



## ANÁLISES MORFOMÉTRICAS DE FITÓLITOS: Subsídio para estudos de reconstituição da paleovegetação<sup>1</sup>

Jonathan Harrison Mozer<sup>2</sup>

Érica de Souza<sup>3</sup>

Pablo Vidal-Torrado<sup>4</sup>

Marco Madella<sup>5</sup>

Rodrigo Santana Macedo<sup>6</sup>

### RESUMO

A análise de fitólitos é uma ferramenta promissora das ciências interdisciplinares com fins de reconstituições paleobioclimáticas e paleoambiental. Fitólito é um bioindicador (*proxy*) formado a partir do processo de silicificação de células e/ou tecidos das plantas, tanto gramíneas quanto lenhosas, a partir da absorção do ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) do soluto do solo. Para compreender tais mudanças ambientais, através do sinal fitolítico preservado em solos e sedimentos, é necessário ter conhecimento da produção fitolítica atual por meio de elaboração de Coleções de Referência de Fitólitos Modernos (CRFM). A Floresta Ombrófila Densa Altomontana (FOAM) é uma fitofisionomia da Mata Atlântica que, além de ser um *hotspot* mundial é também carente de dados de fitólitos. Neste trabalho foram selecionadas 82 amostras de espécies representativas da FOAM para elaboração de uma CRFM. Nas 82 amostras de plantas estudadas foram identificados 51 morfotipos de fitólitos que representam a diversidade de produção desta fitofisionomia na área do Parque Estadual Carlos Botelho. Treze morfotipos se destacaram quanto a representatividade e significado taxonômico nesta CRFM e foram submetidos a análise morfométrica. Os resultados demonstraram que as famílias representativas da FOAM são abundantemente produtoras de fitólitos, com morfotipos representativos de plantas de hábito lenhoso, predominantemente adaptada ao ambiente úmido. Constatou-se alta redundância entre as espécies não-monocotiledôneas. Observou-se predominância de *Spheroid psilate* e *Blocky psilate* (63,4% e 46,3% da CRFM, respectivamente), sendo o *Spheroid psilate* o mais redundante, com tamanho médio entre 3 e 12 $\mu$ m, sendo a média de maior tamanho na amostra de Lauraceae (sp) e a menor na família de Bromeliaceae.

**Palavras-chave:** Fitólitos; Morfometria, Mata Atlântica, Sudeste.

<sup>1</sup> Este trabalho faz parte dos resultados prévios da dissertação do autor principal, subsidiada pelo Projeto CAPES PVE A115/2016, parceria das universidades nacionais (ESALQ/USP e UNIOESTE) e européia (Universidade Pompeu Fabra, Barcelona- ES).

<sup>2</sup> Mestrando do Curso de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, [jonathanmozer091@email.com](mailto:jonathanmozer091@email.com);

<sup>3</sup> Mestre pelo Curso de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

<sup>4</sup> Departamento de Solo e Nutrição de Plantas (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP).

<sup>5</sup> CaSEs Research Group, Department of Humanities, *Universitat Pompeu Fabra*, Barcelona, Espanha;

<sup>6</sup> Instituto Nacional do Semiárido, Av. Francisco Lopes de Almeida, S/N, Campina Grande, PB. CEP: 58429-970, Brazil.



## RESUMEN

El análisis de fitolitos es una herramienta prometedora para las ciencias interdisciplinarias con fines de reconstrucción paleobioclimática. El fitolito es un bioindicador (*proxy*) formado a partir del proceso de silicificación de células y/o tejidos vegetales, tanto gramíneos como leñosos, a partir de la absorción del ácido monosilícico ( $H_4SiO_4$ ) del soluto del suelo. Para comprender tales cambios, a través de la señal fitolítica fósil, es necesario tener conocimiento de las producciones fitolíticas modernas, para ello se realizan las Colecciones de Referencia de Fitólitos Modernos (CRFM). La Floresta Ombrófila Densa Altomontana (FOAM) es una fitofisiognomía de la Mata Atlántica y carece de datos fitolíticos. En este trabajo se seleccionaron 82 muestras de especies representativas de la FOAM para la elaboración de la CRFM. De las 82 muestras de plantas estudiadas, se identificaron 51 morfotipos de fitolitos que representan la diversidad fitolítica de la FOAM. Seleccionamos 13 morfotipos que ocurrieron con mayor representación y significado taxonómico en toda la CRFM para la morfometría. Los resultados de la CRFM demostraron que las familias representativas de la FOAM son abundantes productoras de fitolitos, con morfotipos representativos de plantas con hábitos leñosos, predominantemente adaptados al ambiente húmedo. Se encontró una alta redundancia entre las especies no-monocotiledóneas. Predomina el *Spheroid psilate* y el *Blocky psilate* (63,4% y 46,3% de la CRFM, respectivamente), siendo el *Spheroid psilate* el más redundante, con un tamaño promedio entre 3-12 $\mu$ m, siendo el promedio el mayor en la muestra de Lauraceae (sp) y el menor de la familia Bromeliaceae.

