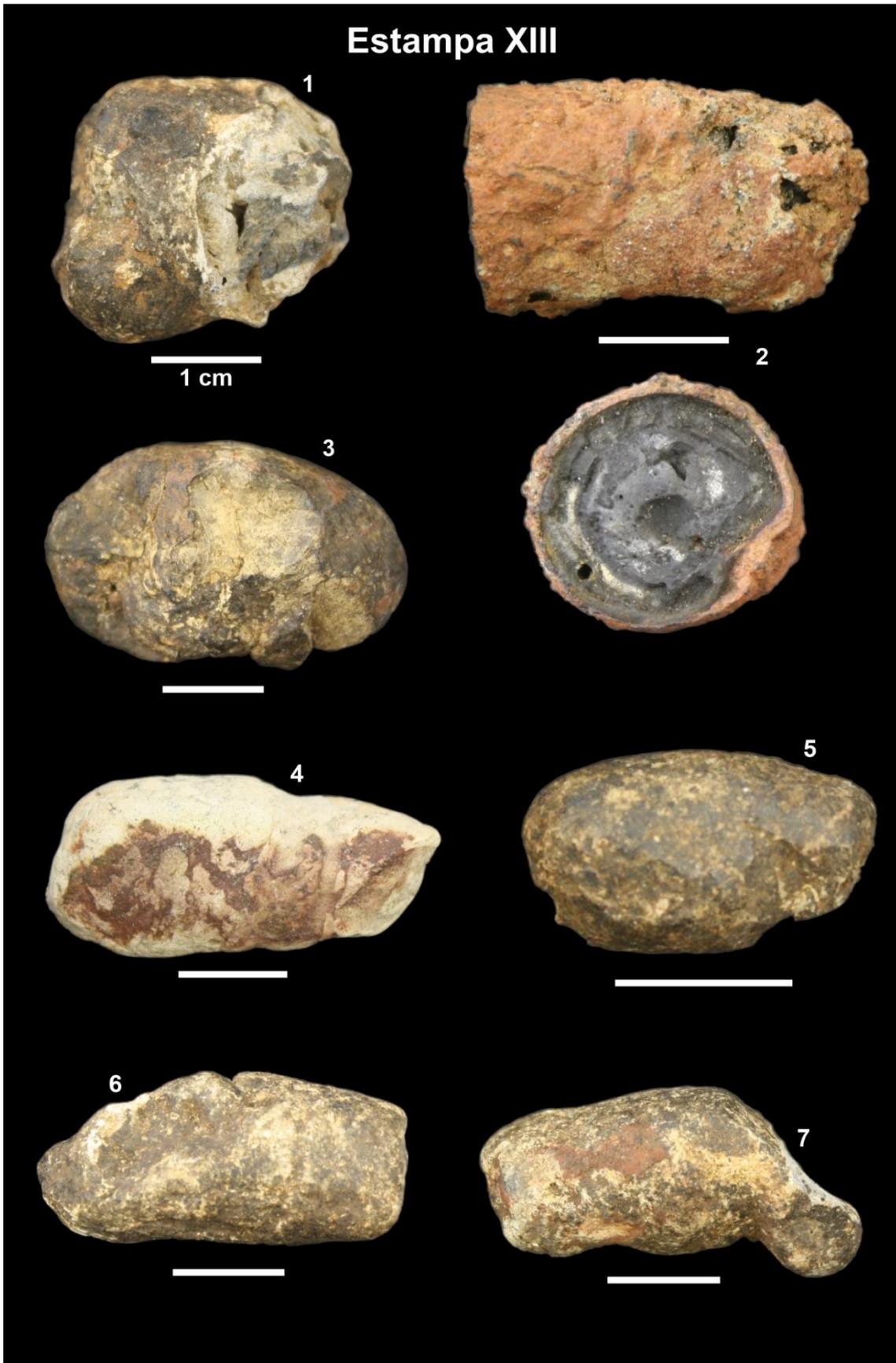


## **Estampa XIII**

Coprólitos de Ibirá, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

- 1, MPMA-08-0104-14
- 2, MPMA-08-0106-14
- 3, MPMA-08-0107-14
- 4, MPMA-08-0110-14
- 5, MPMA-08-0112-14
- 6, MPMA-08-0113-14
- 7, MPMA-08-0114-14

Escala = 1,00 cm.



## **Estampa XIV**

Coprólitos de Ibirá, São Paulo – Morfotipos cilíndricos

- 1, MPMA-08-0115-14
- 2, MPMA-08-0116-03
- 3, MPMA-08-0118-03
- 4, MPMA-08-0119-03
- 5, MPMA-08-0120-03
- 6, MPMA-08-0121-03
- 7, MPMA-08-0122-03

Escala = 1,00 cm.

