



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 12, nº 1 (2026)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2026v12n1ID42566>



CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL DO BAIXO CURSO DO RIO MOURÃO, PARANÁ - BRASIL

Paleoenvironmental characterization of the lower course of the Mourão River, Paraná – Brazil

Mauro Parolin¹; Luan Maler de Oliveira²; João Cláudio Alcântara dos Santos³; Nelson Vicente Lovatto Gasparetto⁴

1. Universidade Estadual do Paraná (Unespar), Campo Mourão-PR, Brasil. E-mail: mauroparolin@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3934-5535>
2. Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-PR, Brasil. E-mail: luan-m@live.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4138-7232>
3. Centro Universitário Integrado, Campo Mourão-PR, Brasil. E-mail: joao.claudio@grupointegrado.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5531-3596>
4. Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-PR, Brasil. E-mail: gasparetto31@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1293-4110>

Resumo: O estudo analisou o processo de formação de um terraço aluvial no baixo curso do rio Mourão (Engenheiro Beltrão - Paraná/Brasil), via identificação e quantificação de fitólitos e espículas de esponjas de água doce de um testemunho sedimentar de 105 cm de profundidade (Datação ^{14}C = 2.426 – 2.957 anos cal AP. e $\delta^{13}\text{C}$ -22,3‰). As espículas e fitólitos foram registradas a partir de 75 cm, em 45 cm foi possível o estabelecimento de índices fitolíticos (Cobertura Arbórea; Adaptação a Áridez e Estresse Hídrico). Foram identificadas três fases paleoambientais: i) 75 a 65 cm - areia e argila (~40%), baixa preservação e diversificação de fitólitos (< 100), sem espículas - período sem água/pouco tempo de residência de água, dados de $\delta^{13}\text{C}$ sugerem domínio de planta C_3 , representado predominantemente por vegetação arbórea; ii) 65 a 15 cm - predomínio de argila (máx. 60%), aumento da diversificação e concentração de fitólitos da base para o topo (máx. 220), índices fitolíticos relacionados à maior proporção de dicotiledôneas (arbóreas e arbustivas), presença de Poaceae mesófilas, fitólitos de Podostemaceae e de espículas de esponjas (gemoscleras de *Oncosclera navicella*) - formação da planície aluvial; iii) 15 a 0 cm - predomínio de argila (55%), concentração de fitólitos (> 250), ausência de espículas e fitólitos de Podostemaceae, índices fitolíticos relacionados a presença de Poaceae xerófitas e redução da cobertura arbórea - estabelecimento do terraço.

Palavras-chave: Holoceno; fitólitos; espículas de esponjas.

Abstract: This study investigates the formation of an alluvial terrace in the lower course of the Mourão River (Engenheiro Beltrão, Paraná, Brazil) through phytolith and freshwater sponge spicule analysis in a 105 cm sediment core (^{14}C : 2,426–2,957 cal yr BP; $\delta^{13}\text{C}$ = -22.3‰). Spicules and phytoliths appear from 75 cm depth; phytolith indices (Tree Cover, Aridity, Water Stress Adaptation) were established from 45 cm upward. Three phases emerged: (i) 75–65 cm: sandy-clay matrix (~40% clay), low phytolith preservation and diversity (<100), no spicules — suggesting ephemeral or absent water; $\delta^{13}\text{C}$ indicates C_3 plants, mainly arboreal cover; (ii) 65–15 cm: clay-dominated (up to 60%), rising phytolith concentration and diversity (up to 220), indices pointing to more dicotyledons, mesophytic Poaceae, Podostemaceae phytoliths, and *Oncosclera navicella* gemmoscleres — alluvial plain development; (iii) 15–0 cm: clay-rich (55%), high phytolith counts (>250), no spicules or Podostemaceae — indices show xerophytic grasses and reduced tree cover, marking terrace stabilization.

Keywords: Holocene; phytolith; sponge spicules.

Recebido: 02/01/2026; Aceito: 24/03/2026; Publicado: 06/04/2026.

1. Introdução

O estado do Paraná possui uma fitogeografia complexa. Embora totalmente inserido no Bioma Mata Atlântica (presença de Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa), o seu território apresenta fitofisionomias típicas do Bioma Cerrado, além de campos. O entendimento da gênese desse mosaico parte de pesquisas envolvendo a reconstituição paleoambiental, principalmente ligadas ao período Quaternário. Nesse sentido, as informações contendo datações absolutas e informações paleoambientais, são importantes para o entendimento dessa configuração peculiar da paisagem paranaense.

As planícies aluviais são locais propícios para a execução de estudos paleoambientais e paleoclimáticos, principalmente por conta da preservação no sedimento de estruturas que podem servir como parâmetro de avaliação, denominados de dados *proxy*, e.g. grãos de pólen, fitólitos, espículas de esponjas, frústulas de diatomáceas, entre outros.

Neste contexto, a pesquisa teve por objetivo realizar a reconstrução paleoambiental do baixo curso do rio Mourão, a partir de um testemunho sedimentar obtido em sua margem esquerda, no distrito de Ivaíândia, município de Engenheiro Beltrão no estado do Paraná/Brasil. O rio Mourão tem seu leito encaixado em praticamente toda a sua extensão, no entanto em determinadas áreas do baixo curso é possível observar a formação de pequenas planícies e terraços.

No intuito de comparar e aprimorar o entendimento paleoambiental da bacia (e.g. LADCHUK *et al.*, 2016; LUZ *et al.* 2019), bem como de tentar estabelecer uma cronologia para a formação de planícies aluviais e terraços, resolveu-se estudar o conteúdo sedimentar de um pequeno terraço localizado na margem esquerda do rio baixo curso do rio Mourão, utilizando-se da quantificação e identificação de fitólitos e espículas de esponjas de água doce.

Os fitólitos são corpos microscópicos de opala silicosa precipitados nos tecidos das plantas (MEDEANIC *et al.*, 2008). Esses corpos silicosos podem se formar no lúmen, e nos espaços intra e extracelulares das plantas ainda vivas (PIPERNO, 1988). Os fitólitos apresentam tamanhos isométricos a célula de origem formando um “molde” (COE *et al.*, 2012). Após a morte e decomposição da planta ou parte dela, os fitólitos normalmente apresentam resistência a degradação no meio ambiente (PIPERNO, 1988). Como os fitólitos são compostos essencialmente por sílica, podem se preservar em solos ou depósitos com altas frações arenosas, apresentando assim vantagens em relação a outros *proxies*, como por exemplo, os grãos de pólen. Neste sentido, nos últimos anos esses corpos de sílica biogênica vêm sendo amplamente utilizados em estudos de reconstituição paleoambiental como os de Rasbold *et al.* (2020), Marcolin *et al.* (2023), Fonseca *et al.* (2025), entre outros.

As esponjas são animais aquáticos que pertencem ao filo Porifera, visto a presença de poros na superfície. Trata-se de organismos sésseis, metazoários, que vivem aderidos a substratos rochosos ou mesmo sobre restos de vegetação submersa, incrustando raízes de macrófitas, galhos ou troncos de árvores em regiões que sofrem inundações sazonais, como nas várzeas dos grandes rios amazônicos (VOLKMER-RIBEIRO e PAULS, 2000).