**Palabras clave:** Fitólitos; Morfometría, Mata Atlántica, Sureste.

## INTRODUÇÃO

Fitólito é uma biomineralização e representa um *proxy* biológico bastante durador no ambiente. São corpúsculos microscópicos de sílica opalina ( $SiO_2.nH_2O$ ) produzidos nos tecidos de plantas ao longo de seu ciclo vegetativo (STRÖMBERG et al., 2018). As plantas depositam, dentro e entre as células e no lúmen, o ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) absorvido do soluto do solo por meio das raízes e transportado até as diversas partes da planta por meio do sistema vascular (EPSTEIN, 2001). Esta polimerização produz corpúsculos de tamanho que variam entre 2 e 200 $\mu$ m, com formas reconhecíveis e transparentes com coloração caracteristicamente rosa-amarelada e se constituem em um sistema de identificação morfológica de moldes de opala (CALEGARI; VIDAL-TORRADO, 2020).

Os fitólitos permitem reconhecer a planta ou parte dela onde foram formados, permitindo assim, um emparelhamento entre a planta produtora e as assembleias preservadas em solos e sedimentos de diferentes naturezas (STRÖMBERG et al., 2018). Para entender o registro fitolítico fóssil é preciso elaborar uma Coleção de Referência de Fitólitos Modernos (CRFM) que saliente as particularidades da vegetação. As CRFM



reduzem os entraves à análise fitolítica promovidos pela multiplicidade (quando uma planta é produtora de variadas morfologias de fitólitos) e redundância (quando um mesmo morfotipo de fitólito é produzido por muita taxa) (ROVNER, 1971). A análise do conjunto de fitólitos preservados em solos e sedimentos é uma ferramenta que permite o entendimento da evolução das paisagens por meio da interpretação da dinâmica da vegetação (diretamente) e climática (indiretamente) em escala local.

Diversas áreas da ciência como a paleobotânica, geografia, arqueologia, paleontologia, ecologia, pedologia e afins têm se apropriado dessa técnica para interpretações variadas, onde a fusão dos meios de análise, provenientes dessas ciências-mãe, geram subsídios e dados que colaboram para a formação de uma superdisciplina, onde a análise fitolítica flui multidisciplinarmente (RASHID et al., 2019).

No Brasil, a análise de fitólitos tem se popularizado como mais uma ferramenta para entendimento das memórias do solo, subsidiando estudos de reconstituição paleoambiental, gênese de solos, evolução de paisagem, além dos já consagrados estudos arqueológico e paleoetnobotânico e ambientais (CALEGARI; VIDAL-TORRADO, 2020). O emprego do fitólito na reconstituição dos paleoambientes tem se mostrado mais eficaz em comparação a outros *proxies*, pois existe situações em que ele é o único *proxy* que se preserva no solo e no sedimento (CALEGARI; VIDAL-TORRADO, 2020).

Informações sobre a morfometria dos fitólitos representa uma análise importante, pois permite em alguns casos, através da variação de tamanho das formas redundantes, diferenciar famílias e até gênero das plantas produtoras (BALL et al., 2015). Estudos mostram que os dados morfométricos permitem uma melhor correlação e emparelhamento com as plantas e refinam as interpretações sobre a fitofisionomia da área, sobre o uso e manejo de plantas por grupos humanos (OUT; MADELLA, 2015)

Assim, no presente trabalho exploramos a produção de fitólitos e a variância de tamanho entre os morfotipos representativos das principais espécies e famílias de plantas representativas da Floresta Ombrófila Densa Altomontana (FOAM), coletadas no Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), no Estado de São Paulo. O PECB abriga uma das maiores áreas contínuas dessa fitofisionomia, sendo, portanto, base para o conhecimento da estrutura do ecossistema original, ou o que mais se aproxima dele, e para estabelecer a assinatura fitolítica (*fingerprinting*) dessa fitofisionomia que faz parte de um dos biomas mais ricos em biodiversidade e mais ameaçado do planeta, ou seja, um *hotspot*.