## Estampa XIV



1 cm



2



1 cm



1 cm



1 cm



1 cm



1 cm

## **Estampa XV**

Coprólitos de Ibirá, São Paulo – Morfotipos ovoides

1, MPMA-08-0081-14

2, MPMA-08-0082-14

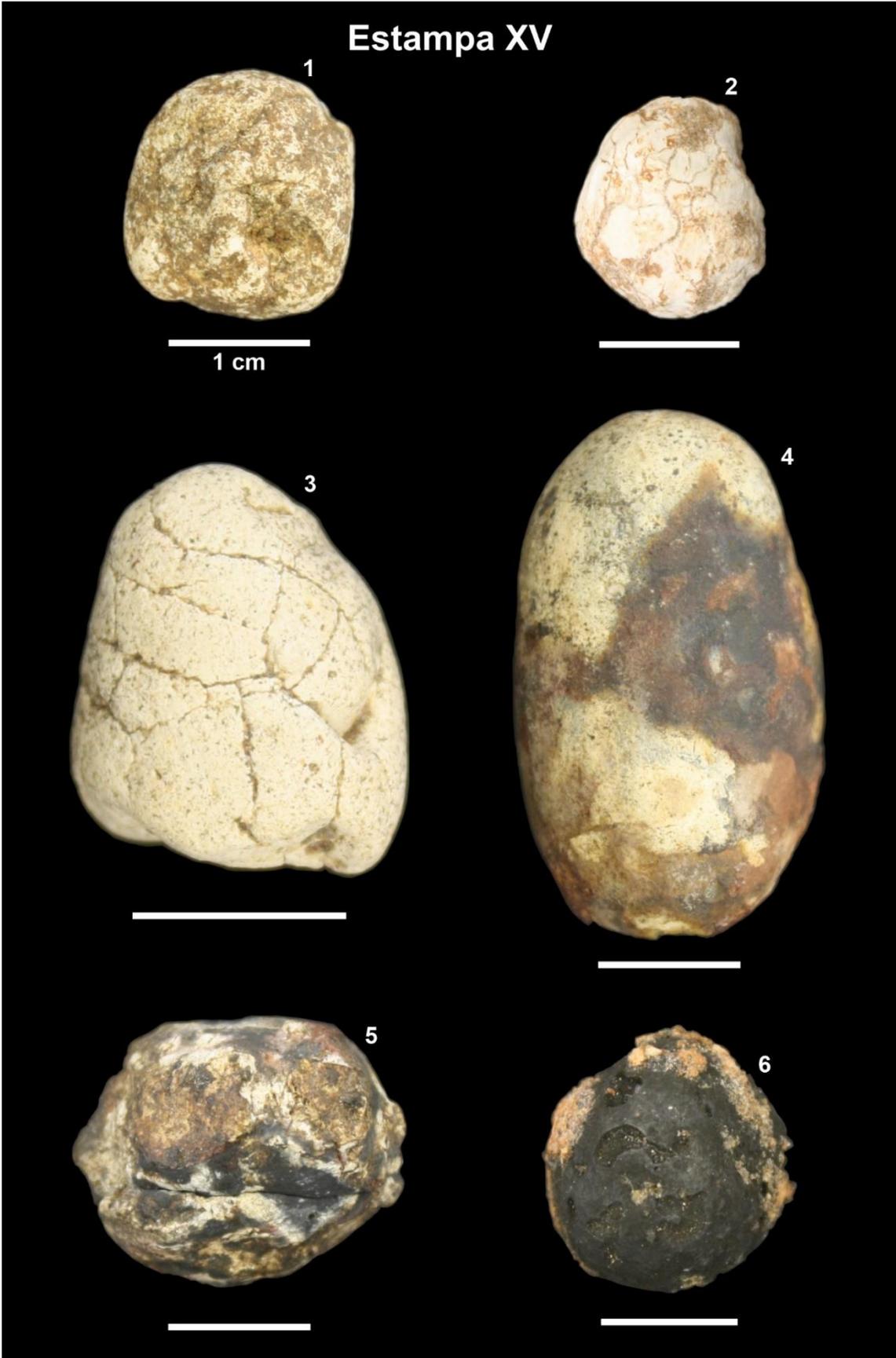
3, MPMA-08-0087-14

4, MPMA-08-0096-14

5, MPMA-08-0098-14

6, MPMA-08-0109-14

Escala = 1,00 cm.



## **Estampa XVI**

Coprólitos de Ibirá, São Paulo – Morfotipos ovoides

1, MPMA-08-0111-14

2, MPMA-08-0123-03

3, MPMA-08-0124-03

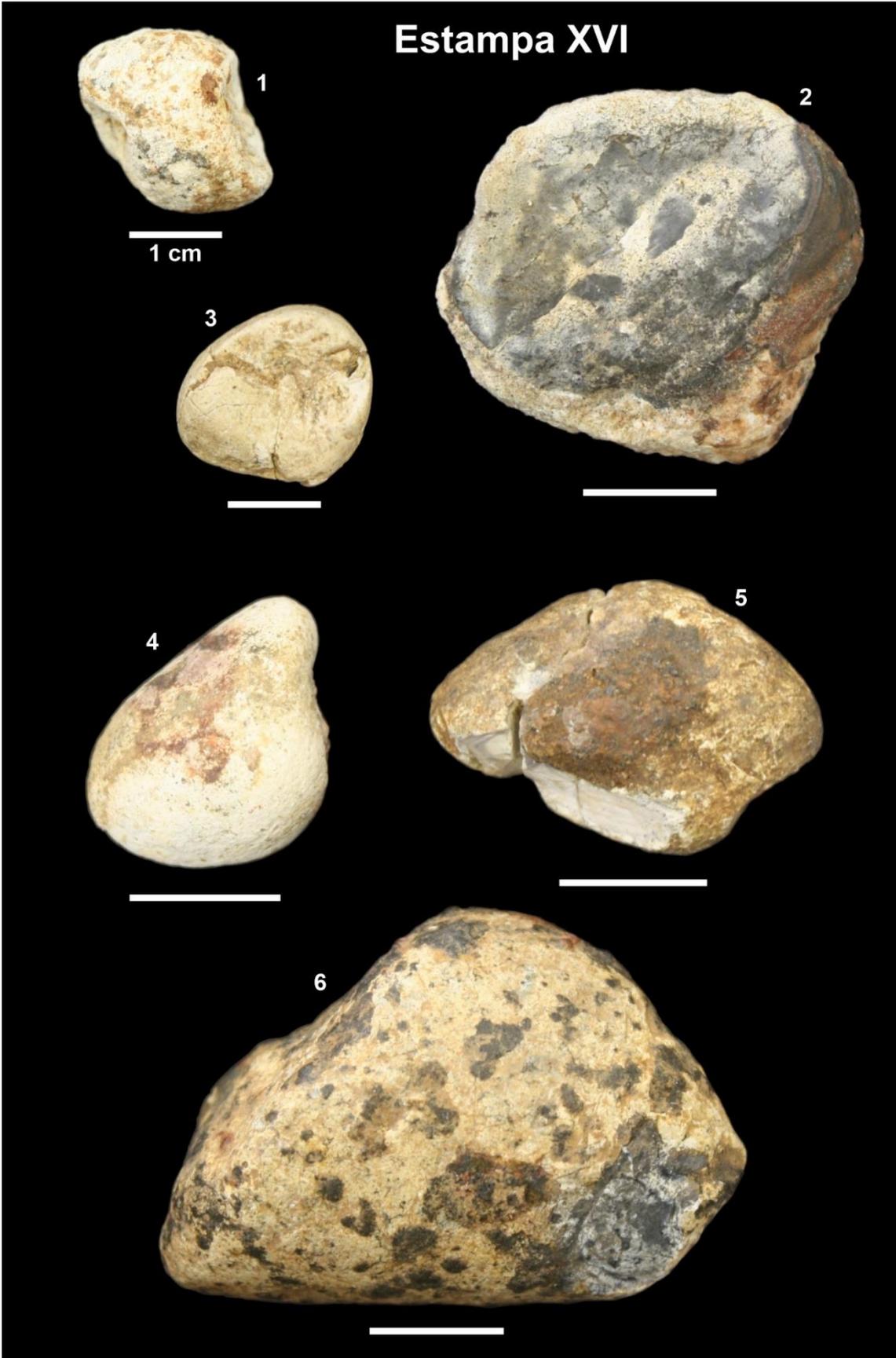
Coprólitos de Ibirá, São Paulo – Morfotipos cônicos

4, MPMA-08-0083-14

5, MPMA-08-0085-14

6, MPMA-08-0117-03

Escala = 1,00 cm.