O esqueleto das esponjas é constituído por espículas, podendo ser carbonáticas (esponjas marinhas) ou silicosas (esponjas marinhas e de água doce – Classe Demospongiae), que entrelaçam-se constituindo uma trama complexa, gerando sustentação ao corpo principal, assim, constituindo a estrutura para as células vivas (VOLKMER-RIBEIRO e PAROLIN, 2010).

As esponjas de água doce podem apresentar três variações ou categorias de espículas, megascleras, microscleras e gemoscleras (VOLKMER-RIBEIRO e PAULS, 2000): i) megascleras – sustentam o esqueleto, são de maior tamanho (a depender do desenvolvimento e da espécie de esponja, geralmente $> 100\mu\text{m}$) quando comparadas a outras categorias; ii) microscleras – estruturas menores que as megascleras (podendo chegar a valores $< 10\mu\text{m}$), ocorrentes na pinacoderma, no entanto, nem todas as esponjas a possuem; iii) gemoscleras presentes nas gêmulas, geralmente menores que as megascleras (raramente passando $100\mu\text{m}$), fundamentais para a identificação específica. As espículas silicosas, assim como os fitólitos, são potencialmente bem preservadas em sedimentos. As espículas permanecem no ambiente após o período senil, em que ocorre a desintegração da matéria orgânica, restando apenas as espículas soltas nas partículas de sedimentos.

Em se tratando de reconstituição paleoambiental com espículas de esponjas, a primeira área pesquisada no Brasil foi a Serra dos Carajás no estado do Pará (VOLKMER-RIBEIRO e TURCQ, 1996). Em levantamento operado por Kalinovski *et al.* (2016) sobre o estado da arte da produção científica no Brasil, relacionada a esponjas de água doce até o início de 2015, pode ser constatado um total de 31 publicações relacionando seu uso à reconstrução paleoambiental. Parolin *et al.* (2008) estabeleceram um interessante marco para o uso das espículas de esponjas em reconstruções paleoambientais, bem como para a sedimentologia, criando o termo espongo fácies, definido como sequências nas quais espículas de espécies de esponjas continentais predominam e indicam condições paleoambientais específicas. Dentre as publicações mais recentes que utilizaram as espículas de esponjas para fins de reconstrução paleoambiental pode-se citar Rasbold *et al.* (2021), Docio *et al.* (2021), Silvestre *et al.* (2021), entre outros.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

A Bacia do rio Mourão (Figura 1) está situada na região Centro Ocidental do Paraná/Brasil, no Terceiro Planalto paranaense, em sua subdivisão denominada Planalto de Campo Mourão (MAACK, 2012). O rio que nomina a bacia é afluente da margem esquerda do rio Ivaí, segundo maior rio em extensão do Paraná. Segundo Mezzomo (2013) o rio Mourão é de quinta ordem, suas nascentes estão localizadas nos municípios de Luiziana e Mamborê, respectivamente. Em direção a foz o rio percorre cerca de 200 km (sentido nordeste), apresentando diversas quedas d'água e cachoeiras, passando pelos municípios paranaenses de Luiziana, Campo Mourão, Peabiru, Engenheiro Beltrão e Quinta do Sol.

Em relação à Geologia, o rio assenta-se sobre rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral, sendo raros os momentos em que o curso atravessa o Grupo Caiuá.

O clima é classificado como subtropical mesotérmico (Koppen). A média de temperatura no mês mais frio é inferior a 18 °C e no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas no verão, sem uma estação seca bem definida (IAPAR, 2007).

Em relação a vegetação, a Bacia Hidrográfica do rio Mourão está inserida no bioma Mata Atlântica com fitofisionomia correspondente a Floresta Estacional Semidecidual (médio e baixo curso) e Floresta Ombrófila Mista (alto curso) (IBGE, 2010). Parolin *et al.* (2010) report that, in the upper portion of the basin (municipality of Campo Mourão), there are enclaves of vegetation typical of the Cerrado biome, as well as cacti (likely relicts of drier climatic conditions in the past). The original landscape has been significantly altered within the basin due to agricultural practices, with the predominance of soybean, corn, and wheat cultivation, as well as eucalyptus plantations.

O ponto de sondagem, está localizado no distrito de Ivailândia no município de Engenheiro Beltrão, estado do Paraná (23°45'03.79"S e 52°09'48.08"O), corresponde a um pequeno terraço (~2,5 km²) localizado na margem esquerda do rio Mourão em seu baixo curso, distante 13.500 m da foz no rio Ivaí (Figura 1).

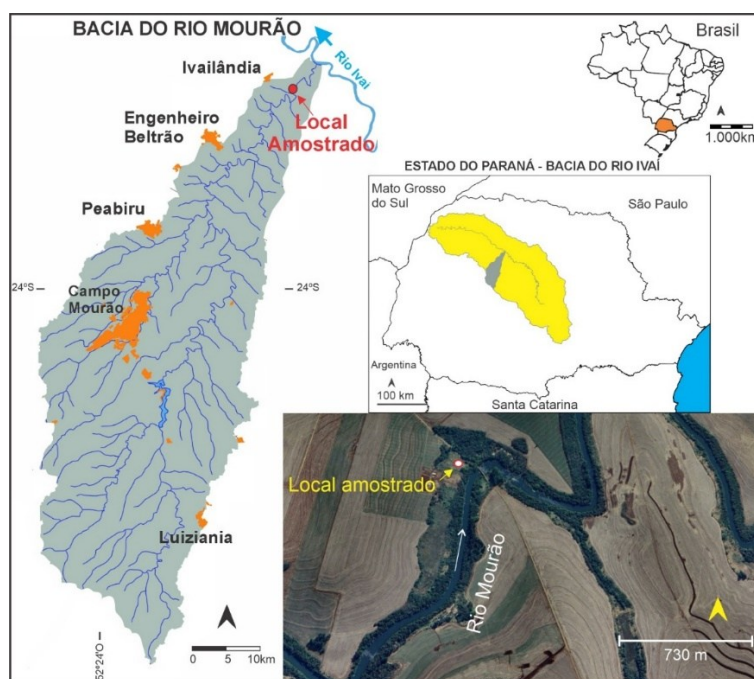


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do rio Mourão e imagem de satélite com detalhe da área estudada e do ponto de sondagem. Fonte: Instituto de Água e Terra do Paraná e *Google Earth*.

2.2 Obteção do testemunho e protocolos laboratoriais

O testemunho de sondagem foi obtido por meio da inserção de um tubo de alumínio (7 cm de diâmetro) com auxílio de marreta no ano de 2023. O tubo foi aberto no Laboratório de Estudos Paleoambientais da Universidade Estadual do Paraná em Campo Mourão/Paraná (Lepafe), a descrição do material foi realizada conforme proposta de Miall (1978). No mesmo laboratório foi operado todos os protocolos de extração, identificação e quantificação de fitólitos e espículas de esponjas. O testemunho foi seco em temperatura ambiente por cerca de 48 horas, posteriormente foram retiradas amostras a cada 5 cm de profundidade.