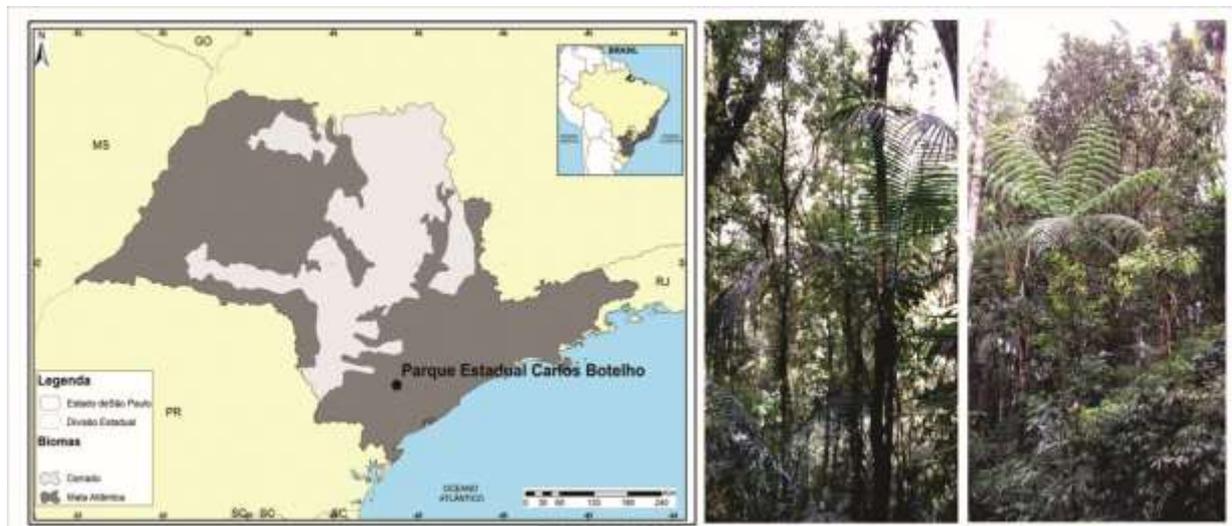


Apesar de uma visível tendência de crescimento dos estudos empregando a análise fitolítica no Brasil (SOUZA, 2019), poucos são aqueles voltados para elaboração e interpretação de coleções de referência para os biomas brasileiros e menos ainda aqueles que se dedicam a morfometria dos fitólitos. Assim justifica-se a escolha da temática deste trabalho, que visa criar subsídios para os estudos de reconstituição paleoambiental baseados na assembleia de fitólitos. Para isso objetiva-se especificamente (i) conhecer a produção de fitólitos das espécies de plantas representativas da FOAM (coleção de referência), (ii) estabelecer a redundância dos morfotipos na coleção de referência de plantas modernas da FOAM e, (iii) minimizar o efeito da redundância por meio da morfometria dos fitólitos.

## METODOLOGIA

A coleta de amostras de plantas foi realizada em um fragmento de FOAM no Parque Estadual Carlos Botelho, na Serra do Mar (Figura 1).

Figura 1. Localização e aspecto da área do estudo



Fonte: Mozer, 2021

O parque possui área de 37.644,36ha, localizada no Vale Ribeirado Iguape (SP) e engloba parte de quatro municípios: Sete Barras, Tapiraí, São Miguel Arcanjo e Capão Bonito (entre 24° 00' a 24° 15' S e 47° 55' a 48° 05' W), com altitudes que variam de 30 a 1.003m. No total foram coletadas 500g para cada uma das 82 amostras de folhas de que representam 79 espécies de plantas (sendo em duplicatas), pertencente a 39 famílias da



plantas mais representativas em termos de ocorrência no local e da fitofisionomia da FOAM (Quadro 1).

QUADRO 1. Lista de família de plantas coletadas para compor a CRFM da FOAM.

<b>Família</b>	<b>Número de espécies amostradas</b>	<b>Família</b>	<b>Número de espécies amostradas</b>
Acanthaceae	1	Maranthaceae	1
Annonaceae	4	Melastomataceae	2
Apocynaceae	1	Meliaceae	1
Araceae	1	Monimiaceae	2
Arecaceae	4	Moraceae	1
Asteraceae	2	Myrtaceae	6
Bignoniaceae	2	Piperaceae	2
Bromeliaceae	2	Phyllanthaceae	1
Bursenaraceae	1	Poaceae	5
Chrysobalanaceae	2	Polygonaceae	1
Clusiaceae	1	Primulaceae	2
Cunoniaceae	1	Rubiaceae	5
Cyatheaceae	2	Rutaceae	1
Cyperaceae	2	Sabiaceae	1
Elaeocarpaceae	1	Salicaceae	2
Euphorbiaceae	1	Selaginellaceae	1
Fabaceae	7	Smilacaceae	1
Lamiaceae	1	Sapindaceae	3
Lauraceae	5	Sapotaceae	2
Malpighiaceae	1	<b>Total</b>	<b>82</b>

As plantas foram identificadas por um botânico, organizadas em exsicatas e cadastradas no herbário da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, em Piracicaba (SP). Parte das amostras foram levadas até Laboratório de Estudos da Dinâmica Ambiental – LEDA da UNIOESTE – *Campus*, Marechal Cândido Rondon (PR).



A extração dos fitólitos foi realizada seguindo os procedimentos conhecido como *dry ashing*, adaptados de Campos; Labouriau (1969) e Piperno (2006). O material extraído – fração insolúvel ao ácido (FIA) - foi pesada e utilizada para preparação de lâminas permanentes com Enterllan® para contagem dos fitólitos e em óleo de imersão para identificação e análises morfológica e morfométrica em microscópio petrográfico trinocular Kozo®, em magnificação de 40x. Foram descritos e contados no mínimo 300 morfotipos para cada amostra produtora de fitólito. A descrição e classificação morfológica seguiram o ICPN 2.0 (ICPT, 2019) e a morfometria foi realizada conforme Ball et al., (2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A CRFM está composta pelas 82 amostras de espécies pertence a 39 famílias de plantas representativas da FOAM. A maioria das famílias amostradas se revelou excelente produtora de fitólitos. Nesta coleção, 73% das espécies (contando as duplicadas) apresentaram produção abundante de fitólitos (60 espécies), 15% produção boa (12 espécies), 5% produção rara (4 espécies) e 7% não produziram fitólitos (6 espécies) (Tabela 1).

Tabela 1. Produção de fitólitos nas famílias analisadas neste estudo

Família	Prod.	Família	Prod.	Família	Prod.	Família	Prod.
Acanthaceae	A	Clusiaceae	B	Maranthaceae	A	Primulaceae	N - A
Annonaceae	R - A	Cunoniaceae	A	Melastomataceae	N - B	Rubiaceae	B - A
Apocynaceae	A	Cyatheaceae	A	Meliaceae	N	Rutaceae	A
Araceae	N	Cyperaceae	A	Monimiaceae	B - A	Sabiaceae	N
Arecaceae	A	Elaeocarpaceae	A	Moraceae	A	Salicaceae	R - A
Asteraceae	A	Euphorbiaceae	A	Myrtaceae	B - A	Sapindaceae	P
Bignoniaceae	R - A	Fabaceae	N - R - A	Phyllanthaceae	A	Sapotaceae	A
Bromeliaceae	B - A	Lamiaceae	A	Piperaceae	A	Selaginellaceae	A
Burseraceae	A	Lauraceae	A	Poaceae	A	Smilacaceae	R
Chrysobalanaceae	A	Malpighiaceae	B	Polygonaceae	B		

N – Produção nula; R – Produção rara; B – Boa produção; A – Produção abundante (As famílias que apresentaram mais de uma classificação são variantes de produção entre as espécies)



Foram contados no total 23.688 fitólitos e identificados 51 morfotipos diferentes (Tabela 2). Em média, dentre as espécies classificadas com produção abundante, foram identificados seis morfotipos por amostra.