## **Estampa XVII**

Coprólitos de Ibirá, São Paulo – Morfotipos indeterminados

1, MPMA-08-0075-14

2, MPMA-08-0084-14

3, MPMA-08-0089-14

4, MPMA-08-0100-14

5, MPMA-08-0105-14

6, MPMA-08-0108-14

Escala = 1,00 cm.

### Estampa XVII



1

1 cm



2



3



4



5



6



## **Estampa XVIII**

Coprólito de Taquaral, São Paulo – Morfotipo cilíndrico

1, MPMA-18-0004-02

Coprólito de Fernando Prestes, São Paulo – Morfotipo ovoide

2, MPMA-76-0001-00

Coprólitos de Monte Alto, São Paulo – Morfotipos ovoides

3, MPMA-16-0010-16

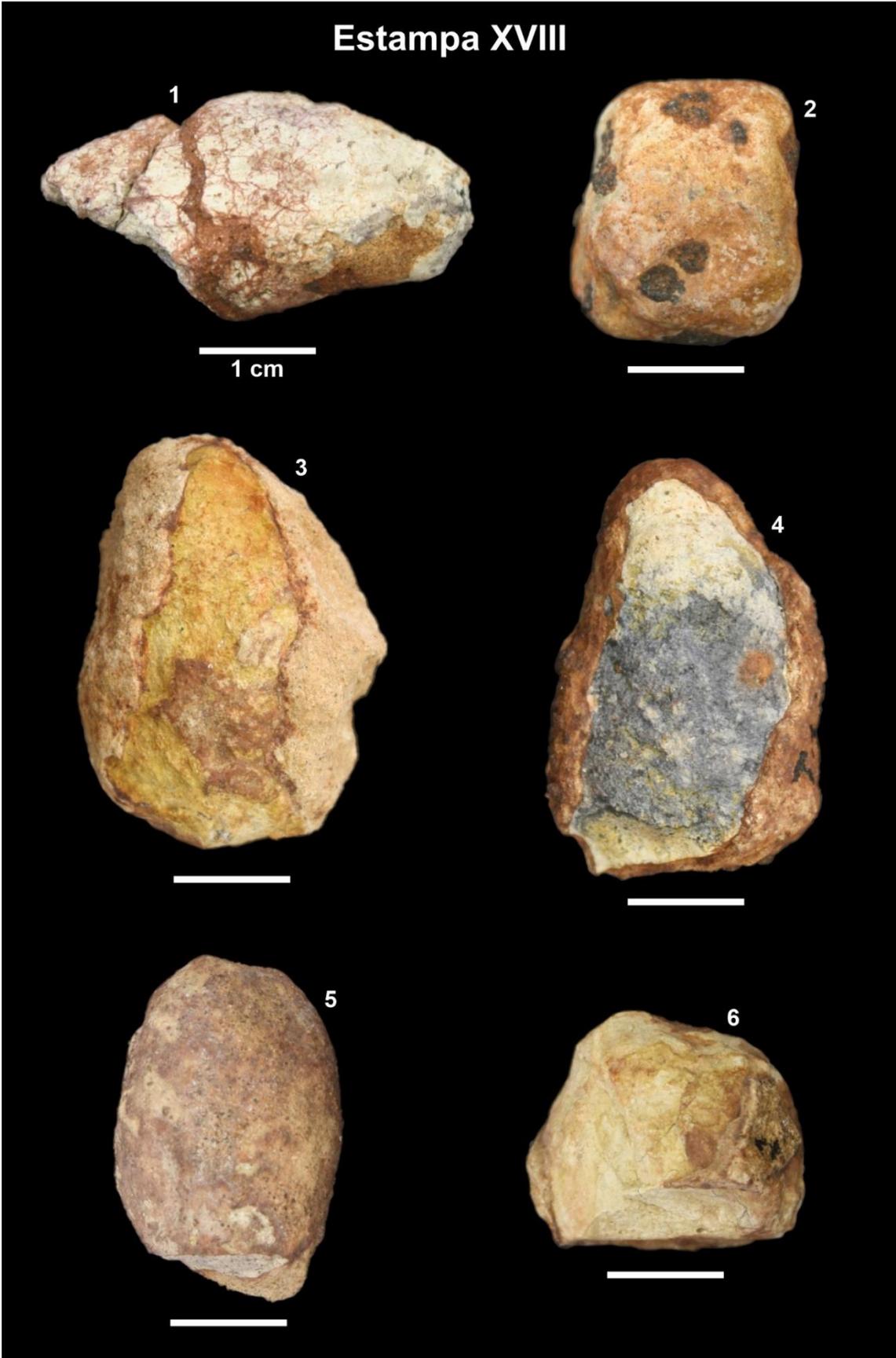
4, MPMA-16-0011-16

5, MPMA-66-0003-00

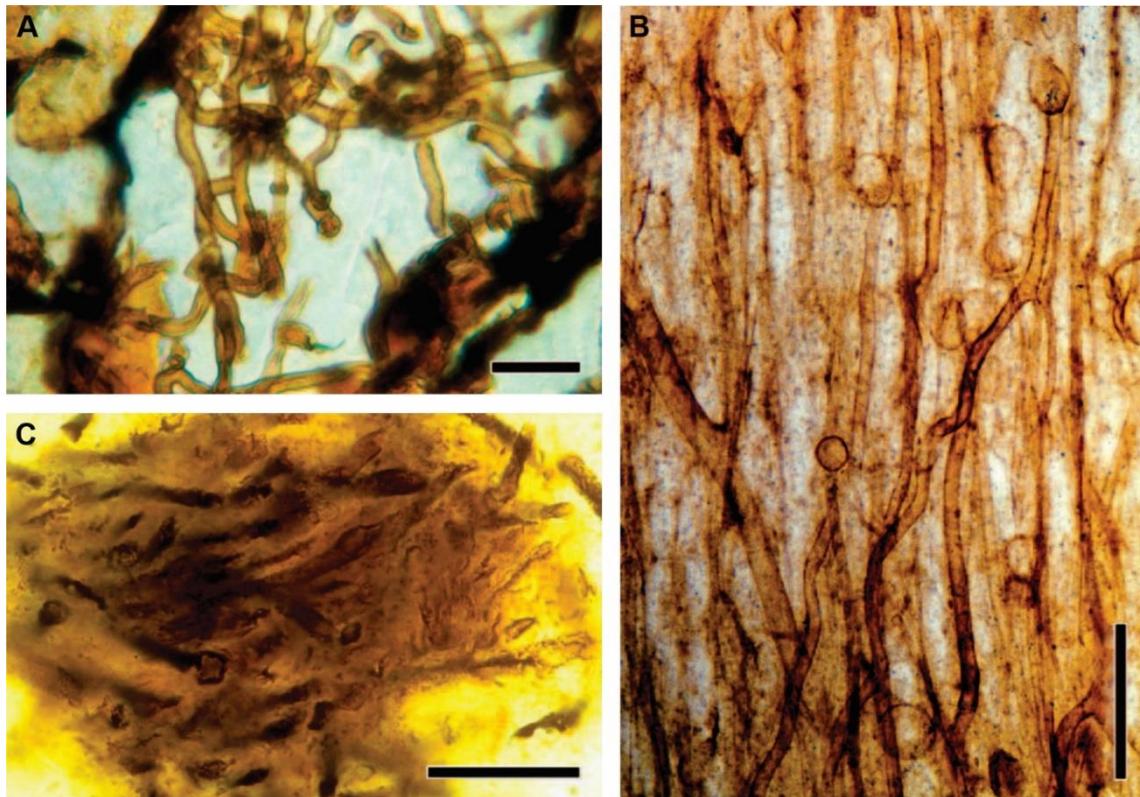
Coprólitos de Monte Alto, São Paulo – Morfotipo indeterminado

6, MPMA-07-0013-01

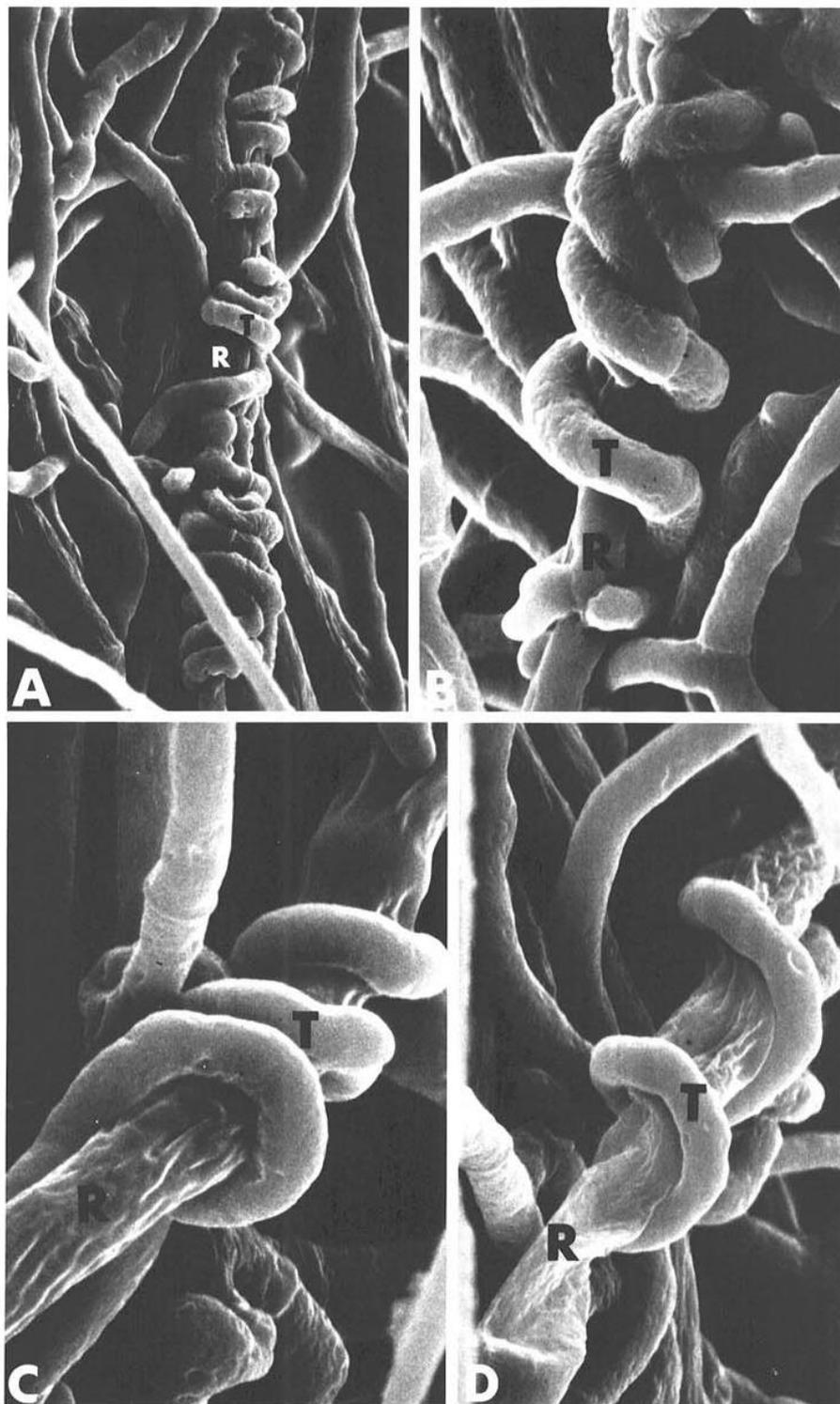
Escala = 1,00 cm.