Uma amostra na profundidade 75 cm foi encaminhada para a datação absoluta (^{14}C /Accelerator Mass Spectrometry [AMS]) no Center for Applied Isotope Studies da Universidade da Geórgia nos Estados Unidos, posteriormente a datação foi calibrada via software Calib 8.1.0® (2 σ – SHCal20). Na mesma amostra foi solicitada a análise de isótopo de carbono ($\delta^{13}\text{C}$).

Foram selecionadas 5 amostras para granulometria (profundidades 10, 25, 55 e 70 cm), as amostras foram escolhidas tendo por base a diferenciação de cor e textura ao toque. As análises foram determinadas pelo método de peneiramento (SUGUIO, 1973).

Para a extração de fitólitos e espículas de esponjas, seguiu-se os procedimentos de Santos et al. (2014): i) secagem em estufa (40 °C/12 h); ii) peneiramento do material (\varnothing 0,25 mm) e separação de 10g de material; iii) queima da matéria orgânica (10 g) em mufla a 500 °C por 5 h; iv) tratamento ácido (HCl 34%), em chapa aquecedora a 50°C por 20 min; v) lavagem do material resultante com água destilada até a estabilização do pH (~7); vi) secagem em estufa à 110 °C; vii) adição de cloreto de zinco (densidade 2,5g/cm³) com homogeneização no material; viii) centrifugação por 3 min (1.000 RPM) recuperando o sobrenadante; ix) lavagem do material sobrenadante com água destilada e centrifugação para eliminação do cloreto de zinco; x) preparação de lâminas permanentes, material foi pingado (pipeta mecânica, 50 μl /por amostra) sobre lâminas que após secas foram cobertas com Entellan® e lamínula.

2.3 Microscopia e demais análises

A quantificação de fitólitos e de espículas de esponjas foram operadas em microscópio óptico, aumento de 40x. A análise se deu por contagem absoluta do conteúdo de cada lâmina (SANTOS et al., 2014), sendo avaliadas 3 lâminas para cada amostra.

Os fitólitos foram identificados e nomeados de acordo com o Código Internacional de Nomenclatura de Fitólitos ICPN 2.0 (ICPT et al., 2019). Nas amostras em que houve a ocorrência de morfotipos oriundos da epiderme de gramíneas (short-cells \geq 5%) foram determinados índices fitolíticos, conforme quadro 1.

As espículas de esponjas foram identificadas de acordo com a coleção de referência do Lepafe, bem como nos trabalhos Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010), Volkmer-Ribeiro e Pauls (2000), entre outros.

Os gráficos de resultado foram gerados pelo software Tilia® e melhorados com auxílio do software CorelDraw®. O mapeamento foi operado via software Qgis®.

Índice/Autores	Equação	Observação
Índice de Cobertura Arbórea [D/P] (ALEXANDRE et al., 1997 e 1999).	$\text{D/P} = \frac{[\text{SPHEROID ORNATE} / (\text{SADDLE} + \text{CROSS} + \text{BILOBATE})]}{100}$.	Usado para se calcular a proporção de fitólitos produzidos por dicotiledôneas (D) lenhosas e os produzidos por Poaceae (P).
Índice de Adaptação à Aridez [Iph] (DIESTER-HASS et al., 1973).	$\text{Iph} = \frac{[(\text{SADDLE}/(\text{SADDLE} + \text{CROSS} + \text{BILOBATE}))]}{100}$.	Usado para estimar a adaptação da formação vegetal à aridez. Valores altos sugerem campos e/ou pradarias dominados por Poaceae xerófitas, condição de solo seco. Valores baixos indicam predomínio de Poaceae mesófilas indicando condições mais úmidas.
Índice de Estresse Hídrico [Bi] (BREMOND et al., 2003 e 2005a).	$\text{Bi} = \frac{[(\text{BULLIFORM} / \text{BULLIFORM} + \text{SHORT CELLS} + \text{ACUTE BULBOSUS})]}{100}$.	Estima o estresse hídrico das plantas, por falta de precipitações ou por variações no lençol freático.

Quadro 1. Índices fitólitos utilizados na caracterização paleoambiental.

3. Resultados e discussão

O testemunho atingiu 105 cm de profundidade (Figura 2), o perfil analisado apresenta características de um Neossolo Flúvico, pouco evoluído, composto por sedimentos aluviais. Na porção basal, entre 105 e 75 cm, apresenta argila maciça, abundante ocorrência de plintita e concreções ferruginosas (sugerindo flutuação do lençol freático), a matéria orgânica é praticamente ausente, este intervalo estéril para espículas e fitólitos. A partir de 75 cm em direção ao topo as concreções ferruginosas e plintitas são raras, verifica-se a ocorrência de bioturbação por raízes (60-25 cm), raízes recentes (0-25 cm) e fragmentos de folhas na porção superior (10-0 cm). Os fitólitos são registrados a partir de 75 cm de profundidade até o topo, enquanto as espículas ocorrem entre 65 e 15 cm de profundidade (Figura 2 e 3).

As análises granulométricas indicaram: i) argila - valores entre 45 e 50% da base até 50 cm, e, entre 50% e 60% até o topo da sondagem; ii) areia - ~40% da base até 50 cm e ~20% de 50 cm até o topo; iii) silte - ~20% da base ao topo da sondagem (Figura 2).

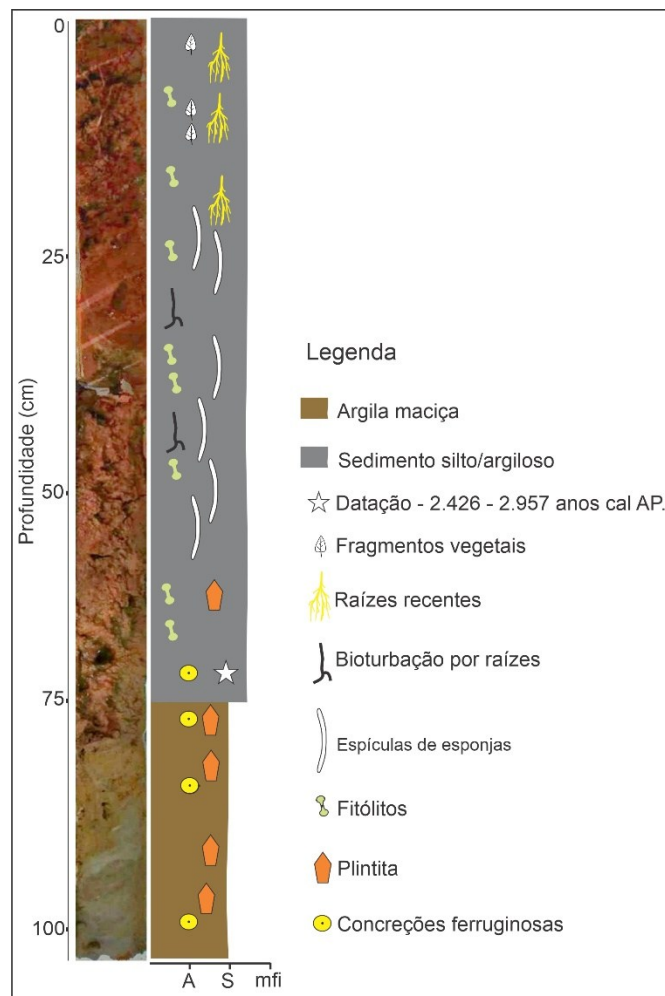


Figura 2. Perfil sedimentológico do testemunho avaliado.