Tabela 2: Lista de morfotipos identificado na CRFM e a ocorrência por espécies

MORFOTIPOS*	Número de espécies **	MORFOTIPOS	Número de espécies **
<i>Acute scrobiculate</i>	1	<i>Elongate sinuate</i>	20
<i>Acute bulbosus</i>	20	<i>Jig-saw epidermic cell</i>	13
<i>Amoeboid brachiate</i>	13	<i>Oblong</i>	1
<i>Amoeboid granulate</i>	8	<i>Papillate</i>	3
<i>Bilobate</i>	3	<i>Polygonal epidermic cell</i>	25
<i>Blocky cavate</i>	7	<i>Polygonal (cyperus)</i>	2
<i>Blocky faceted</i>	12	<i>Polylobate</i>	2
<i>Blocky granulate</i>	6	<i>Rondel</i>	1
<i>Blocky irregular</i>	2	<i>Saddle</i>	6
<i>Blocky polyedral faceted</i>	10	<i>Spheroid echinate</i>	6
<i>Blocky psilate</i>	38	<i>Spheroid cavate</i>	32
<i>Blocky triangular</i>	2	<i>Spheroid psilate</i>	52
<i>Blocky velloate (Chusquea)</i>	4	<i>Spheroid ornate</i>	13
<i>Bulliform flabellate</i>	2	<i>Stellate</i>	1
<i>Claviform</i>	2	<i>Stomate</i>	17
<i>Conical</i>	3	<i>Tabular granulate</i>	8
<i>Conical with acute basal projections</i>	1	<i>Tabular psilate</i>	32
<i>Crenate</i>	1	<i>Tabular striate</i>	6
<i>Cross</i>	3	<i>Tabular geniculate</i>	1
<i>Elipsoidal psilate</i>	19	<i>Tabular velloate</i>	3
<i>Elipsoidal granulate</i>	2	<i>Tabular faceted</i>	5
<i>Elongate cylindrical</i>	2	<i>Tabular polygonal</i>	1
<i>Elongate dentate</i>	5	<i>Tracheary anullate/helical</i>	22
<i>Elongate entire</i>	26	<i>Trapezoid</i>	4
<i>Elongate aerolate</i>	1	<i>Trichome base</i>	3
<i>Elongate clavate</i>	1		

\*\* Nomes mantidos em inglês para correspondência com literatura internacional, cf. ICPN 2.0.

\*número de espécies que apresentaram produção do morfotipo

A maioria das espécies reproduziu o mesmo morfotipo dentro de sua própria produção, ou seja, baixa diversidade e alta redundância, intra e entre famílias. Para autores como Rovner (1971) a redundância é uma das maiores limitações da análise fitolítica,



pois ela dificulta inferências específicas de presença de espécies/famílias nas assembleias empregadas nos estudos de reconstituições paleovegetativas, tal como observado em nossos resultados.

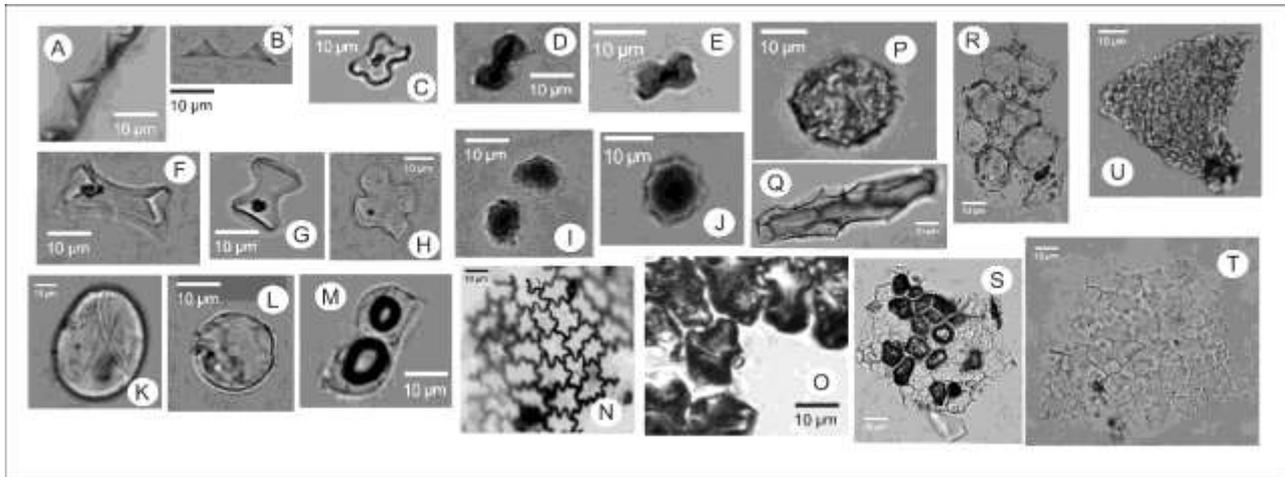
Dentre toda a produção fitolítica da FOAM, o morfotipo *Spheroid psilate* foi morfotipo o mais redundante, pois foi identificado em 52 espécies pertencentes a 30 famílias, representado 63,4% da CRFM, em porcentagem de frequência maior que 1%. Mercater et al (2009) destaca que este morfotipo é produzido no tronco e nas folhas de espécies lenhosas, mas em algumas elas só ocorrem na madeira. Como a presente coleção analisou apenas folhas de vale destacar a alta ocorrência deste morfotipo entre as famílias analisadas, refletindo a estrutura de floresta densa observada no local. Ele representa muito bem as espécies arbóreas lenhosas da área, ainda que na literatura ele não seja considerado diagnóstico para estas plantas (BREMONT et al., 2005).