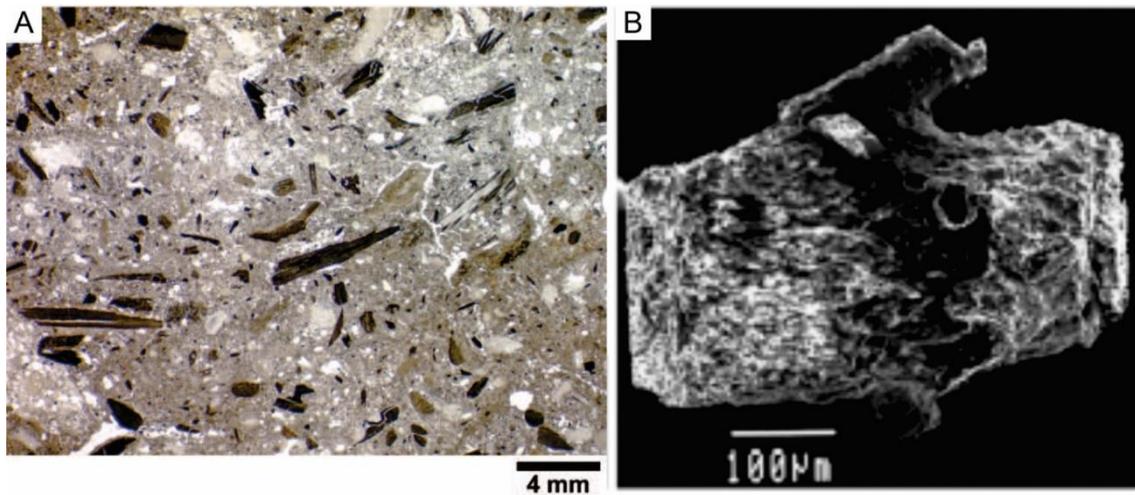
## 6. ANEXOS



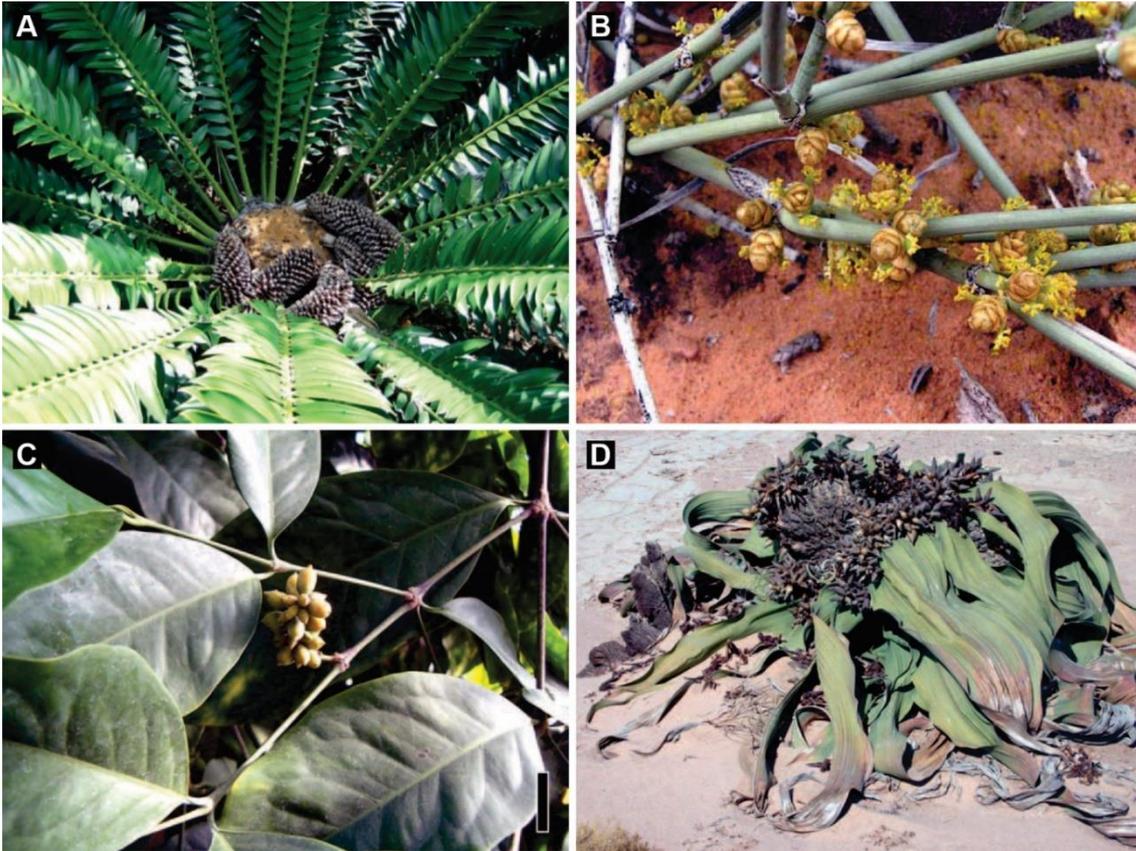
**Anexo 1.** Exemplos de hifas fossilizadas. A, hifas encontradas no interior de fósil de planta vascular permineralizada do Pennsylvaniano (Carbonífero); B, hifas e clamidósporos encontrados em tecido vegetal no Rhynie Chert (Devoniano); C, coprólito do Devoniano composto por hifas. Escala: A = 10,00  $\mu\text{m}$ ; B = 120,00  $\mu\text{m}$ ; C = 50,00  $\mu\text{m}$ . Fonte das imagens (Taylor et al. 2009).