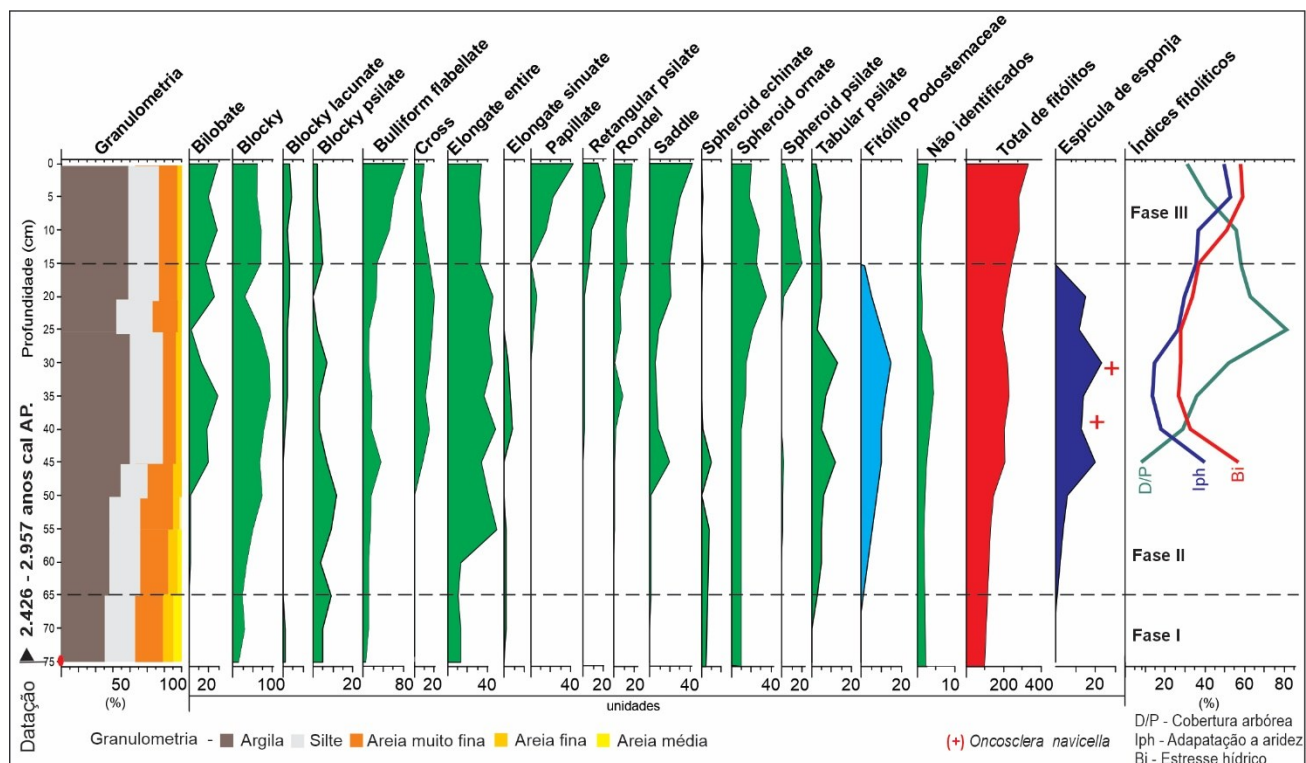


Figura 3. Perfil do testemunho analisado: datação, granulometria, identificação e quantificação de fitólitos, espículas de esponjas e índices fitolíticos.

O material datado registrou idade de $2.670 \text{ anos} \pm 94 \text{ anos}$, após calibração, a idade estimada ficou entre $2.426 - 2.957 \text{ anos cal AP.}$, indicando que a base do testemunho se formou a partir do Holoceno Recente, podendo-se inferir uma taxa de sedimentação de aproximadamente $0,027 \text{ cm/ano}$. O resultado de $\delta^{13}\text{C}$ para a mesma profundidade foi de $-22,31\%$ indicando ciclo fotossintético C_3 (-22% a -27%), representado predominantemente por vegetação arbórea, lembrando que algumas gramíneas que se desenvolvem em regiões úmidas também realizam ciclo fotossintético C_3 (BOUTTON, 1991).

Observou-se fitólitos relativos a 15 morfotipos identificáveis, no entanto, eles foram registrados ao longo de todo o testemunho, com variação de 50 a 310 unidades (Figura 3 e 4). As menores concentrações (~ 50 fitólitos) foram verificadas na base do testemunho até 50 cm, e as maiores (> 200) na porção superior do testemunho (15 cm). Foi possível realizar o cálculo dos índices fitolíticos a partir de 45 cm de profundidade até o topo (Figura 2). O Índice de Cobertura Arbórea (D/P), oscilou entre o mínimo de 8% em 45 cm, com tendência a elevação até 25 cm, com registro de 80%, declinando em direção ao topo para 25%. O Índice de Adaptação à Aridez (IPH), teve início com valor de 38%, decrescendo até 15% (entre 40 cm e 30 cm), com tendência a elevação até o topo, máximo de 54% e 5 cm. O Índice de Estresse Hídrico (Bi), oscilou entre o máximo de $\sim 60\%$ (45cm - 5cm - 0cm), e mínimo de 28% (25-15 cm).

As espículas de esponjas foram observadas entre 65 e 15 cm. Foi possível a identificação específica por meio da ocorrência de gemoscleras da espécie *Oncosclera navicella* (Carter, 1881) (Figura 3R) entre 40 e 30 cm.

