

**Universidade de São Paulo**

**Instituto de Geociências**

**TAFONOMIA E SISTEMÁTICA DOS MICROFÓSSEIS DAS FORMAÇÕES  
TAMENGO E GUAICURUS (GRUPO CORUMBÁ, FAIXA PARAGUAI SUL) E  
SUAS IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS**

**Tese de Doutorado**

**Thiago de Freitas Toniolo**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana de Moraes Leme Basso**

**Coorientador: Prof. Dr. Dermeval Aparecido Do Carmo**

**São Paulo**

**2023**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Tafonomia e Sistemática dos microfósseis das formações Tamengo e  
Guaicurus (Grupo Corumbá, faixa Paraguai Sul) e suas implicações  
paleoambientais**

**THIAGO DE FREITAS TONIOLO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação do Instituto de Geociências da Universidade  
de São Paulo para a obtenção do título de doutor em  
Ciências

Área de concentração: Geoquímica e Geotectônica

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana de Moraes Leme Basso

Coorientador: Prof. Dr. Dermeval Aparecido Do Carmo

**São Paulo**

**2023**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Serviço de Biblioteca e Documentação do IGc/USP

Ficha catalográfica gerada automaticamente com dados fornecidos pelo(a) autor(a) via programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de catalogação da publicação:  
Sonia Regina Yole Guerra - CRB-8/4208 | Anderson de Santana - CRB-8/6658

de Freitas Toniolo, Thiago  
Tafonomia e Sistemática dos microfósseis das formações Tamengo e Guaicurus (Grupo Corumbá, faixa Paraguai Sul) e suas implicações paleoambientais / Thiago de Freitas Toniolo; orientadora Juliana de Moraes Leme Basso; coorientador Dermeval Aparecido do Carmo. -- São Paulo, 2023.  
265 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica) -- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2023.

1. micropaleontologia. 2. Pré-cambriano. 3. Ediacarano. 4. microfósseis orgânicos. 5. acritarcos. I. de Moraes Leme Basso, Juliana, orient. II. Aparecido do Carmo, Dermeval, coorient. III. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**TAFONOMIA E SISTEMÁTICA DOS MICROFÓSSEIS  
DAS FORMAÇÕES TAMENGO E GUAICURUS  
(GRUPO CORUMBÁ, FAIXA PARAGUAI SUL) E  
SUAS IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS**

**THIAGO DE FREITAS TONIOLO**

Orientadora: Prof<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana de Moraes Leme Basso

Tese de Doutorado

**Nº 670**

COMISSÃO JULGADORA

Dr<sup>a</sup>. Juliana de Moraes Leme Basso

Dr<sup>a</sup> Kamilla Borges Amorim

Dr. Matheus Denezine

Dr. Rodrigo Rodrigues Adôrno

Dr. Thomas R. Fairchild

SÃO PAULO  
2023

# Tafonomia e Sistemática dos microfósseis das formações Tamengo e Guaicurus (Grupo Corumbá, faixa Paraguai Sul) e suas implicações paleoambientais

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma caracterização detalhada da tafonomia e da sistemática dos microfósseis das formações Tamengo e Guaicurus, Grupo Corumbá – faixa Paraguai Sul, Brasil. Para tanto foram aplicados métodos de microscopia (óptica e eletrônica de varredura) e espectrometria Raman em microfósseis encontrados em seções delgadas e preparações palinológicas e de microfósseis mineralizados. A identificação das feições de origem tafonômica mostrou-se essencial para evitar identificações taxonômicas indevidas bem como a superestimação da paleodiversidade. A identificação e contagem dos microfósseis foi feita em amostras com preciso posicionamento estratigráfico, possibilitando avaliar sua distribuição e sua relação com os macrofósseis. Além dos microfósseis, também foram analisados pseudofósseis, a fim de estabelecer critérios que possam distingui-los dos fósseis *bona fide*. Esses pseudofósseis correspondem a materiais diagenéticos, como concreções de óxidos de ferro e também a artefatos formados em laboratório, pela reação entre amostras contendo pirita e o peróxido de hidrogênio, empregado na preparação de microfósseis mineralizados. Esses artefatos podem assumir formas semelhantes a de cloudinídeos, no entanto, distinguem-se destes pelo seu tamanho, sua composição de material amorfo contendo Fe, O, Ca e P e por não ocorrerem em seção delgada. Os microfósseis identificados a partir de amostras das formações Tamengo e Guaicurus são: *Leiosphaeridia jacutica*, *Leiosphaeridia crassa*, *Leiosphaeridia minutissima*, *Leiosphaeridia cf. tenuissima*, *Germinosphaera* sp. e fragmentos de macroalgas. Além desses, nos calcários da Formação Tamengo também foram encontrados tubos de *Cloudina lucianoi*, microfósseis vasiformes, *Vendotaenia?* sp., *Myxococcoides?* sp., *Siphonophycus?* sp. e uma testa retrabalhada de *Bonniea cf. dacruchares*. *Eoholynia corumbensis* foi identificada apenas na Formação Guaicurus. No resíduo palinológico, a quase totalidade dos espécimes identificados em ambas formações é constituída por *Leiosphaeridia*

*jacutica* e *Leiosphaeridia crassa*. Esses acritarcos consistem em formas esféricas simples, que possuem distribuição cosmopolita nos ambientes marinhos no final do Ediacarano, ocorrendo também, em algumas seções, no início do Cambriano. Os microfósseis orgânicos apresentam menor viés tafonômico do que os macrofósseis, podendo ser encontrados em diferentes fácies, tanto carbonáticas como siliciclásticas, e de variadas granulometrias. Contudo, a aplicação bioestratigráfica desses microfósseis é muito limitada devido à sua ampla distribuição no registro fóssil, desde o Proterozoico ao Paleozoico. A abundância total e a abundância relativa dos microfósseis orgânicos apresenta variação ao longo das seções geológicas e entre as diferentes seções, constituindo mais uma fonte de informação para auxiliar na interpretação paleoambiental. *Grainstones*, *packstones* e *wackestones* apresentam maior potencial de preservação dos microfósseis orgânicos do que *mudstones* carbonosos e siltitos/argilitos. Além disso, os microfósseis orgânicos de maior tamanho tendem a ser mais abundantes nas fácies de maior granulometria, como *grainstones*, o que pode ser interpretado como efeito das condições hidrodinâmicas na sua tafonomia.

**Palavras-chave:** Grupo Corumbá, Ediacarano, microfósseis, acritarcos.

## INTRODUÇÃO

Durante o Ediacarano, último período do Neoproterozoico, apareceram as primeiras assemblagens de macroorganismos heterótrofos diversificados e complexos, incluindo representantes de grupos totais de Metazoa (Wood *et al.*, 2020). Posteriormente, os ecossistemas marinhos se tornaram cada vez mais complexos e ocupados por diversos grupos de metazoários, processo que foi consolidado ao longo de todo o Fanerozoico (Knoll *et al.*, 2006; Wood *et al.*, 2020).