O *Blocky psilate*, foi identificado na assembleia extraída das folhas de 38 espécies (46% da CRFM) pertencente a 24 famílias de plantas, predominantemente de hábito arbóreo. São estes representativos de ambientes florestados, corroborando outros trabalhos que o citam como produzido por espécies de floresta (MERCADER et al., 2009; PIPERNO, 2006). Mercater et al (2019) destacam que no estudo realizado na África poucas foram as famílias que produziram esse morfotipo em proporção relevante, sendo na madeira a maior produção para a maioria das famílias estudadas por eles.

Os dois morfotipos mais redundantes dessa coleção, o *Blocky psilate* e o *Spheroid psilate*, são formas que muitas vezes não se originam em estruturas anatômicas bem definidas (VRYDAGHS; BALL; DEVOS, 2016), correspondendo a uma silicificação atípica nestas plantas.

No conjunto de dados da CRFM foram identificados 13 morfotipos considerados mais representativos pela sua alta frequência entre as espécies produtoras e por possuírem significativa redundância entre as espécies estudadas neste trabalho (Figura 2). São eles: *Bilobate*, *Blocky faceted*, *Blocky granulate*, *Blocky psilate*, *Cross*, *Conical*, *Jig-saw epidermic cell*, *Polygonal epidermic cell*, *Saddle*, *Spheroid echinate*, *Spheroid cavate*, *Spheroid ornate* e *Spheroid psilate*.

Figura 2. Morfotipos mais representativos da Coleção de Referência de Fitólitos Modernos



A-B Conical (Cyperaceae *Pleurostachys distichophylla*); C-D-E) Bilobate (Poaceae *Paspalum*); F-G) Saddle (Poaceae *Chusquea* sp); H) Cross (Poaceae *Parodiolyra micrantha*); I-J) Spheroid echinate (Arecaceae *Euterpe edulis*); K-L) Spheroid psilate (K Lauraceae *Nectandra oppositifolia*, L Asteraceae *Adenostemma brasiliamum*); M) Spheroid cavate (Begoniaceae *Begonia*); N) Jig-saw epidermic cell (Annonaceae); O) Blocky psilate (Myrtaceae); P) Spheroid ornate (Salicaceae *Casearia sylvestris*); Q) Blocky faceted (Annonaceae *Guatteria*); R-S-T) Polygonal epidermic cell (R Myrtaceae *Eugenia*, S Apocynaceae *Aspidosperma olivaceum*, T Myrtaceae *Eugenia*); U) Blocky granulate. (Rubiaceae *Psychotria forsteronioides*)