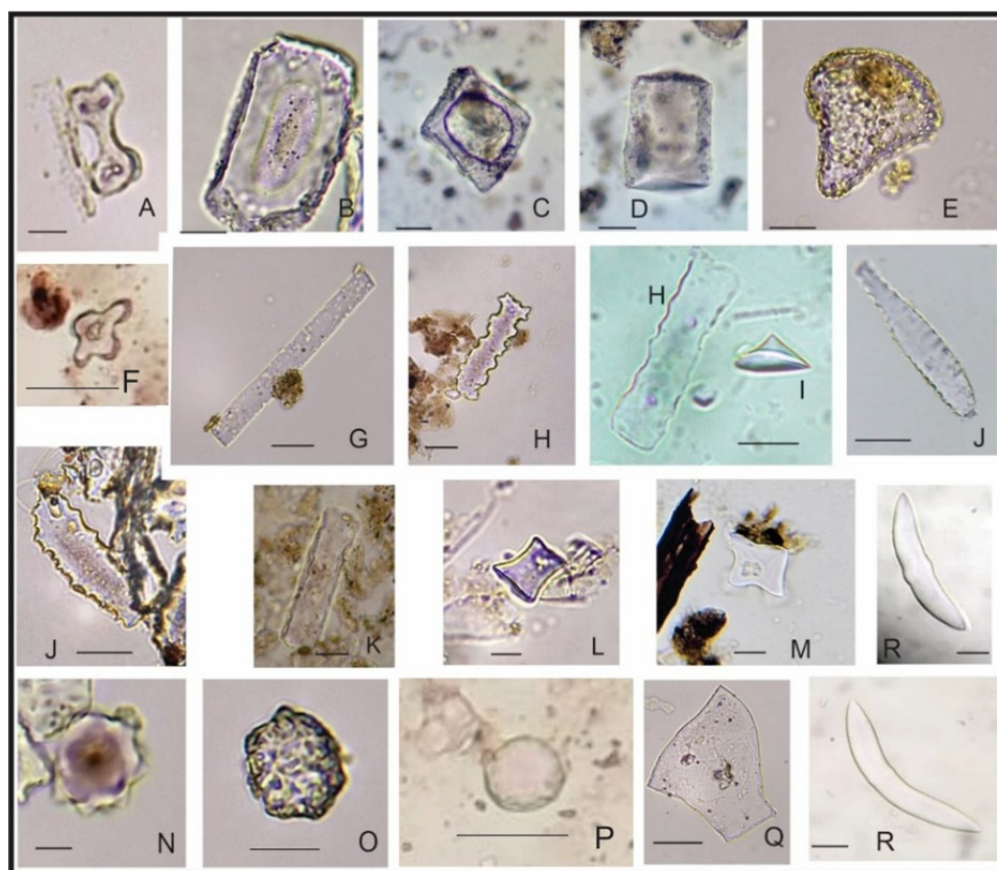


Figura 4. Fotomicrografias dos tipos de fitólitos avistados no testemunho sedimentar: A) *BILOBATE*; B) *BLOCKY*; C) *BLOCKY LACUNATE*; D) *BLOCKY PSILATE*; E) *BULLIFORM FLABELLATE*; F) *CROSS*; G) *ELONGATE ENTIRE*; H) *ELONGATE SINUATE*; I) *PAPILLATE*; J) Fitólito de *Podostemaceae*; K) *RECTANGULAR PSILATE*; L) *RONDEL*; M) *SADDLE*; N) *SPHEROID ECHINATE*; O) *SPHEROID ORNATE*; P) *SPHEROID PSILATE*; Q) *TABULAR PSILATE*; R) gemmosclera de *Oncosclera navicella*. Escala: 20 μm .

3.1 Contexto Paleoambiental

Associando-se a ocorrência de fitólitos, índices fitolíticos e o registro de espículas de esponjas pode-se determinar três fases paleoambientais, e um modelo evolutivo da área (Figura 5).

Fase I – entre 75 e 65 cm – com idade de 2.426 – 2.957 anos cal AP., e $\delta^{13}\text{C}$ = planta do tipo C_3 , predomínio de arbóreas – areia e argila predominantes (~40%), baixa preservação e diversificação de fitólitos (8 tipos de fitólitos e concentração ~100), ausência de espículas. É provável que essa fase corresponda a um período com raro ou nenhum tempo de permanência de água. Os fitólitos do tipo *BLOCKY* (*BLO*) e *ELONGATE ENTIRE* (*ELO_ENT*) presentes nessa fase, são encontrados em eudicotiledôneas e monocotiledôneas, portanto, são redundantes (DE OLIVEIRA *et al.*, 2025). A presença de *SPHEROID ECHINATE* (*SPH_ECH*) pode ser associada à família botânica *Arecaceae* (MONTEIRO *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2014; WITTEVEEN *et al.*, 2022), enquanto o *SPHEROID ORNATE* (*SPH_ORN*) é frequentemente associado a plantas lenhosas (BREMONT *et al.*, 2005b). Por conta da baixa concentração de fitólitos não foi possível o cálculo de índices fitolíticos nessa fase.

Fase II – entre 65 e 15 cm – predomínio de argila (máximo de 60%), tendência de aumento da diversificação e concentração de fitólitos da base para o topo (> 100 < 220 morfotipos). O registro de fitólitos da família botânica *Podostemaceae* entre 55 e 10 cm de profundidade, sugere a presença de água. Segundo Bove *et al.* (2024), a família *Podostemaceae* é constituída por plantas anuais ou perenes, que vivem em rios e riachos com forte correnteza, firmemente presas a rochas e outros substratos sólidos. A interpretação da presença de água é reforçada pela ocorrência de espículas de esponjas, também entre 55 e 10 cm. A espécie *O. navicella* tem preferência por habitats lóticos (VOLKMER-RIBEIRO e PAROLIN, 2010). A espécie tem registro para o rio Mourão ocorrendo em áreas de corredeiras (SANTOS e PAROLIN,

2011). Foram avistados os morfotipos típicos de gramíneas como o BILOBATE (*BIL*), CROSS (*CRO*), BULLIFORM FLABELLATE (*BUL_FLA*), RONDEL (*RON*), SADDLE (*SAD*), ELONGATE SINUATE (*ELO_SIN*) e RECTANGULAR PSILATE (*REC_PSI*) (PIPERNO, 2006; CHUENG *et al.*, 2018; HAYASHI e INOUE, 2022). Na base dessa fase registrou-se a ocorrência de *SPH_ECH* até 40 cm (presença de *Arecaceae*), bem como de *SPH_ORN* (plantas lenhosas) ao longo de toda a fase. A análise dos índices fitolíticos confirmam a presença de umidade, principalmente o Índice de Cobertura Arbórea (D/P) que chega a 80% a 25 cm. Valores elevados de D/P estão relacionados à maior proporção de dicotiledôneas (arbóreas e arbustivas) (ALEXANDRE *et al.*, 1997; 1999). O Índice de Stresse Hídrico (Bi), nessa fase apresenta-se de moderado baixo (28% e 35% em praticamente todo o intervalo dessa fase), a moderado 56%, no entanto apenas a 45 cm. Os resultados sugerem que essa fase corresponde a construção e ou formação da planície de inundação, ativa no período. O Índice de Adaptação a Áridiez (Iph) relativamente baixo (mínimo de 15% e máximo de 38%) indicam o predomínio de *Poaceae* mesófilas (DIESTER-HAASS *et al.*, 1973).