O Ediacarano também é marcado por importantes mudanças na atmosfera, na hidrosfera e na geosfera, com particular destaque para a gradativa oxigenação dos fundos marinhos, o evento glacial Gaskiers (Alvarenga *et al.*, 2007; Narbonne *et al.*, 2012; Och & Shields-Zhou, 2012) e o início da amalgamação de Gondwana (McGee *et al.*, 2018). Contudo, a forma como esses

eventos impactaram e/ou foram impactados pela diversificação dos metazoários ainda não é claramente compreendida (Butterfield, 2015).

Os acritarcos, microfósseis orgânicos de afinidade incerta (Evitt, 1963), passaram por importantes mudanças na sua diversidade ao longo do Ediacarano. Na série inferior desse sistema, houve uma notável diversificação nesse grupo, com o aparecimento de muitas espécies grandes (em torno de 200 µm ou mais), com morfologias muito díspares e complexas (Grey, 2005; Zhou *et al.*, 2007). Na passagem para a série superior do Ediacarano, essas assemblagens foram globalmente extintas e apenas acritarcos de morfologia esférica simples predominam nos sedimentos depositados durante esse intervalo de tempo (Huntley *et al.*, 2006; Zhou *et al.*, 2007; Gaucher & Sprechman 2009).

Ao final do Ediacarano (entre 550 e 538 Ma), estabeleceu-se a biota Nama, caracterizada pelo aparecimento de macroorganismos bentônicos sésseis com exoesqueleto carbonático (e.g. gêneros *Cloudina*, *Namacalathus*, *Namapoikia*) (Xiao & Laflamme, 2009; Wood *et al.*, 2002; Penny *et al.*, 2016). Nesse contexto, depositaram-se as rochas da Formação Tamengo em ambientes marinhos rasos a intermediariamente profundos (Boggiani *et al.*, 2010; Amorim *et al.*, 2020). No registro fóssil dessa unidade, destacam-se as ocorrências de *Cloudina lucianoi* (Adorno *et al.*, 2017), *Cloudina carinata* (Adorno, 2019), *Corumbella weneri* (Pacheco *et al.*, 2015), *Paraconularia ediacara* (Leme *et al.*, 2022), *Vendotaenia antiqua* (Gaucher *et al.*, 2003), macroalgas (Diniz, 2017; Diniz *et al.*, 2021), icnofósseis interpretados como representantes de Bilateria (Parry *et al.*, 2017; Diniz, 2022) e acritarcos esferomorfos simples (Gaucher *et al.*, 2003; Adorno, 2019).

Entender os fatores que permitiram ou desencadearam os eventos evolutivos que marcam a transição do Ediacarano para o Cambriano, como a esqueletogênese, a colonização do substrato pelos metazoários e, possivelmente, o aparecimento da predação entre esses organismos (Hua *et al.*, 2003) nos permite acessar as raízes da irradiação do Eocambriano (Erwin & Tweedt, 2012). Para uma compreensão mais ampla da diversificação de Metazoa também é necessário discutir sua possível relação com a evolução do

fitoplâncton marinho (representado, provavelmente, pelos acritarcos; Moczdlowska, 2016) e, também, sua relação com fatores abióticos, como a oxigenação marinha (Lenton *et al.*, 2014) e a química dos oceanos (Johnston *et al.*, 2010).

## CONCLUSÕES

As análises microscópicas conduzidas neste trabalho permitiram a identificação taxonômica e a caracterização de diversas feições tafonômicas presentes nos microfósseis recuperados a partir de amostras das formações Tamengo e Guaicurus. Além disso, também foi possível detalhar como que esses microfósseis se distribuem nos diferentes paleoambientes de ambas formações.

As associações de microfósseis orgânicos identificadas, tanto na Formação Tamengo como na Formação Guaicurus, são dominadas por formas esféricas simples, pertencentes ao gênero *Leiosphaeridia*. Essas associações de microfósseis são características da palinoflora de baixa diversidade e baixa complexidade morfológica que ocorre globalmente no Ediacarano Superior e, em algumas seções (*e.g.* estratotipo de Fortune Head, Newfoundland), na transição para o Cambriano também.

Tanto na Formação Tamengo como na Formação Guaicurus foram identificados: *Leiosphaeridia jacutica*, *Leiosphaeridia crassa*, *Leiosphaeridia cf. tenuissima*, *Germinosphaera* sp. e fragmentos de macroalgas. Apenas na Formação Tamengo foram identificados: *Siphonophycus?* sp., *Myxococcoides?* sp., *Vendotaenia?* sp., *Cloudina lucianoi* e microfósseis em forma de vaso de composição carbonática, além de outros bioclastos indeterminados. Apenas na Formação Guaicurus foram identificados fragmentos de *Eoholynia corumbensis*.

Além da diferença entre as espécies de micro e macrofósseis que ocorrem em cada formação, também se observa que a abundância total de microfósseis orgânicos é muito menor nos siltitos da Formação Guaicurus do que nos calcários da Formação Tamengo. Possivelmente, a mudança do ambiente de deposição, que deixou de ser propício à sedimentação carbonática, também tenha se tornado menos favorável à preservação desses organismos. Uma



hipótese alternativa seria que essa mudança ambiental tivesse acarretado crise populacional ou mesmo extinção desses organismos.

Artefatos formados pela reação entre peróxido de hidrogênio e pirita foram encontrados tanto em amostras da Formação Tamengo como da Formação Guaicurus. Esses artefatos podem se assemelhar a tubos *incertae sedis* e microfósseis em forma de vaso descritos nos sistemas Ediacarano e Cambriano. Devido à importância estratigráfica e paleobiológica desses fósseis, atenção especial é necessária para diferenciar fósseis *bona fide* de pseudofósseis.

Em amostras tratadas com peróxido de hidrogênio, a descrição morfológica ao microscópio óptico não é suficiente para separar fósseis tubulares e em forma de vaso dos pseudofósseis formados em laboratório. Portanto, nesses casos, técnicas analíticas adicionais – como MEV/EDX – são necessárias para suportar ou refutar a origem biológica dos tubos estudados. Estas análises revelam que os tubos dos artefatos são compostos de material amorfo contendo Fe, O, Ca e P.

A identificação dos processos tafonômicos aos quais os microfósseis foram submetidos – tais como fragmentação, dobramento e dissolução – pode evitar identificações taxonômicas incorretas, as quais, por sua vez, podem resultar numa diversidade de espécies superestimada. A tafonomia também exerce um papel importante no modo como os microfósseis se distribuem nas diferentes fácies sedimentares.

As fácies de *wackestone*, *packstone* e *grainstone* da Formação Tamengo apresentam maior abundância de microfósseis orgânicos quando comparadas com as fácies pelíticas, sejam da própria Formação Tamengo como da Formação Guaicurus. Uma possível explicação para isso seria que o paleoambiente propício à deposição dos carbonatos seria também mais favorável à preservação dos microfósseis orgânicos. Nesse caso a precipitação precoce do carbonato teria gerado um ambiente diagenético menos permeável e, portanto, menos suscetível à percolação de fluidos oxidantes, por exemplo. A fácies de *mudstone* carbonoso da Formação Tamengo também apresenta baixo potencial de recuperação dos palinomorfos, indicando efeito negativo do alto

TOC na preservação desses microfósseis, possivelmente relacionado também com a menor taxa de sedimentação nessa fácies.