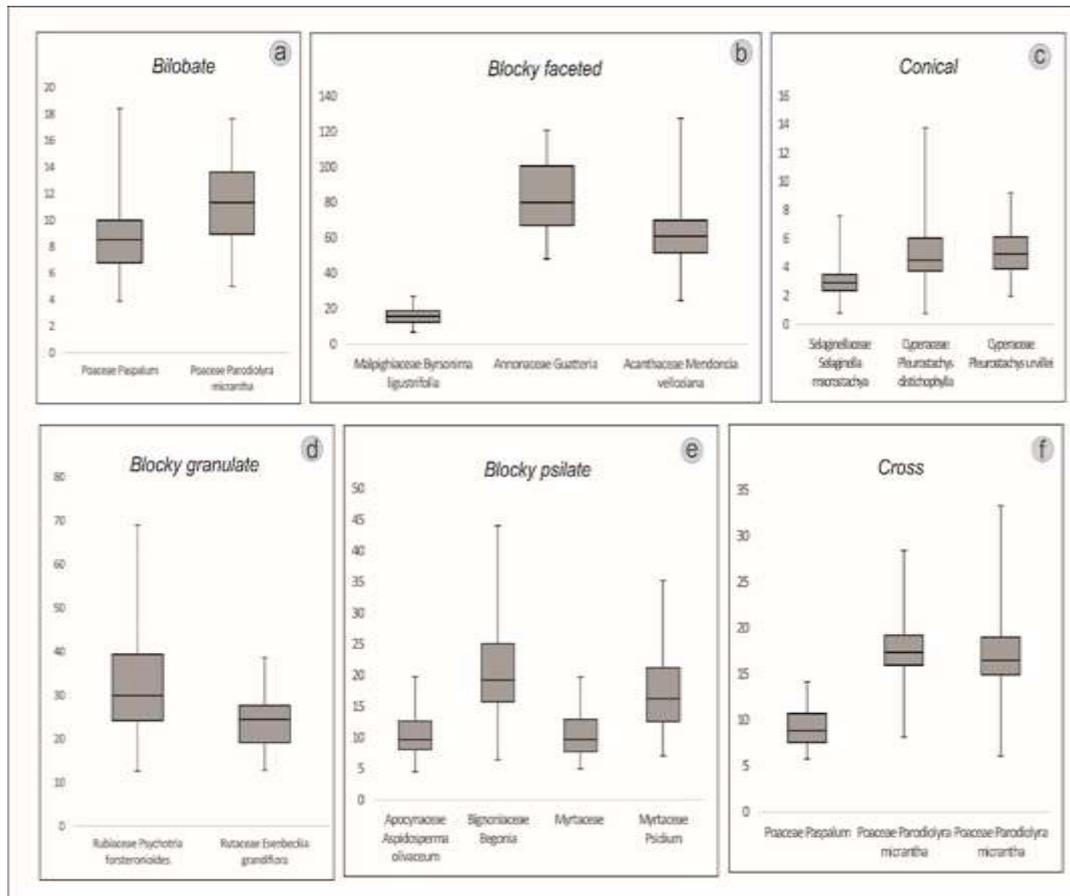
O morfotipo *Spheroid psilate* foi o mais representativo em 29 espécies, sendo que 79,3% delas são plantas de hábito arbóreo/arbustivo (árvores e arvoretas), 10,3% trepadeiras (hábito escaldante), 3,4% herbáceas, 3,4% arborescente (pteridófitas). O tamanho médio deste morfotipo variou entre 3µm, nas Bromeliaceae, e 12µm, nas Lauraceae (sp) (figura 5). Com isso, pode-se considerar que são necessárias mais amostras para poder dirimir a redundância para este morfotipo, pois mesmo em filogenias este morfotipo não apresentou diferença estatística significativa (Figura 5), inviabilizando a separação entre famílias. Entretanto, este resultado aporta importante informação para identificação de plantas de hábito arbóreo e arbustivo, necessária na diferenciação de estrutura de vegetação, trocas de vegetação (campo x floresta, cerrado x floresta) (BREMONT et al., 2005) e na interpretação de mudanças no ambiente (CALEGARI et al., 2013).

Somente dois morfotipos apresentaram diferença significativa com potencial para diferenciação entre famílias. O *Block faceted*, identificado em três famílias de não-monocotiledoneae (Figura 3b), apresentou variação na amostra de *Byrsonima ligustrifolia* (Malpighiaceae) com tamanho médio 15,6 µm (±4,9), diferindo-se das demais amostras



do gênero *Gutteria* (Annonaceae)  $83,2\mu\text{m}$  ( $\pm 19,6$ ) e de *Mendoncia velloziana* (Acanthaceae)  $63,8\mu\text{m}$  ( $\pm 21,5$ ).

Figura 3. Variação de tamanho dos morfotipos representativos em Boxplot ( $\mu\text{m}$ )



O morfotipo *Polygonal epidermic cell* apresentou forte redundância, sendo identificado, em proporção representa, em 12 espécies. Somente a *Hirtela hebeclada* (Chrysobalanaceae) apresentou tamanho médio de  $113,2\mu\text{m}$  ( $\pm 2,2$ ) que permitiu diferenciá-la das demais produtoras desse morfotipo (Figura 4b), que apresentaram tamanho médio menor.

Os dados morfométricos não foram suficientes para dirimir a redundância observada na maioria dos morfotipos selecionados para esta análise. Observou-se baixa variabilidade no tamanho dos morfotipos entre as famílias que os produzem (Figuras 3,4 e 5). Desta forma, está claro que mais estudos são necessários para conhecer a redundância observada entre esses 13 morfotipos.



Figura 4. Variação de tamanho dos morfotipos representativos em Boxplot ( $\mu\text{m}$ )