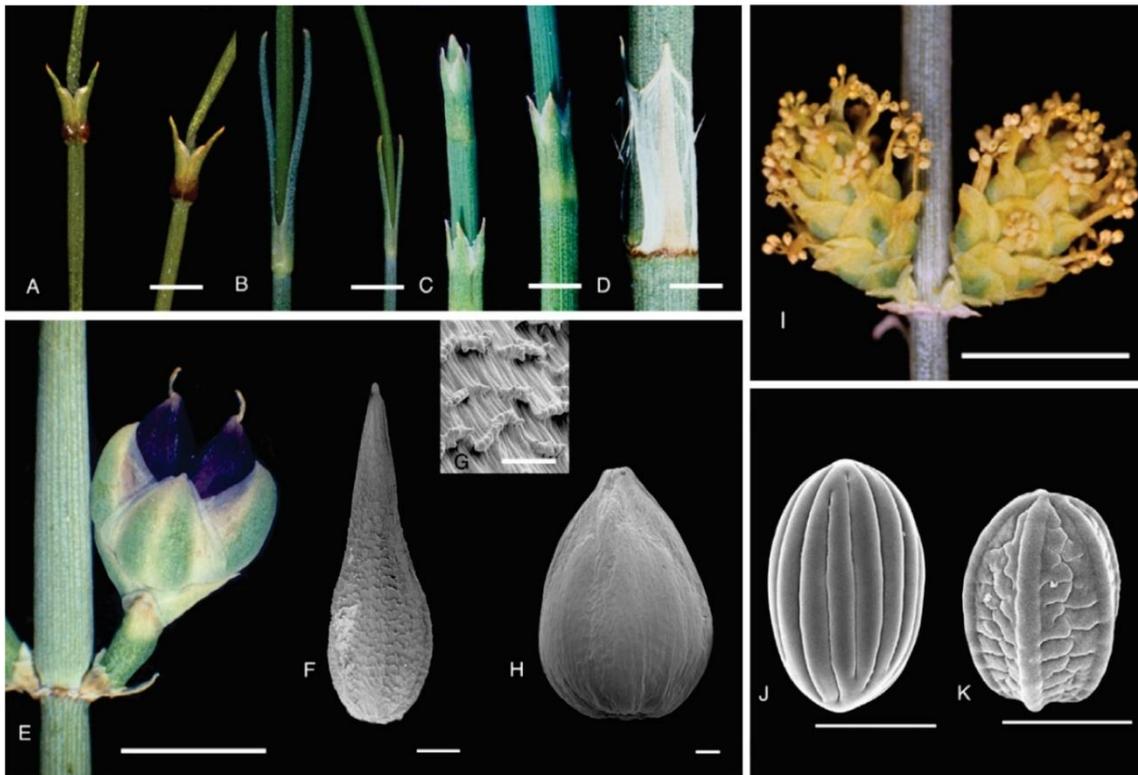
**Anexo 2.** Análise de microscopia eletrônica de varredura demonstrando o efeito do fungo de controle biológico *Trichoderma harzianum* (T) sobre o fungo fitopatogênico *Rhizoctonia solani* (R). A-B, após dois dias de inoculação hifas de *T. harzianum* (T) formam espirais densas e envolvem hifas de *R. solani* (R). C-D, por volta de quatro e seis dias de inoculação respectivamente, as hifas de *R. solani* (R) apresenta perda de turgor e colapso celular, enquanto as hifas de *T. harzianum* (T) continuam com aparência normal. Ampliação: A = 2500 x; B e D = 5000 x; C = 6000x. Fonte das imagens (Benhamou & Chet 1993).



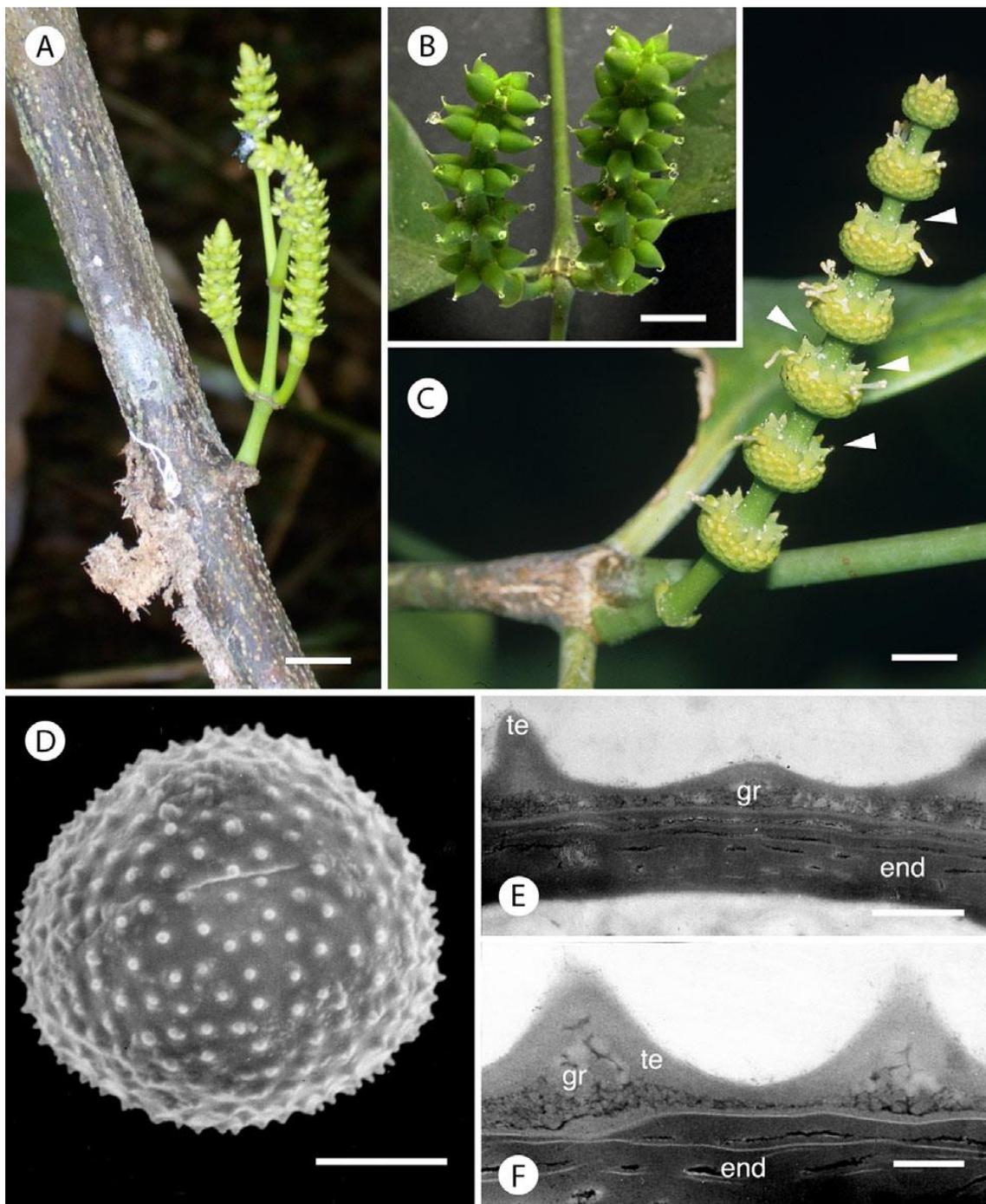
**Anexo 3.** Fragmentos vegetais encontrados em coprólitos de dinossauros herbívoros. A, pequenos fragmentos de madeira em coprólitos da Formação Two Medicine, Montana, EUA; B, pequeno fragmento vegetal em coprólito da Formação Lameta, Índia. Fonte das imagens: A (Chin 2007); B (Khosla *et al.* 2015).