Processos tafonômicos, como a seleção hidráulica e a degradação diferencial também podem afetar a abundância relativa entre os microfósseis de uma determinada fácies, fazendo com que microfósseis de determinado intervalo de tamanho ou que apresentem paredes mais espessas, por exemplo, acumulem-se e preservem-se preferencialmente, de modo que a abundância relativa dos microfósseis não reflita mais fielmente a abundância relativa desses microrganismos naquele paleoambiente.

A abundância de palinomorfos grandes, como espécimes de *L. jacutica* e de fragmentos de macroalgas, ambos com mais de 200 µm, nas fácies de maior granulometria, como *grainstones* da pedreira Laginha, podem resultar do efeito do transporte sedimentar e selecionamento dos microfósseis.

A abundância absoluta e relativa dos microfósseis orgânicos também apresenta diferentes padrões de variação quando comparadas as seções geológicas da Formação Tamengo. Na seção da pedreira Laginha, os microfósseis de maior tamanho são mais abundantes; na pedreira Corcal, as abundâncias de *L. jacutica* e *L. crassa* variam conjuntamente e tendem a ser maiores nos *wackestones* bioclásticos; na escarpa Corumbá-Ladário, a abundância dos microfósseis orgânicos é menor do que nas demais seções. Essas diferenças locais possivelmente refletem diferentes condições paleoambientais, as quais tiveram influência sobre o transporte / selecionamento desses microfósseis e também sobre o seu potencial de preservação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, Z. R., Skidmore, M. L., Mogk, D. W., & Butterfield, N. J. (2017). A Laurentian record of the earliest fossil eukaryotes. *Geology*, 45(5), 387-390.
- Adorno, R. R., do Carmo, D. A., Germs, G., Walde, D. H., Denezine, M., Boggiani, P. C., ... & Muyamba, R. (2017). *Cloudina luciano* (Beurlen & Sommer, 1957), Tamengo Formation, Ediacaran, Brazil: taxonomy, analysis of stratigraphic distribution and biostratigraphy. *Precambrian Research*, 301, 19-35.
- Adorno, R. R. (2019). *Taxonomy, paleoecology and chronobiostratigraphy across the Ediacaran-Cambrian boundary: Tamengo and Guaicurus formations* (Tese de Doutorado). Universidade de Brasília, 189 p.
- Adorno, R. R.; Walde, D. H. G., Erdtmann, B. D., Denezine, M., Cortijo, I., Do Carmo, D. A., Giorgioni, M., Ramos, M. E. A. F., Fazio, G. (2019). First occurrence of *Cloudina carinata* Cortijo *et al.*, 2010 in South America, Tamengo Formation, Corumbá Group, upper Ediacaran of Midwestern. *Estudios Geologicos-Madrid*, 75, 95.
- Agic, H., Moczydlowska, M., & Yin, L. M. (2015). Affinity, life cycle, and intracellular complexity of organic-walled microfossils from the Mesoproterozoic of Shanxi, China. *Journal of Paleontology*, 89(1), 28-50.
- Agic, H.; Moczydlowska, M.; Yin, L., (2017). Diversity of organic-walled microfossils from the early Mesoproterozoic Ruyang Group, North China Craton – A window into the early eukaryote evolution. *Precambrian Research*, 297:101-130.
- Agic, H., Högström, A. E., Jensen, S., Ebbestad, J. O. R., Vickers-Rich, P., Hall, M., ... & Taylor, W. L. (2022). Late Ediacaran occurrences of the organic-walled microfossils *Granomarginata* and flask-shaped *Lagoenaforma collaris* gen. et sp. nov. *Geological Magazine*, 159(7), 1071-1092.
- Alvarenga, C. J., Figueiredo, M. F., Babinski, M., & Pinho, F. E. (2007). Glacial diamictites of Serra Azul Formation (Ediacaran, Paraguay belt): evidence of the Gaskiers glacial event in Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 23(2-3), 236-241.
- Alvarenga, C. J., Boggiani, P. C., Babinski, M., Dardenne, M. A., Figueiredo, M. F., Dantas, E. L., ... & Trompette, R. (2011). Glacially influenced sedimentation of the Puga Formation, Cuiabá Group and Jacadigo Group, and associated carbonates of the Araras and Corumbá groups, Paraguay Belt, Brazil. *Geological Society, London, Memoirs*, 36(1), 487-497.
- Álvaro, J. J., Cortijo, I., Jensen, S., Mus, M. M., & Palacios, T. (2020). *Cloudina*-microbial reef resilience to substrate instability in a Cadomian retro-arc basin of the Iberian Peninsula. *Precambrian Research*, 336, 105479.
- Amorim, K. B., Afonso, J. W. L., Leme, J. D. M., Diniz, C. Q. C., Rivera, L. C. M., Gomez-Gutierrez, J. C., ... & Trindade, R. I. F. (2020). Sedimentary facies, fossil distribution and depositional setting of the late Ediacaran Tamengo Formation (Brazil). *Sedimentology*, 67(7), 3422-3450.
- Amthor, J. E., Grotzinger, J. P., Schröder, S., Bowring, S. A., Ramezani, J., Martin, M. W., & Matter, A. (2003). Extinction of *Cloudina* and *Namacalathus* at the Precambrian-Cambrian boundary in Oman. *Geology*, 31(5), 431-434. doi: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2003\)031<0431:EOCANA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2003)031<0431:EOCANA>2.0.CO;2)