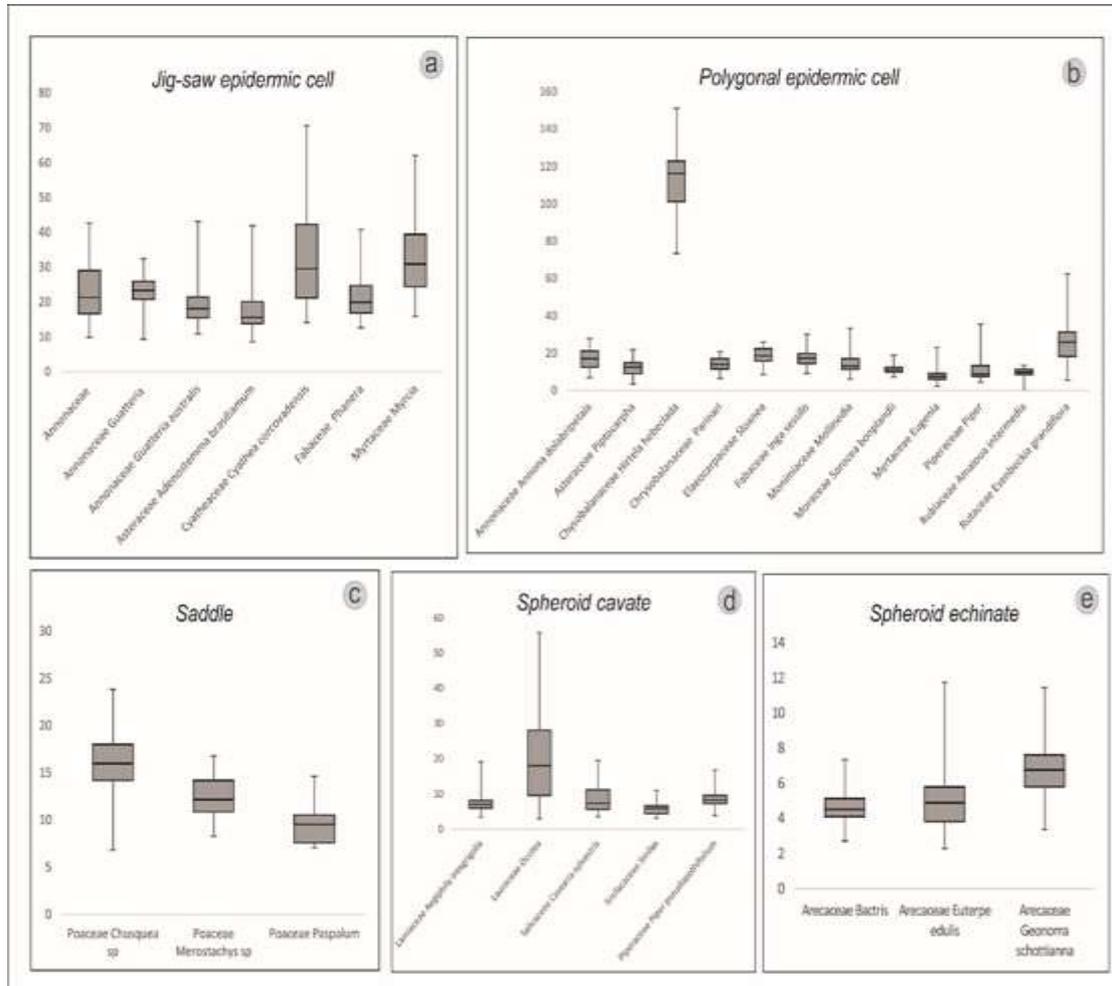
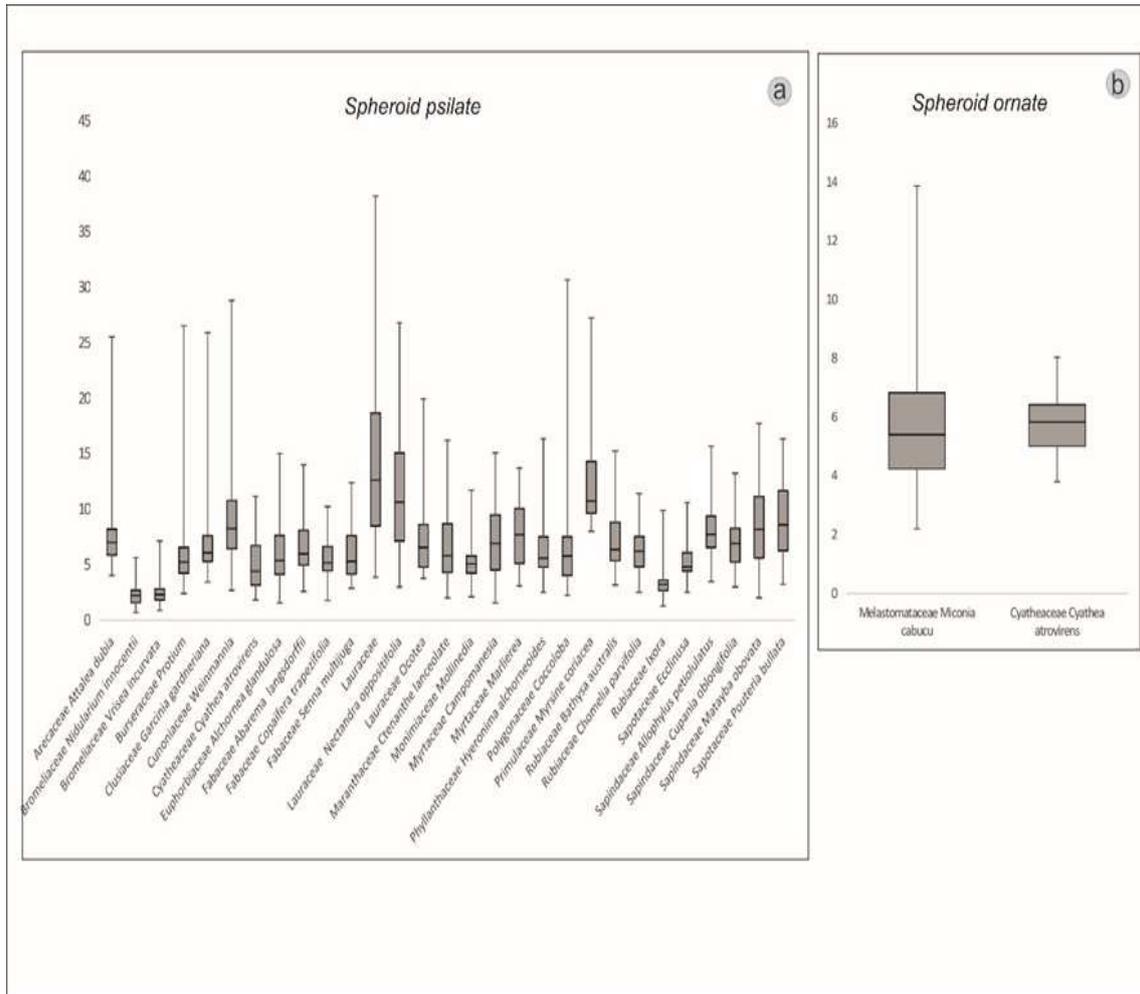