**Anexo 4.** Representantes atuais de grupos de plantas que podem ter feito parte da paisagem durante o final do Cretáceo na Formação Adamantina, Grupo Bauru. A, Cycadophyta; B-D, Gnetophyta. A, *Cycas* sp.; B, *Ephedra torreyana*; C, *Gnetum gnemon*; D, *Welwitschia mirabilis*. Fonte das imagens (Taylor *et al.* 2009).



**Anexo 5.** Morfologia de *Ephedra*. A-D, tipos de folha; E-H, cone feminino e morfologia da semente; I-K, cone estaminado e tipos de grãos de pólen. A, *Ephedra americana*, com pontas de folhas livres bem desenvolvidas e bases de folhas decussadas escuras e intumescidas; B, *Ephedra aspera*, mostrando diferença marcante no desenvolvimento da lâmina de extremamente grande (esquerda) a moderadamente desenvolvida (direita), ambas as folhas provêm da mesma planta; C, *Ephedra torreyana*, mostrando verticilos únicos de quatro folhas no nó, indicando possível integração com *E. aspera*; D, *Ephedra trifurca*, folha madura, apresentando divisão típica da lâmina; E, *Ephedra nevadensis*, cone pedunculado com duas sementes projetadas; F, *Ephedra torreyana*, micrografia eletrônica de varredura de semente lanceolada com ponta alongada e cristas transversais na superfície da semente; G, *Ephedra torreyana*, micrografia eletrônica de varredura mostrando detalhes das cristas transversais; H, *Ephedra aspera*, micrografia eletrônica de varredura de sementes ovóides; I, *Ephedra funerea*, cone estaminado mostrando numerosos microspongióforos por estróbilo; J, *Ephedra californica*, microscopia eletrônica de varredura de grão de pólen primitivo com cristas retas e sulcos; K, *Ephedra coryi*, micrografia eletrônica de varredura de grão de pólen derivado com estrutura altamente ramificada na superfície e crista espessada. Escala: A e B = 3,00 mm; C = 1,50 mm; D e H = 2,00 mm; E = 5,00 mm; F = 1,00 mm; G = 200,00  $\mu\text{m}$ ; I = 10,00 mm; J e K = 20,00  $\mu\text{m}$ . Fonte das imagens (Ickert-Bond & Renner 2016).



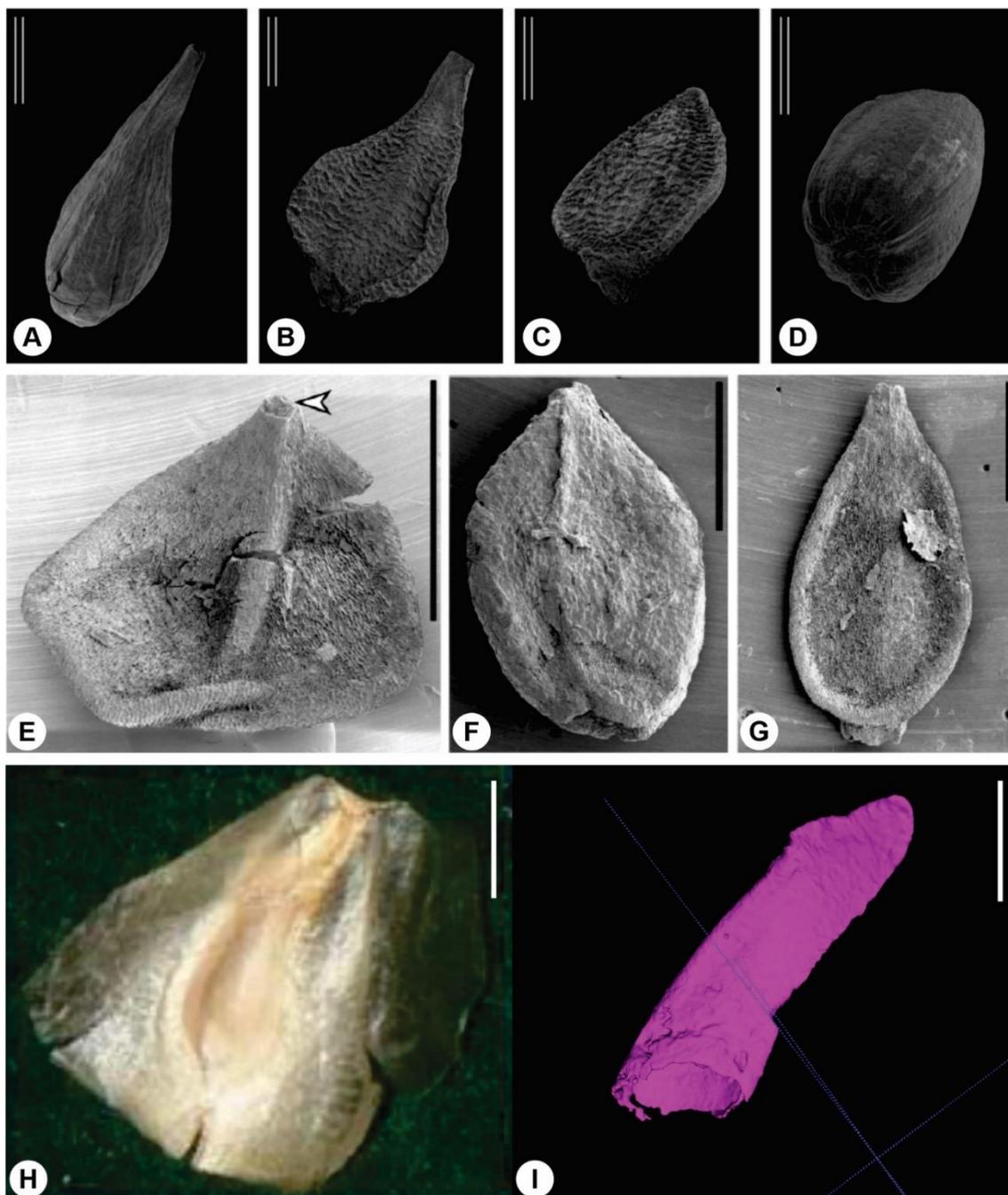
**Anexo 6.** Morfologia das estruturas reprodutivas de *Gnetum*. A, *Gnetum cuspidatum*, cones ovulares jovens de uma floresta tropical de planície em Sulawesi, Indonésia; B, *Gnetum gnemon*, cones ovulares produzindo abundantes gotículas de polinização; C, cones estaminados com óvulos estéreis nas pontas de seta; D, *Gnetum gnemon*, micrografia eletrônica de varredura de grão de pólen. E e F, *Gnetum gnemon*, micrografias eletrônicas de transmissão de estratificação de exina. end, endexina lamelar; gr, grânulos infratectais; te, tectum. Escala: A = 1,00 cm; B = 2,00 cm; C = 5,00 mm; D = 5,00  $\mu$ m; E e F = 1,00  $\mu$ m. Fonte das imagens (Ickert-Bond & Renner 2016).