- Anderson, R.P., McMahon, S., Macdonald, F.A., Jones, D.S., & Briggs, D.E.G. (2019). Palaeobiology of latest Ediacaran phosphorites from the upper Khesen Formation, Khuvsgul 2118 Group, northern Mongolia: *Journal of Systematic Palaeontology*, v. 17, p. 501–532.
- Arrouy, M.J., Gaucher, C., Poiré, D.G., Xiao, S., Peral, L.E.G., Warren, L. V., Bykova, N., & Quaglio, F., (2019). A new record of late Ediacaran acritarchs from La Providencia Group (Tandilia System, Argentina) and its biostratigraphical significance: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 93, p. 283–293.
- Arvestal, E.H.M., & Willman, S., (2020). Organic-walled microfossils in the Ediacaran of Estonia: Biodiversity on the East European Platform: *Precambrian Research*, v. 341, p. 1–27.
- Babcock, L. E., Peng, S., Zhu, M., Xiao, S., & Ahlberg, P. (2014). Proposed reassessment of the Cambrian GSSP. *Journal of African Earth Sciences*, 98, 3-10.
- Babu, R., Singh, V.K., & Mehrotra, N.C., (2014). Neoproterozoic Age Based on Microbiotas from the Raipur Group of Baradwar Sub-basin, Chhattisgarh: *Journal Geological Society of India*, v. 84, p. 442–448.
- Baludikay, B.K., Storme, J.Y., François, C., Baudet, D., & Javaux, E.J., (2016). A diverse and exquisitely preserved organic-walled microfossil assemblage from the Meso-Neoproterozoic Mbuji-Mayi Supergroup (Democratic Republic of Congo) and implications for Proterozoic biostratigraphy: *Precambrian Research*, v. 281, p. 166–184.
- Becker-Kerber, B., Paim, P.S.G., Junior, F.C., Girelli, T.J., da Rosa, A. L.Z., El Albani, A., ... & Pacheco, M.L.A.F. (2020). The oldest record of Ediacaran macrofossils in Gondwana (~ 563 Ma, Itajaí Basin, Brazil). *Gondwana Research*, 84, 211-228.
- Beghin, J., Storme, J.Y., Blanpied, C., Gueneli, N., Brocks, J.J., Poulton, S.W., & Javaux, E.J., (2017). Microfossils from the late Mesoproterozoic – early Neoproterozoic Atar/El Mreïti Group, Taoudeni Basin, Mauritania, northwestern Africa: *Precambrian Research*, v. 291, p. 63–82.
- Bengtson, P. (1988). Open nomenclature. *Palaeontology*, 31(1), 223-227.
- Beurlen, K.; Sommer, F.W. (1957). Observações estratigráficas e paleontológicas sobre o calcário Corumbá. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 168, 35pp.
- Blair, J. E., & Hedges, S. B. (2005). Molecular clocks do not support the Cambrian explosion. *Molecular biology and evolution*, 22(3), 387-390.
- Blanco, G., & Gaucher, C., (2005). Estratigrafia, paleontologia y edad de la Formacion Las Ventanas (Neoproterozoico, Uruguay): *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, v. 12, p. 109–124.
- Boddy, C. E., Mitchell, E. G., Merdith, A., & Liu, A. G. (2022). Palaeolatitudinal distribution of the Ediacaran macrobiota. *Journal of the Geological Society*, 179(1), jgs2021-030.
- Boggiani, P. C. (1998). *Análise estratigráfica da Bacia Corumbá (Neoproterozóico) – Mato Grosso do Sul*. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 181 p.

- Boggiani, P. C., Ferreira, V. P., Sial, A. N., Babinski, M., Trindade, R. I. F., Aceñolaza, G., ... & Parada, M. A. (2003). The cap carbonate of the Puga Hill (Central South America) in the context of the post-Varanger Glaciation. In *IV South American Symposium on Isotope Geology, Salvador, Brasil* (Vol. 1).
- Boggiani, P. C., Gaucher, C., Sial, A. N., Babinski, M., Simon, C. M., Riccomini, C., ... & Fairchild, T. R. (2010). Chemostratigraphy of the Tamengo Formation (Corumbá Group, Brazil): a contribution to the calibration of the Ediacaran carbon-isotope curve. *Precambrian Research*, 182(4), 382-401.
- Bowyer, F. T., Zhuravlev, A. Y., Wood, R., Shields, G. A., Zhou, Y., Curtis, A., ... & Zhu, M. (2022). Calibrating the temporal and spatial dynamics of the Ediacaran-Cambrian radiation of animals. *Earth-Science Reviews*, 225, 103913.
- Buick, R., & Knoll, A. H. (1999). Acritarchs and microfossils from the Mesoproterozoic Bangemall Group, northwestern Australia. *Journal of Paleontology*, 73(5), 744-764.
- Butterfield, N.J., & Chandler, F.W., (1992). Palaeoenvironmental distribution of Proterozoic microfossils, with an example from the Agu Bay Formation, Baffin Island: *Palaeontology*, v. 35, p. 943–957.
- Butterfield, N. J., Knoll, A. H., & Swett, K. (1994). Paleobiology of the Neoproterozoic Svanbergfjellet Formation, Spitsbergen. *Fossils & Strata*, 34 1-82.
- Butterfield, N. J. (2015). The Neoproterozoic. *Current Biology*, 25(19), R859-R863.
- Cai, Y.; Cortijo, I.; Schiffbauer, J.D.; Hua, H., (2017). Taxonomy of the late Ediacaran index fossil *Cloudina* and a new similar taxon from South China. *Precambrian Research*, 298, 146–156. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2017.05.016>
- Campanha, G. A., Boggiani, P. C., Sallun Filho, W., de Sá, F. R., Zuquim, M. D. P. S., & Piacentini, T. (2011). A faixa de dobramento Paraguai na Serra da Bodoquena e depressão do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul. *Geologia USP. Série Científica*, 11(3), 79-96.
- Canfield, D. E., Poulton, S. W., Knoll, A. H., Narbonne, G. M., Ross, G., Goldberg, T., & Strauss, H. (2008). Ferruginous conditions dominated later Neoproterozoic deep-water chemistry. *Science*, 321(5891), 949-952.
- Do Carmo, D. A. (1998). Taxonomia, paleoecologia e distribuição estratigráfica dos ostracodes da Formação Alagamar (Cretáceo Inferior), bacia Potiguar, Brasil. Ph.D. dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 155 pp.,
- Chai, S., Hua, H., Ren, J., Dai, Q., & Cui, Z. (2021a). Vase-shaped microfossils from the late Ediacaran Dengying Formation of Ningqiang, South China: taxonomy, preservation and biological affinity. *Precambrian Research*, 352, 105968.
- Chai, S., Wu, Y., & Hua, H. (2021b). Potential index fossils for the terminal stage of the Ediacaran system. *Journal of Asian Earth Sciences*, 218, 104885.
- Chen, Z.; Sun, W. (2001). Late Sinian (tubular) metazoan fossils: *Cloudina* and *Sinotubulites* from southern Shaanxi. *Acta Micropalaeontologica Sinica* 18, 180–202.
- Chen, Z.; Bengtson, S.; Zhou, C.; Hua, H.; Yue, Z., (2008). Tube structure and original composition of *Sinotubulites*: shelly fossils from the late Neoproterozoic in southern Shaanxi, China. *Lethaia* 41, 37–45.