Fase III - 15 e 0 cm - predomínio de argila (55%), aumento na concentração de fitólitos (> 250 morfotipos). A ausência de fitólitos de *Podostemaceae* aliado a ausência de espículas de esponjas indica o período de formação do terraço. Merece destaque nessa fase a ocorrência mais significativa (> 20) do morfotipo – PAPPILLATE (*PAP*), este morfotipo está associado à ocorrência de gramíneas da família *Cyperaceae* (STEVANATO *et al.*, 2019). Os fitólitos de plantas lenhosas estão representados nessa fase pela presença do morfotipo *SPH_ECH* (*Arecaceae*), que desde a profundidade de 40 cm não havia sido mais observado, aliado a ocorrência mais significativa do morfotipo *SPH_ORN*. O Índice Bi indica um estresse hídrico moderado (máximo 60%), este dado é corroborado pelo índice de Iph com tendência a elevação em relação à fase anterior (máximo de 56%), sugerindo uma formação vegetal mais adaptada à aridez (*Poaceae* xerófitas). O índice D/P indica tendência a redução até o topo (mínimo 40%). A fase está ligada à antropização da área e o estabelecimento do terraço e ao aprofundamento do canal do rio Mourão (fase mais erosiva do que as anteriores).

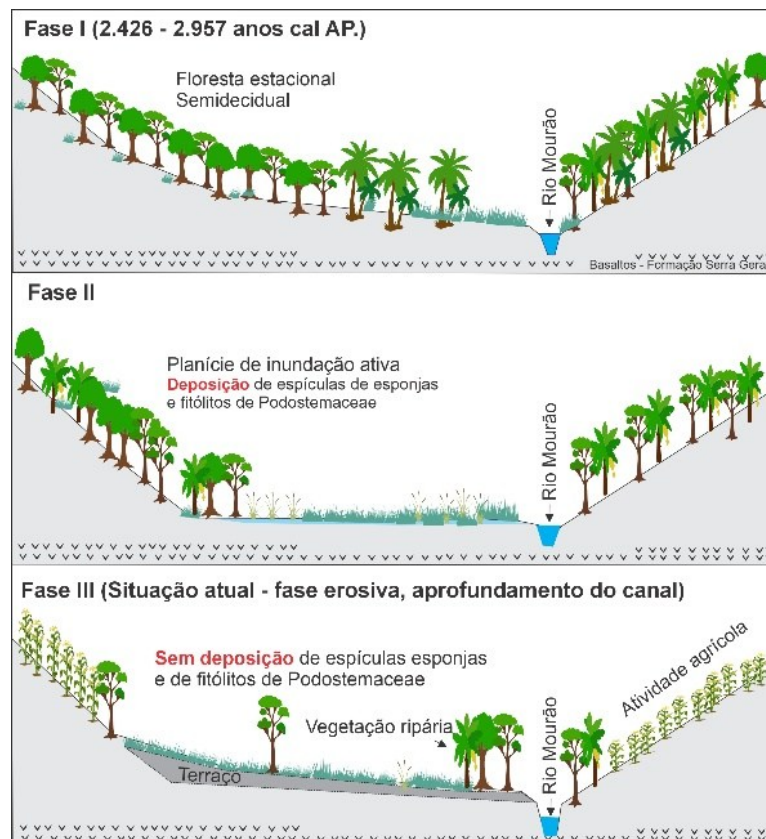


Figura 5. Modelo evolutivo do processo de formação da planície de inundação do rio Mourão.

O primeiro estudo paleoambiental publicado na bacia do rio Mourão (alto curso) foi realizado por Ladchuk et al. (2016), os autores avaliaram a palinologia e dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) de sedimentos turfosos associados ao rio Água dos Papagaios, afluente do rio do Campo, afluente da margem esquerda do rio Mourão (7.280 e 3.248 anos cal AP). Os autores sugerem que a vegetação de Cerrado esteve presente na região durante o Holoceno e que a vegetação tenha se adensado desde Holoceno Médio até o presente. O segundo estudo foi operado por Luz et al. (2019) em áreas turfosas do rio Ranchinho e rio Água dos Papagaios, além de amostras de solo de uma trincheira aberta na Estação Ecológica do Cerrado de Campo Mourão (EECCM). Foram analisados dados *multiproxy*, fitólitos e dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$). As datações para o rio Ranchinho estão relacionadas ao Pleistoceno Superior (42.800 e 42.183 anos cal AP.), em que os autores indicam fase mais seca. Para o rio Água dos Papagaios os autores chegaram a interpretações semelhantes das estabelecidas por Ladchuk et al. (2016). Na EECC datação de 5.280 anos cal AP. indicando vegetação mais aberta (Cerrado) e adensamento da vegetação do Holoceno Médio até o presente. A idade obtida para o baixo curso do rio Mourão não permitiu uma correlação direta com as pesquisas paleoambientais estabelecidas e publicadas para o alto curso de sua bacia. No entanto, as interpretações do presente estudo, encontram certa consonância com outros trabalhos paleoambientais com idades relacionadas ao Holoceno Recente, sugerindo maior umidade nesta época (Quadro 2).

Autores	Localidade	Síntese
Rezende et al. (2018).	Japurá/Paraná.	Estudo realizado na lagoa Fazenda com espículas de esponjas - ambiente mais seco há 13.000 anos com tendência para maior umidade há 2.180 anos cal AP. até o presente.
Pessenda et al. (1996).	Londrina/Paraná.	Uso de isótopos (^{13}C e ^{14}C) em solo - avaliação da evolução da vegetação durante o Holoceno. As datações e dados $\delta^{13}\text{C}$ indicam respectivamente: 2.390 ± 60 anos AP./ $-21,3\%$; 1.920 ± 60 anos AP./ $-21,6\%$ (mistura plantas C_3 e C_4); 820 ± 60 anos AP./ $-23,8\%$. - predominância de plantas C_3 .
Kalinovski et al. (2016).	Rio Iapó Castro/Paraná.	Dados de espículas de esponjas, fitólitos, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. Datações entre 18.371 e 2.006 anos cal AP. Aumento dos pulsos de inundação do rio Iapó a partir do Holoceno Recente.
Melo et al. (2003).	Ponta Grossa.	Dados palinológicos e análise de depósitos sedimentares. Fases sedimentares compreendendo datações entre 2.940 e 4.750 anos AP.
Guerreiro et al. (2012).		Depósitos turfosos do alto rio Tibagi (3.200 e 2.770 e 1.340 anos AP.) - formação das turfeiras se deram com o nível de base local do rio Tibagi cerca de 2 a 4 metros mais elevados que o atual, há cerca de 3.220 anos AP. sob condições climáticas ligeiramente mais secas que as atuais, estimando que a fase de soterramento e o entalhe das turfeiras foram posteriores, há 1.340 anos AP., sob clima úmido, semelhante ou próximo das condições climáticas atuais.
Scheebell-Yebert et al. (2003).	Centro do estado de São Paulo.	Análises antracológicas, em associação com a composição isotópica do solo ($\delta^{13}\text{C}$) e datação por radiocarbono (3.500/3.000 anos AP.), clima mais úmido similar ao presente, estabelecimento de vegetação em todos os quatro locais estudados.
Behling (2002).	Sudeste e Sul do Brasil.	Registros palinológicos - condições climáticas úmidas modernas, com períodos secos inexistentes ou curtos, só se estabeleceram no Holoceno Superior, quando florestas de araucária substituíram grandes áreas de vegetação de campos após cerca de 3000 anos AP. e, especialmente, após 1.500/1.000 anos ^{14}C AP.
Lessa e Angulo (1997).	Litoral paranaense e paulista	Estudo com indicadores marinhos - máximo do nível do mar no Holoceno Médio e duas oscilações secundárias teriam ocorrido entre 4.100-3.800 anos AP e 3.000-2.700 anos AP.