**Anexo 7.** Cone ovular mostrando as unidades reprodutivas femininas verticiladas (FRUs). Fonte da imagem (Yang *et al.* 2017).



**Anexo 8.** Morfologia das estruturas reprodutivas de *Welwitschia mirabilis*. A, cones femininos; B, detalhe de extensões micropilares (mi) e gotículas de polinização; C, cones estaminados; D, detalhe de cone estaminado com massas pegajosas amarelas de grãos de pólen (po) e óvulo estéril central (sov) cercado por unidades reprodutivas estaminadas, observe sinangia composta de três esporângios fundidos (nas setas); E, micrografia eletrônica de varredura do grão de pólen poliplicado elipsoidal de *Welwitschia mirabilis*; F, micrografia eletrônica de transmissão da estratificação da exina do grão de pólen de *Welwitschia mirabilis*; G, espécimes cultivados em canteiro elevado na estufa do Jardim Botânico de Berlim; H, espécime feminino de *Welwitschia mirabilis* na Namíbia. End, endexina; gr, grânulos infratectais; mi, tubo micropilar; po, grãos de pólen; sov, óvulo estéril; sy, sinângio; te, tectum. Escala: A = 5,00 cm; B = 1,50 cm; C = 1,00 cm; D = 3,00 mm; E = 10,00  $\mu$ m; F = 5,00  $\mu$ m. (Ickert-Bond & Renner 2016).



**Anexo 9.** Alguns exemplares de sementes atuais e fósseis de Gnetophytas em comparação com a estrutura achatada encontrada no coprólito FUP-150. Sementes de espécies atuais do gênero *Ephedra*: A, *E. funerea*; B, *E. torreyana*; C, *E. rhytidosperra*; D, *E. major*. Espécimes de sementes fósseis de *Ephedra*: E-G, *E. portugallica*. H, semente atual da espécie *Welwitschia mirabilis*; I, estrutura longitudinal, achatada e fragmentada encontrada no coprólito FUP-150, associado a Sphagesauridae. Escala: A-D = 2,00 mm; E-G = 0,50 mm; H-I = 5,00 mm. Fonte das imagens: A-D (Ickert-Bond & Rydin 2011); E-G (Rydin *et al.* 2006); H (Bihrmann 2009); I (este trabalho).

### ***Referências dos anexos***

- BENHAMOU, N. & CHET, I. 1993. Hyphal interactions between *Trichoderma harzianum* and *Rhizoctonia solani*: Ultrastructure and gold cytochemistry of the mycoparasitic process. *Phytopatology*, **83**, 1062–1071.
- CHIN, K. 2007. The paleobiological implications of herbivorous dinosaur coprolites from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana: Why eat wood? *PALAIOS*, **22**, 554–566. 10.2110/palo.2006.p06-087r
- ICKERT-BOND, S. M. & RENNER, S. S. 2016. The Gnetales: Recent insights on their morphology, reproductive biology, chromosome numbers, biogeography, and divergence times. *Journal of Systematics and Evolution*, **54**, 1–16. 10.1111/jse.12190
- ICKERT-BOND, S. M. & RYDIN, C. 2011. Micromorphology of the seed envelope of *Ephedra* L. (Gnetales) and its relevance for the timing of evolutionary events. *International Journal of Plant Sciences*, **172**, 36–48. 10.1086/657299
- BIHRMANN, E. 2009. Growing *Welwitschia mirabilis*: A unique plant from the Namib Desert. Disponível em: <<http://www.bihrmann.com/Travel/NAM/W-Project-en.pdf>>.
- KHOSLA, A., CHIN, K., ALIMOHAMMADIN, H. & DUTTA, D. 2015. Ostracods, plant tissues, and other inclusions in coprolites from the Late Cretaceous Lameta Formation at Pisdura, India: Taphonomical and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **418**, 90–100. 10.1016/j.palaeo.2014.11.003
- RYDIN, C., PEDERSEN, K. R., CRANE, P. R. & FRIIS, E. M. 2006. Former Diversity of *Ephedra* (Gnetales): Evidence from Early Cretaceous Seeds from Portugal and North America. *Annals of Botany*, **98**, 123–140. 10.1093/aob/mcl078
- TAYLOR, T. N., TAYLOR, E. L. & KRINGS, M. 2009. *Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Academic Press, Amsterdam; Boston.

YANG, Y., XIE, L. & FERGUSON, D. K. 2017. Protognetales: A new gnetoid macrofossil family from the Jurassic of northeastern China. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, **28**, 67–77. 10.1016/j.ppees.2017.08.001