- Chiglino, L., Gaucher, C., Sial, A.N., & Ferreira, V.P., (2015). Acritarchs of the Ediacaran Frecheirinha Formation, Ubajara Group, Northeastern Brazil: *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, v. 87, p. 635–649.
- Cohen, P. A., Knoll, A. H., & Kodner, R. B. (2009). Large spinose microfossils in Ediacaran rocks as resting stages of early animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(16), 6519-6524.
- Cohen, P. A., Junium, C. K., King Phillips, E., & Uveges, B. T. (2022). Carbon cycle dynamics and ecology revealed by the carbon isotopic composition of single organic microfossils during the Late Devonian Biotic Crisis. *Geobiology*, 20(3), 346-362.
- Cole, D. B., Mills, D. B., Erwin, D. H., Sperling, E. A., Porter, S. M., Reinhard, C. T., & Planavsky, N. J. (2020). On the co-evolution of surface oxygen levels and animals. *Geobiology*, 18(3), 260-281.
- Cortijo, I.; Mus, M.M.; Jensen, S.; Palacios, T., (2015). Late Ediacaran skeletal body fossil assemblage from the Navalpino anticline, central Spain. *Precambrian Research*, 267, 186-195.
- Cunningham, J. A., Vargas, K., Yin, Z., Bengtson, S., & Donoghue, P. C. (2017). The Weng'an Biota (Doushantuo Formation): an Ediacaran window on soft-bodied and multicellular microorganisms. *Journal of the Geological Society*, 174(5), 793-802.
- Dahl, T. W., Siggaard-Andersen, M. L., Schovsbo, N. H., Persson, D. O., Husted, S., Hougård, I. W., ... & Nielsen, A. T. (2019). Brief oxygenation events in locally anoxic oceans during the Cambrian solves the animal breathing paradox. *Scientific reports*, 9(1), 11669.
- Daley, A. C., Antcliffe, J. B., Drage, H. B., & Pates, S. (2018). Early fossil record of Euarthropoda and the Cambrian Explosion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(21), 5323-5331.
- Damassa, S.P., & Knoll, A.H., (1986). Micropalaeontology of the Late Proterozoic Arcoona Quartzite Member of the Tent Hill Formation, Stuart Shelf, South Australia: *Alcheringa*, v. 10, p. 417–430.
- Darroch, S. A., Boag, T. H., Racicot, R. A., Tweedt, S., Mason, S. J., Erwin, D. H., & Laflamme, M. (2016). A mixed Ediacaran-metazoan assemblage from the Zaris Sub-basin, Namibia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 459, 198-208.
- Darroch, S. A., Smith, E. F., Laflamme, M., & Erwin, D. H. (2018). Ediacaran extinction and Cambrian explosion. *Trends in ecology & evolution*, 33(9), 653-663.
- DeLucia, M. S., Guenther, W. R., Marshak, S., Thomson, S. N., & Ault, A. K. (2018). Thermochronology links denudation of the Great Unconformity surface to the supercontinent cycle and snowball Earth. *Geology*, 46(2), 167-170.
- Denezine, M. (2018). *Microfósseis orgânicos da Formação Sete Lagoas, município de Januária, estado de Minas Gerais, Brasil: taxonomia e análise bioestratigráfica*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 80 p.
- Denezine, M. (2022). *Taxonomia de microfósseis orgânicos da Formação Sete Lagoas, Brasil: bioestratigrafia e paleoecologia do Gondwana durante o Ediacarano*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, 140 p.

- Ding, Q., Xing, Y., Wang, Z., Yin, C., & Gao, L., (1993). Tubular and trace fossils from the Sinian Dengying Formation in the Miaohu-Liantuo area, Hubei Province: *Geological Review*, v. 39, p. 118–123.
- Diniz, C.Q.C. (2017). Análise da distribuição estratigráfica de *Corumbella Wernerii* HAHN ET AL. 1982 (Formação Tamengo, Ediacarano): Implicações Tafonômicas e Paleoambientais (Dissertação de Mestrado), Universidade de São Paulo, 108 p.
- Donnadieu Y, Ramstein G, Fluteau F, Roche D, Ganopolski A. 2004. The impact of atmospheric and oceanic heat transports on the sea-ice-albedo instability during the Neoproterozoic. *Clim. Dyn.* 22:293–306.
- Dorning, K. J., & Bell, D. G. (1987). The Silurian carbonate shelf microflora: acritarch distribution in the Much Wenlock Limestone Formation. In *Micropalaeontology of carbonate environments* (pp. 266-287).
- Dorning, K.J. 1996. Organic microfossil geothermal alteration and interpretation of regional tectonic provinces. *Journal of the Geological Society, London* 143, 219–220.
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional textures. *AAPG Special Volumes*, 38: 108-121.
- Dunn, F. S., & Liu, A. (2017). Fossil Focus: The Ediacaran Biota.
- Eisenack, A., (1938). Hystrichosphaerideen und verwandelte Formen im baltischen Silur. *Zeitschrift für Gesteinsforschung und Flachlandsgeologie* 14, 1- 30.
- Eisenack, A., (1958). *Tasmanites* Newton 1875 und *Leiosphaeridia* n.g. als Gattungen der Hystrichosphaeridea. *Palaeontographica, Abteilung A* 110, 1- 19.
- Embley, T. M., & Martin, W. (2006). Eukaryotic evolution, changes and challenges. *Nature*, 440(7084), 623-630.
- Erwin, D. H., & Davidson, E. H. (2002). The last common bilaterian ancestor. *Development*, 129(13), 3021-3032.
- Erwin, D.H., Laflamme, M., Tweedt, S.M., Sperling, E.A., Pisani, D. & Peterson, K.J. (2011) The Cambrian conundrum: early divergence and later ecological success in the early history of animals. *Science*, 334, 1091–1097.
- Erwin, D. H., & Tweedt, S. (2012). Ecological drivers of the Ediacaran-Cambrian diversification of Metazoa. *Evolutionary Ecology*, 26(2), 417-433.
- Evitt, W. R. (1963). A discussion and proposals concerning fossil dinoflagellates, hystrichospheres, and acritarchs, I. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 49(2), 158.
- Fairchild, T. R., & Sundaram, D. (1981). Novas evidências palinológicas sobre o Grupo Corumbá, Ladário, Mato Grosso do Sul. *SIMP. GEOL. DO CENTRO-OESTE*, 1.
- Fairchild, T. R., Sanchez, E. A., Pacheco, M. L. A., & de Moraes Leme, J. (2012). Evolution of Precambrian life in the Brazilian geological record. *International Journal of Astrobiology*, 11(4), 309-323.
- Fairchild, T.R., Sanchez, E.A.M., Pacheco, M.L.A.F., & Leme, J.M., (2012). Evolution of Precambrian life in the Brazilian geological record: *International Journal of Astrobiology*, v. 11, p. 309–323.