Quadro 2. Síntese de alguns estudos paleoambientais, realizados no estado do Paraná e Regiões Sudeste e Sul com datações entre o Holoceno Médio e Recente.

4. Considerações finais

Mais uma vez os fitólitos e espículas de esponja demonstraram ser um dado *proxy* confiável e determinante para o estabelecimento de condições paleoambientais. O terraço estudado teve sua gênese entre 2.426 e 2.957 anos, com uma fase de planície aluvial ativa marcada pela ocorrência concomitante de fitólitos da família botânica Podostemaceae e de espículas de esponjas de água doce.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade (processo 308093/2023-2) e ao apoio logístico do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente da Universidade Estadual de Maringá (GEMA/UEM). Aos professores doutores Sidney Kuerten, Helio Silveira e Isabel Terezinha Leli pelas sugestões. Ao Sr. Bráulio Parolin (*in memoriam*), profundo conhecedor da região.

5. Referências

- ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; LEZINE, A. M.; VINCENS, A.; SCHWARTZ, D. Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in intertropical Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 136, n. 1-4, p. 213-229, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(97\)00089-8](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(97)00089-8)
- ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; MARIOTTI, A.; SOUBIES, F. Late Holocene phytolith and carbon isotope record from a latosol at Salitre, South-Central Brazil. *Quaternary Research*, v. 51 n. 2, p. 187-194, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1006/qres.1998.2027>
- BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 177, n. 1-2, p. 19-27, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00349-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00349-2)
- BOUTTON, T. W. Stable carbon isotope ratios of natural materials: II. Atmospheric, terrestrial, marine, and freshwater environmental. In: COLEMAN, D. C.; FRY B. (Ed.). *Carbon isotope techniques*. New York: Academic Press, v. 1, p. 173-185, 1991.
- BOVE, C. P.; PELLEGRINI, M. O. O.; PHILBRICK, C. T. Podostemaceae in Flora e Funga do Brasil. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB194> Acesso em: 12/10/2025.
- BREMOND, L. *Calibration des fonctions de transfert entre assemblages phytolithiques, structures des végétations et variables bioclimatiques actuelles, pour l'intégration de la dynamique des biomes herbacés dans les modèles de végétation*. Tese de doutorado. Universidade de Direito, Economia e Ciências, Université Aix-Marseille III, 2003.
- BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; PEYRON, O.; GUIOT, J. Grass water stress estimated from phytoliths in West Africa. *J Journal of Biogeography*, v. 32, n. 2, p. 311-327, 2005a. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01162.x>
- BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; HÉLY, C.; GUIOT, J. 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, 2005b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2004.09.002>
- CHUENG, K. F.; COE, H. H. G.; FAGUNDES, M.; VASCONCELOS, A. M. C.; RICARDO, S. D. F. Reconstituição paleoambiental da área arqueológica de Serra Negra, face leste do Espinhaço Meridional (Minas Gerais), através da análise de fitólitos. *Revista brasileira de geografia física*, v. 11, n. 7, p. 2260-2275, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.07.p2260-2275>
- COE, H. H. G. Mudanças possivelmente antrópicas na cobertura vegetal na região de Búzios, Rio de Janeiro, identificadas através de análises de fitólitos. *Revista Tamoios*, v. 8, n. 1, p. 49-62, 2012. DOI: <https://doi.org/10.12957/tamoios.2012.3197>

- DE OLIVEIRA, L. M.; LELI, I. T.; FERREIRA, M. L.; ROMAGNOLO, M. B.; CALEGARI, M. R. Phytolith production in non-woody plants from the Atlantic Forest on islands of the Paraná River, Brazil. *Quaternary International*, v. 738, p. 109858, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2025.109858>
- DIESTER-HAAS, L.; SCHRADER, H. J.; THIEDE, J. Sedimentological and paleoclimatological investigations of two pelagic ooze cores off Cape Barbas, North-West Africa. *Meteor Forschungsergebnisse: Reihe C, Geologie und Geophysik*, v. 16, p. 19-66, 1973. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.548418>
- DOCIO, L.; RASBOLD, G. G.; DA SILVA, A. L. C.; PAROLIN, M.; CAXAMBU, M. G.; PINHEIRO, U. An assessment of the wealth of information given by sponge spicules as a paleoenvironmental tool: The case of two lakes in northeast (Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 107, p. 103099, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103099>
- FONSECA, C. F.; BENINCA, C. G.; ISMINIO, D. A. L.; BENNERT, A.; RUIZ PESSEDA, L. C.; DE QUEIROZ, R. T.; XAVIER, R. A.; DE SOUZA, B. I.; CALEGARI, M. R.; DE SOUZA, J. J. L. L. Holocene vegetation and soil changes in the driest region of caatinga dry forest - phytolith contribution. *Catena*, v. 255, p. 109016, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.109016>
- GUERREIRO, R. L.; GASPARETTO, N. V. L.; PAROLIN, M.; STEVAUX, J. C. Distribuição e análise de sedimentos turfosos holocênicos na planície do Alto Tibagi, Campos Gerais, Paraná. *RCA. Revista de Ciências Ambientais (UniLASALLE)*, v. 6, n. 1, p. 105-116, 2012.
- HAYASHI, N.; INOUE, J. Vegetation transition from the terminal Pleistocene to early Holocene reconstructed from phytolith records in the southernmost part of mainland Japan. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 303, p. 104681, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2022.104681>
- IAPAR, Instituto Agronômico do Paraná. Disponível em: <http://www.iapar.br>. Acesso em janeiro 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Os tipos de vegetação no Brasil*. Rio de Janeiro: 2010.
- INTERNATIONAL COMMITTEE FOR PHYTOLITH TAXONOMY. NEUMANN, K.; STRÖMBERG, C.A.E.; BALL, T.; ALBERT, R. M.; VRYDAGHS, L.; CUMMINGS, L. S. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany*, n. 124, p.189-199, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>
- KALINOVSKI, E. C. Z.; PAROLIN, M.; SOUZA FILHO, E. E. Paleoambientes quaternários da planície do rio Iapó, Castro, Paraná. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, n. 5, p. 1543-1558, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160106>
- LADCHUK, D. P. P. T.; PAROLIN, M.; BAUERMAN, S. G. Recuperação de palinóforos e dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) em sedimentos turfosos e seu significado paleoambiental para a região de Campo Mourão/PR. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, n. 40, p. 1183-1196, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160080>
- LEMO, R. C.; SANTOS, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3. ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 84, 1996.
- LESSA, G. C.; ANGULO, R. J. A. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, v.140, n.1-2, p.141-166, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(97\)00015-7](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(97)00015-7)
- LUZ, L. D.; PAROLIN, M.; PESSEDA, L. C. R.; RASBOLD, G. G.; LO, E. Multiproxy analysis (phytoliths, stable isotopes, and C/N) as indicators of paleoenvironmental changes in a Cerrado Site, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 22, n. 1, p. 15-29, 2019. <https://doi.org/10.4072/rbp.2019.1.02>
- MAACK, R. *Geografia Física do Estado do Paraná*. 4. ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.
- MARCOLIN, L.; CALEGARI, M. R.; SANTOS, L. J. C.; CAMARGO, P. B. Phytoliths, $\delta^{13}\text{C}$ and Charcoal: holocene