Figura 5. Variação de tamanho dos morfotipos representativos em Boxplot ( $\mu\text{m}$ )



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos a primeira taxonomia quantitativa de fitólitos para a fitofisionomia da FOAM, pertence ao Bioma Mata Atlântica. A elaboração da coleção de referência de fitólitos de folhas de 82 espécies, pertencentes a 39 famílias de plantas representativa dessa fitofisionomia permitiu conhecer a produção e a diversidade de fitólitos produzido por estas plantas com potencial de comporem o perfil fitolítico preservado no solo. Esses são dados, pioneiros, ajudam minimizar a falta de informações sobre produção de fitólitos pelas plantas dos biomas brasileiros, necessários para subsidiar os estudos de reconstituição paleoecológica e paleoambiental baseadas neste *proxy*.

Assim como em outras coleções realizada em regiões tropicais fora do Brasil, concluímos que as espécies lenhosas apresentam produção variada fitólitos e os morfotipos são muitos redundantes e altamente polimórficos. O conjunto de espécies



analisados nesta CRFM apresentou 51 morfotipos diferentes. Os morfotipos mais redundantes foram *Spheroid psilate*, observado em 52 espécies e o *Blocky psilate*, em 38 espécies.

A produção de fitólitos apresentou bom emparelhamento com as plantas produtos e a estrutura florestada da fitofisionomia da FOAM, cuja assembleia com potencial de preservação no solo permite marcar claramente o domínio de plantas de hábito arbóreo/arbustivo, importante informação para entendimento das condições ambientais em que se desenvolvem.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro no desenvolvimento da pesquisa (Projeto CAPES-PVE A115/2013) e pela bolsa de mestrado do primeiro autor. A Botânico Gabriel Dalla Colleta pela identificação das plantas e apoio nos trabalhos de campo.

## REFERÊNCIAS

BALL, T. et al. A morphometric study of variance in articulated dendritic phytolith wave lobes within selected species of Triticeae and Aveneae. **Springer-Verlag**, p. 1–13, 2015.

BAUERMANN, S. G.; BEHLING, H. Dinâmica paleovegetacional da Floresta Ombrófila com Araucária a partir do final do Pleistoceno: o que mostra a palinologia. In: FONSECA, C. R. et al. (Eds.). . **Floresta com Araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2009. p. 36–39.

BREMOND, L. et al. A phytolith index as a proxy of tree cover density in tropical areas: Calibration with Leaf Area Index along a forest-savanna transect in southeastern Cameroon. **Global and Planetary Change**, v. 45, n. 4, p. 277–293, 2005.

CALEGARI, M. R. et al. Combining phytoliths and  $\delta^{13}\text{C}$  matter in Holocene palaeoenvironmental studies of tropical soils: An example of an Oxisol in Brazil. **Quaternary International**, v. 287, 2013.

CALEGARI, M. R.; VIDAL-TORRADO, P. Memórias bióticas de solos selecionados da XIII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: condições ambientais e pedogênese. In: SILVA, M. B. E et al. (Eds.). . **Guia de Campo da XIII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC do Maranhão**. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2020. p. 546–565.

CAMPOS, A. C. DE; LABOURIAU, L. G. Corpos Silicosos de Gramineas dos Cerrados II. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 4, p. 143–151, 1969.



EPSTEIN, E. Silicon in plants: Facts vs. concepts. In: DATNOFF, L.E; SNYDER, G.H; KORNDORFER, G. . (Ed.). . **Silicon in Agriculture**. 1. ed. California: Elsevier Science, 2001. p. 1–15.

ICPT, I. C. FOR P. T. et al. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. **Annals of Botany**, v. 124, n. 2, p. 189–199, 24 set. 2019.

MERCADER, J. et al. Phytoliths in woody plants from the Miombo woodlands of Mozambique. **Annals of Botany**, v. 104, n. 1, p. 91–113, jul. 2009.

OUT, W. A. .; MADELLA, M. Morphometric distinction between bilobate phytoliths from *Panicum miliaceum* and *Setaria italica* leaves. **Anthropol. Sci**, v. 10, n. Archaeol., 2015.

PIPERNO, D. R. **Phytoliths : a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists**. [s.l.] AltaMira Press, 2006.

RASHID, I. et al. Phytoliths as proxies of the past. **Earth-Science Reviews**, v. 194, p. 234–250, 1 jul. 2019.

SOUZA, E. DE. **Reconstituição Paleoambiental a partir do sinal fitolítico na ESEC Caetetus – Gália (SP)**. [s.l.] Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Campus Mal Cdo Rondon, 2019.

STRÖMBERG, C. A. E. et al. Phytoliths in Paleoecology: Analytical Considerations, Current Use, and Future Directions. In: D. A. CROFT ET AL. (Ed.). . **Methods in Paleoecology: Reconstructing Cenozoic Terrestrial Environments and Ecological Communities**. [s.l.] Springer International Publishing AG, 2018. p. 235–287.

VRYDAGHS, L.; BALL, T. B.; DEVOS, Y. Beyond redundancy and multiplicity. Integrating phytolith analysis and micromorphology to the study of Brussels Dark Earth. **Journal of Archaeological Science**, v. 68, p. 79–88, abr. 2016.