- Fazio, G., Guimarães, E. M., Walde, D. W., do Carmo, D. A., Adorno, R. R., Vieira, L. C., ... & Pinho, D. (2019). Mineralogical and chemical composition of Ediacaran-Cambrian pelitic rocks of The Tamengo and Guaicurus formations, (Corumbá Group-MS, Brazil): Stratigraphic positioning and paleoenvironmental interpretations. *Journal of South American Earth Sciences*, 90, 487-503.
- Fensome, R.A., Williams, G.L., Barss, M.S. , Freeman, J.M . & HILL, 1M., (1990). Acritarchs and fossil prasinophytes: an index to genera, species and infraspecific taxa. *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Contributions* 25, 771p.
- Freitas, B.T., Warren, L.V., Boggiani, P.C., De Almeida, R.P., & Piacentini, T. (2011). Tectono-sedimentary evolution of the Neoproterozoic BIF-bearing Jacadigo Group, SW-Brazil: *Sedimentary Geology*, v. 238, p. 48–70.
- Gaucher, C., Boggiani, P.C., Sprechmann, P., Sial, A.N., Fairchild, T., (2003). Integrated correlation of the Vendian to Cambrian Arroyo del Soldado and Corumbá Groups (Uruguay and Brazil): palaeogeographic, palaeoclimatic and palaeobiologic implications. *Precambrian Res.* 120, 241–278. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-9268\(02\)00140-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-9268(02)00140-7).
- Gaucher, C., Chiglino, L., Blanco, G., Poiré, D., & Germs, G.J.B., (2008). Acritarchs of Las Ventanas Formation (Ediacaran, Uruguay): Implications for the timing of coeval rifting and glacial events in western Gondwana: *Gondwana Research*, v. 13, p. 488–501.
- Gaucher, C., & Sprechmann, P. (2009). Neoproterozoic acritarch evolution. *Developments in Precambrian Geology*, 16, 319-326.
- Gehling, J. G., JENSEN, S., Droser, M. L., Myrow, P. M., & Narbonne, G. M. (2001). Burrowing below the basal Cambrian GSSP, fortune head, Newfoundland. *Geological Magazine*, 138(2), 213-218.
- Germs, G. J. (1972). New shelly fossils from Nama Group, south west Africa. *American Journal of Science*, 272(8), 752-761.
- Germs, G. J., Knoll, A. H., & Vidal, G. (1986). Latest proterozoic microfossils from the Nama group, Namibia (south west Africa). *Precambrian Research*, 32(1), 45-62.
- Glaessner, M.F., (1976). Early Phanerozoic annelid worms and their geological and biological significance. *Jl geol. Soc. Lond.* Vol. 132, 259-275.
- Golubkova, E. Y., Kuzmenkova, O. F., Kushim, E. A., Laptsevich, A. G., Mankievič, S. S., & Plotkina, Y. V. (2021). Distribution of microfossils in the Vendian deposits of the Orsha Depression of the East European Platform, Belarus. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 29(6), 627-640.
- Grant, S.W.F., (1990). Shell structure and distribution of *Cloudina*, a potential index fossil for the terminal Proterozoic: *American Journal of Science*, v. 290-A, p. 261–294.
- Grey, K. (1999). A modified palynological preparation technique for the extraction of large Neoproterozoic acanthomorph acritarchs and other acid-soluble microfossils.
- Grey, K., 2005. Ediacaran palynology of Australia. *Memoir 31 of the Association of Australasian Palaeontologists*, 439 pp.
- Grey, K., & Calver, C. R. (2007). Correlating the ediacaran of Australia. *Geological Society, London, Special Publications*, 286(1), 115-135.



- Halverson, G.P., Wade, B.P., Hurtgen, M.T., e Barovich, K.M. (2010). Neoproterozoic chemostratigraphy. *Precambrian Res.* 182, 337–350.
- Halverson, G., Porter, S., & Shields, G. (2020). Chapter 17 - The Tonian and Cryogenian Periods. In: Gradstein et al. (ed.), *Geologic Time Scale 2020* (pp. 495-519). Elsevier. Doi: 10.1016/B978-0-12-824360-2.00017-6.
- Han, C.-M., Chen, L., Li, G.J., Pang, K., Wang, W., Zhou, G.Z., Yang, L., Lyu, W.G., Wang, K., Zhong, Z.H., Wu, C.X., & Yang, F.J., (2021). First record of organic-walled microfossils from the Tonian Shiwangzhuang Formation of the Tumen Group in western Shandong, North China: *Palaeoworld*, v. 30, p. 208–219.
- He, Z., Archer, C., Yang, S., & Vance, D. (2023). Sedimentary cycling of zinc and nickel and their isotopes on an upwelling margin: Implications for oceanic budgets and paleoenvironment proxies. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 343, 84-97.
- Hidalgo, R. L. L. (2002). *Análise micropaleontológica das Formações Tamengo e Guaicurus, Grupo Corumbá (MS) e Formação Araras (MT), Transição do Neoproterozóico-Fanerozóico* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 139 p.
- Hoffman, P.F., & Schrag, D.P. (2002). The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change: *Terra Nova*, v.14, p. 129–155
- Hofmann, H.J., & Jackson, G.D., (1991). Shelf-facies microfossils from the Ulukhan Group (Proterozoic Bylot Supergroup), Baffin Island, Canada: *Journal of Paleontology*, v. 65, p. 361–382.
- Holland, H. D. (2006). The oxygenation of the atmosphere oceans. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361(1470), 903-915.
- Hua, H., Pratt, B. R., & Zhang, L. Y. (2003). Borings in *Cloudina* shells: complex predator-prey dynamics in the terminal Neoproterozoic. *Palaaios*, 18(4-5), 454-459.
- Hua, H.; Chen, Z.; Yuan, X.; Zhang, L.; Xiao, S., (2005). Skeletogenesis and asexual reproduction in the earliest biomineralizing animal *Cloudina*. *Geology*, 33(4):277-280.
- Hua, H.; Chen, Z.; Yuan, X., (2007). The advent of mineralized skeletons in Neoproterozoic Metazoa—new fossil evidence from the Gaojiashan Fauna *Geol. J.* 42: 263–279. Doi: 10.1002/gj.1077
- Huntley, J. W., Xiao, S., & Kowalewski, M. (2006). 1.3 Billion years of acritarch history: An empirical morphospace approach. *Precambrian Research*, 144(1-2), 52-68.
- Jankauskas, T.V., Mikhailova, N.S. & German, T.N., (1989). (eds), *Mikrofosillii Dokembriya SSSR*. Nauka, Leningrad, 191 p.
- Javaux, E. J., Knoll, A. H., & Walter, M. R. (2004). TEM evidence for eukaryotic diversity in mid-Proterozoic oceans. *Geobiology*, 2(3), 121-132.
- Javaux, E. J., & Benzerara, K. (2009). Microfossils. *Comptes Rendus Palevol*, 8(7), 605-615.
- Javaux, E. J., & Marshal, C. P. (2006). A new approach in deciphering early protist paleobiology and evolution: Combined microscopy and microchemistry of single Proterozoic acritarchs. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 139(1-4), 1-15.