- environmental memories from a paleogully in northwestern Paraná State. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 24, p. 1-25, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i00.2328>
- MEDEANIC, S.; CORDAZZO, C. V.; CORRÊA, I. C. S.; MIRLEAN, N. Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras. *Gravel*, v. 6, n. 2, p. 1-14, 2008.
- MELO, M. S.; MEDEIROS, C. V.; GIANNINI, P. C. F.; GARCIA, M. J. PESSENDA, L. C. R. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, PR. *Geociências*, v. 22, n. 1, p. 33-42, 2003.
- MEZZOMO, M. M.; Caracterização geocológica do trecho superior da Bacia Hidrográfica do Rio Mourão-PR: Subsídio ao planejamento da paisagem. *Geoinga*, v. 5, n. 1, p. 18-38, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/geoinga.v5i1.49199>
- MIALL, A. D. Facies types and vertical profiles models in braided river deposits: a summary. In: A.D. Miall (ed.) *Fluvial sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir*, v. 5, p. 597-604, 1978
- MONTEIRO, M. R.; PEREIRA, J. S. R.; RASBOLD, G. G.; PAROLIN, M.; CAXAMBU, M. G. Morfologia de fitólitos característicos de duas espécies de Arecaceae do bioma Mata Atlântica. *Revista de Biologia Neotropical*, v. 9, p. 10-18, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5216/rbn.v9i1.19197>
- PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; STEVAUX, J. C. Use of spongofacies as proxy for river-lake paleohydrology in quaternary deposits of Central-Western Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*. v. 11, n. 3, p. 187-198, 2008. DOI: <https://doi.org/10.4072/rbp.2008.3.05>
- PAROLIN, M.; GUERREIRO, R. L.; KUERTEN, S.; MENEZES, H. R. Bacias hidrográficas paranaenses. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. org. *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas do Estado do Paraná. Campo Mourão: Editora da Fecilcam*, p. 59-103, 2010.
- PEREIRA, J. S. R.; MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M.; CAXAMBU, M. G. Characterization of phytoliths in eight species of Arecaceae in the State of Paraná, Brazil. In: Heloisa Helena Gomes Coe; Margarita Osterrieth. (Org.). *Synthesis of some phytolith studies in South America (Brazil and Argentina)*. 1ed. New York: *Nova Publishers*, p. 49-74, 2014.
- PESSENDA, L. C.; VALENCIA, E. P.; CAMARGO, P. B. D.; TELLES, E. D. C.; MARTINELLI, L. A.; CERRI, C. C.; ROZANSKI, K. Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils developed on basic rocks. *Radiocarbon*, v. 38, n. 2, p. 203-208, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1017/S003822200017574>
- PIPERNO, D. R.. *Phytoliths Analysis: an Archaeological and Geological Perspective. Academic Press, San Diego*, 1988.
- PIPERNO, D. R. *Phytoliths: a Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists. Rowman Altamira Press, Oxford*, 2006.
- RASBOLD, G. G.; STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M.; LELI, I. T.; LUZ, L. D.; BRITO, H. D. Phytoliths indicate environmental changes correlated with facies analysis in a paleo island-lake, Upper Paraná River, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 99, p. 102513, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102513>
- RASBOLD, G. G.; MCGLUE, M. M.; STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M.; SILVA, A.; BERGIER, I. Enhanced middle Holocene organic carbon burial in tropical floodplain lakes of the Pantanal (South America). *Journal of Paleolimnology*, v. 65, n. 2, p. 181-199, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10933-020-00159-5>
- REZENDE, A. B.; STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M.; GUERREIRO, R. L. Sponge spicules as proxy in Upper Quaternary lake deposits near Cianorte (PR): a tentative correlation with lakes of Central-Southern Brazil (NW Paraná and SE Mato Grosso do Sul). *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 9, p. 10-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5380/abequa.v9i2.51816>

-
- SANTOS, J. C. A.; PAROLIN, M. Distribuição de esponjas continentais no rio Mourão. *Geomae*, v. 2, n. 1, p. 13-22, 2011.
- SANTOS, J. C. A.; GASPARETTO, N. V. L.; PAROLIN, M. Reconstrução paleoambiental do baixo curso do Rio Ivaí – Douradina/Paraná. *Geografia, Rio claro*, v. 39, n. 2, p. 337-350, 2014.
- SCHEEL-YBERT, R.; GOUVEIA, S. E. M.; PESSENDA, L. C. R.; ARAVENA, R.; BOULET, R. Holocene palaeoenvironmental evolution in the São Paulo State (Brazil), based on anthracology and soil $\delta^{13}\text{C}$ analysis. *The Holocene*. v. 13, n. 1, p. 73-81, 2003.
- SILVESTRE, C. P.; DA SILVA, A. L. C.; DA SILVA, M. A. M.; BAPTISTA NETO, J. A.; PAROLIN, M.; MACARIO, K. C. D.; DE SOUZA, R. C. C. L.; FERNANDEZ, G. B.; AMARAL, D. F. Sedimentary facies and Holocene depositional evolution of the Maricá Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 111, p. 103438, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103438>
- STEVANATO, M.; RASBOLD, G. G.; PAROLIN, M.; LUZ, L. D.; LO, E.; WEBER, P.; CAXAMBU, M. G. New characteristics of the papillae phytolith morphotype recovered from eleven genera of cyperaceae. *Flora*, v. 253, p. 49-55, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.03.012>
- SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. *Edgard Blucher, São Paulo*, p. 317, 1973.
- VOLKMER-RIBEIRO C.; TURCQ B. SEM analysis of silicious spicules of a freshwater sponge indicate paleoenvironmental changes. *Acta Microscópica*, v. 5, n. 186, p. 187, 1996.
- VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAULS, S. M. Esponjas de agua Dulce (Porifera, Demospongiae) de Venezuela. *Acta Biológica.Venezuela*, v. 20, n. 1, p. 1-28, 2000.
- VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAROLIN, M. As esponjas. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. (Org.) Abordagem ambiental em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Campo Mourão. *Editora da Fecilcam*. p. 105-130, 2010.
- WITTEVEEN N. H; HOBUS, C. E. M.; PHILIP A.; PIPERNO, D. R.; MCMICHAEL, C. N. H. The variability of Amazonian palm phytoliths. *Review of Palaeobotany and Palynology* v. 300, p. 104613, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2022.104613>