- Javaux, E. J., Marshall, C. P., & Bekker, A. (2010). Organic-walled microfossils in 3.2-billion-year-old shallow-marine siliciclastic deposits. *Nature*, 463(7283), 934-938.
- Javaux, E.J., & Knoll, A.H., (2017). Micropaleontology of the lower Mesoproterozoic Roper Group, Australia, and implications for early eukaryotic evolution: *Journal of Paleontology*, v. 91, p. 199–229.
- Javaux, E.J., & Lepot, K., (2018). The Paleoproterozoic fossil record: Implications for the evolution of the biosphere during Earth's middle-age: *Earth-Science Reviews*, v. 176, p. 68–86.
- Jenkins, G. S. (2000). Global climate model high-obliquity solutions to the ancient climate puzzles of the Faint-Young Sun Paradox and low-altitude Proterozoic glaciation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 105(D6), 7357-7370.
- Johnston, D. T., Poulton, S. W., Dehler, C., Porter, S., Husson, J., Canfield, D. E., & Knoll, A. H. (2010). An emerging picture of Neoproterozoic ocean chemistry: Insights from the Chuar Group, Grand Canyon, USA. *Earth and Planetary Science Letters*, 290(1-2), 64-73.
- Johnston, D. T., Poulton, S. W., Goldberg, T., Sergeev, V. N., Podkovyrov, V., Vorob'Eva, N. G., ... & Knoll, A. H. (2012). Late Ediacaran redox stability and metazoan evolution. *Earth and Planetary Science Letters*, 335, 25-35.
- Keupp, H. and Mutterlose, J., (1994). Calcareous phytoplankton from the Barremian/Aptian boundary interval in NW Germany. *Cretaceous Res.*, 15, 739-763, doi: 10.1006/cres.1994.1040.
- Keupp, H. and Mutterlose, J., (1995). Erratum. *Cretaceous Res.*, 16, 151, doi: 10.1006/cres.1995.1011.
- Knoll, A.H., Swett, K. & Mark, J., (1991). Paleobiology of a Neoproterozoic tidal flat / lagoonal complex : the Draken Conglomerate Formation, Spitsbergen. *Journal of Paleontology*, 65, 531-570.
- Knoll, A.H., (1994). Proterozoic and Early Cambrian protists: evidence for accelerating evolutionary tempo. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 91:6743–6750.
- Knoll, A., Walter, M., Narbonne, G. & Christie-Blick, N. (2006). The Ediacaran Period: a new addition to the geologic time scale. *Lethaia*, 39(1), 13-30.
- Knoll, A. H. (2014). Paleobiological perspectives on early eukaryotic evolution. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 6(1), a016121.
- Knoll, A.H., Germs, G.J.B., Tankard, A., & Welsink, H., (2020). Tonian microfossils from subsurface shales in Botswana: *Precambrian Research*, v. 345, p. 1–8.
- Lacerda Filho, J. V. de; Brito, R. S. C. de; Silva, M. da G.; Oliveira, C. C. de; Moreton, L. C.; Martins, E. G.; Lopes, R. da C.; Lima, T. M.; Larizatti, J. H.; Valente, C. R., (2006) *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul: texto explicativo*. Campo Grande: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 200 p. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.
- Laflamme, M., Darroch, S. A., Tweedt, S. M., Peterson, K. J., & Erwin, D. H. (2013). The end of the Ediacara biota: Extinction, biotic replacement, or Cheshire Cat?. *Gondwana Research*, 23(2), 558-573.

- Lahr, D. J., Kosakyan, A., Lara, E., Mitchell, E. A., Morais, L., Porfirio-Sousa, A. L., ... & Brown, M. W. (2019). Phylogenomics and morphological reconstruction of Arcellinida testate amoebae highlight diversity of microbial eukaryotes in the Neoproterozoic. *Current Biology*, 29(6), 991-1001.
- Lamb, D. M., Awramik, S. M., Chapman, D. J., & Zhu, S. (2009). Evidence for eukaryotic diversification in the ~ 1800 million-year-old Changzhougou Formation, North China. *Precambrian Research*, 173(1-4), 93-104.
- Landing, E. (1994). Precambrian-Cambrian boundary global stratotype ratified and a new perspective of Cambrian time. *Geology*, 22(2), 179-182.
- Lei, Y., Shen, J., Algeo, T.J., Servais, T., Feng, Q., & Yu, J., (2019). Phytoplankton (acritarch) community changes during the Permian-Triassic transition in South China: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 519, p. 84–94.
- Leme, J. M., Van Iten, H., & Simões, M. G. (2022). A new conulariid (Cnidaria, Scyphozoa) from the terminal Ediacaran of Brazil. *Frontiers in Earth Science*, 10, 777746.
- Lenton, T.M., Boyle R.A., Poulton, S.W., Shields-Zhou, G.A., & Butterfield, N.J. (2014). Co-evolution of eukaryotes and ocean oxygenation in the Neoproterozoic era. *Nat. Geosci.* 7, 257–265.
- Li, J., Servais, T., Yan, K., & Zhu, H. (2004). A nearshore–offshore trend in acritarch distribution from the Early–Middle Ordovician of the Yangtze Platform, South China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 130(1-4), 141-161.
- Li, Z.-X., Evans, D.A.D., Halverson, G.P. (2013). Neoproterozoic glaciations in a revised global palaeogeography from the breakup of Rodinia to the assembly of Gondwanaland. *Sed. Geol.* 294, 219–232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.05.016>.
- Li, S., Gaschnig, R. M., & Rudnick, R. L. (2016). Insights into chemical weathering of the upper continental crust from the geochemistry of ancient glacial diamictites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 176, 96-117.
- Li, G., Pang, K., Chen, L., Zhou, G., Han, C., Yang, L., Wang, W., Yang, F., & Yin, L., (2019). Organic-walled microfossils from the Tonian Tongjiazhuang Formation of the Tumen Group in western Shandong, North China Craton and their biostratigraphic significance: *Gondwana Research*, v. 76, p. 260–289.
- Li, Z., Cao, M., Loyd, S. J., Algeo, T. J., Zhao, H., Wang, X., ... & Chen, Z. Q. (2020). Transient and stepwise ocean oxygenation during the late Ediacaran Shuram Excursion: Insights from carbonate  $\delta^{238}\text{U}$  of northwestern Mexico. *Precambrian Research*, 344, 105741.
- Liang, D., Cai, Y., Nolan, M., & Xiao, S., (2020). The terminal Ediacaran tubular fossil *Cloudina* in the Yangtze Gorges area of South China: *Precambrian Research*, v. 351, 105931. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105931>.
- Lipps, I.H. (ed.), 1993. *Fossil Prokaryotes and Protists*. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, 342p.
- Liu, P., Yin, C., Chen, S., Tang, F., & Gao, L. (2013). The biostratigraphic succession of acanthomorphic acritarchs of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Gorges area, South China and its biostratigraphic correlation with Australia. *Precambrian Research*, 225, 29-43.

- Loron, C.C., Halverson, G.P., Rainbird, R.H., Skulski, T., Turner, E.C., and Javaux, E.J., (2021). Shale-hosted biota from the Dismal Lakes Group in Arctic Canada supports an early Mesoproterozoic diversification of eukaryotes: v. 95, p. 1113–1137.
- Lottaroli, F.; Craig, J.; Thusu, B., (2014). Neoproterozoic–Early Cambrian (Infracambrian) hydrocarbon prospectivity of North Africa: a synthesis. *Geological Society, London, Special Publications*, 326:137-156.
- Mángano, M. G., & Buatois, L. A. (2014). Decoupling of body-plan diversification and ecological structuring during the Ediacaran–Cambrian transition: evolutionary and geobiological feedbacks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1780), 20140038.
- Mángano, M. G., & Buatois, L. A. (2017). The Cambrian revolutions: trace-fossil record, timing, links and geobiological impact. *Earth-Science Reviews*, 173, 96-108.
- Mángano, M. G., & Buatois, L. A. (2020). The rise and early evolution of animals: where do we stand from a trace-fossil perspective?. *Interface focus*, 10(4), 20190103.
- Marshall, C. R. (2006). Explaining the Cambrian “explosion” of animals. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 34, 355-384.
- Martin, F., (1993). Acritarchs: a review. *Biological Review* 68, 475- 538.
- McFadden, K. A., Huang, J., Chu, X., Jiang, G., Kaufman, A. J., Zhou, C., ... & Xiao, S. (2008). Pulsed oxidation and biological evolution in the Ediacaran Doushantuo Formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(9), 3197-3202.
- McFadden, K. A., Xiao, S., Zhou, C., & Kowalewski, M. (2009). Quantitative evaluation of the biostratigraphic distribution of acanthomorphic acritarchs in the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Gorges area, South China. *Precambrian Research*, 173(1-4), 170-190.
- McGee, B., Babinski, M., Trindade, R., & Collins, A. S. (2018). Tracing final Gondwana assembly: Age and provenance of key stratigraphic units in the southern Paraguay Belt, Brazil. *Precambrian Research*, 307, 1-33.
- Moczydlowska, M. (1991). Acritarch biostratigraphy of the Lower Cambrian and the Precambrian-Cambrian boundary in southeastern Poland. *Fossils and Strata*, 29, 1–127.
- Moczydlowska, M. M. (2002). Early Cambrian phytoplankton diversification and appearance of trilobites in the Swedish Caledonides with implications for coupled evolutionary events between primary producers and consumers. *Lethaia*, 35(3), 191-214.
- Moczydlowska, M. (2016). Algal affinities of Ediacaran and Cambrian organic-walled microfossils with internal reproductive bodies: *Tanarium* and other morphotypes. *Palynology*, 40(1), 83-121.
- Morais, L. P. C. (2017). *Sistemática e tafonomia de microfósseis vasiformes neoproterozoicos do Brasil e seu significado paleoecológico e filogenético* (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo). 159 p.
- Morais, L., Fairchild, T. R., Lahr, D. J., Rudnitzki, I. D., Schopf, J. W., Garcia, A. K., ... & Romero, G. R. (2017). Carbonaceous and siliceous Neoproterozoic vase-shaped microfossils (Urucum Formation, Brazil) and the question of early protistan biomineralization. *Journal of Paleontology*, 91(3), 393-406.

- Morais, L., Fairchild, T. R., Freitas, B. T., Rudnitzki, I. D., Silva, E. P., Lahr, D., ... & Trindade, R. I. F. D. (2021). Doushantuo-Pertatataka—Like Acritarchs From the Late Ediacaran Bocaina Formation (Corumbá Group, Brazil). *Frontiers in Earth Science*, 1233.
- Murray, J. W. 1976. A method of determining proximity of marginal seas to an ocean. *Marine Geology*, 23, 102-119.
- Muscente, A. D., Czaja, A. D., Riedman, L. A., & Colleary, C. (2017). Organic matter in fossils. *Earth Science Series, Encyclopedia of Geochemistry: Springer, Cham, Switzerland*, 1-5.
- Nagovitsin, K. E., & Kochnev, B. B. (2015). Microfossils and biofacies of the Vendian fossil biota in the southern Siberian Platform. *Russian Geology and Geophysics*, 56(4), 584-593.
- Narbonne, G. M., Xiao, S., Shields, G. A., & Gehling, J. G. (2012). The Ediacaran Period. *The geologic time scale*, 1, 413-435.
- Naumova, S.N., (1949). Spory nizhnego kembriya (Spores from the lower Cambrian). *Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Seriya Geologicheskaya*, 4:49-56. (In Russian).
- Nemerov, V.K., Stanevich, A.M., Razvozzhaeva, E.A., Budyak, A.E., and Kornilova, T.A., (2010). Biogenic sedimentation factors of mineralization in the Neoproterozoic strata of the Baikal – Patom region: *Russian Geology and Geophysics*, v. 51, p. 572–586.
- Och, L. M., & Shields-Zhou, G. A. (2012). The Neoproterozoic oxygenation event: environmental perturbations and biogeochemical cycling. *Earth-Science Reviews*, 110(1-4), 26-57.
- Palacios, T., Jensen, S., Barr, S. M., White, C. E., & Myrow, P. M. (2017). Organic-walled microfossils from the Ediacaran–Cambrian boundary stratotype section, Chapel Island and Random formations, Burin Peninsula, Newfoundland, Canada: Global correlation and significance for the evolution of early complex ecosystems. *Geological Journal*, 53(5), 1728-1742.
- Pandey, S. K., Singh, D., Sharma, M., Ahmad, S., & Bhan, U. (2023). A new palaeobiological assemblage from the Son Valley Bhandar Group and its implications on the age of the upper Vindhya of India. *Palaeoworld*.
- Pang, K., Tang, Q., Wu, C., Li, G., Chen, L., Wan, B., Yuan, X., Bodnar, R.J., and Xiao, S., (2020). Raman spectroscopy and structural heterogeneity of carbonaceous material in Proterozoic organic-walled microfossils in the North China Craton: *Precambrian Research*, v. 346, p. 1–15.
- Parfrey, L. W., Lahr, D. J., Knoll, A. H., & Katz, L. A. (2011). Estimating the timing of early eukaryotic diversification with multigene molecular clocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(33), 13624-13629.
- Parry, L. A., Boggiani, P. C., Condon, D. J., Garwood, R. J., Leme, J. D. M., McIlroy, D., ... & Liu, A. G. (2017). Ichnological evidence for meiofaunal bilaterians from the terminal Ediacaran and earliest Cambrian of Brazil. *Nature ecology & evolution*, 1(10), 1455-1464.
- Paterson, J. R., Edgecombe, G. D., & Lee, M. S. (2019). Trilobite evolutionary rates constrain the duration of the Cambrian explosion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(10), 4394-4399.

- Perch-Nielsen, K., (1975). Eocene to Paleocene microfossil of unknown affinity. *DSDP Initial Reports*, 29, 909-911, doi: 10.2973/dsdp.proc.29.125.
- Pickett, J., and Scheibnerová, V., (1974). The inorganic origin of “anellotubulates”. *Micropaleontology*, 20, 97-102, doi: 10.2307/1485101.
- Pierrehumbert, R. T., Abbot, D. S., Voigt, A., & Koll, D. (2011). Climate of the Neoproterozoic. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 39, 417-460.
- Porter, S. M., & Knoll, A. H. (2000). Testate amoebae in the Neoproterozoic Era: evidence from vase-shaped microfossils in the Chuar Group, Grand Canyon. *Paleobiology*, 26(3), 360-385.
- Porter, S.M., and Riedman, L.A., (2016). Systematics of organic-walled microfossils from the ca. 780 – 740 Ma Chuar Group, Grand Canyon, Arizona: *Journal of Paleontology*, v. 90, p. 815–853.
- Porter, S. M., Agić, H., & Riedman, L. A. (2018). Anoxic ecosystems and early eukaryotes. *Emerging Topics in Life Sciences*, 2(2), 299-309.
- Porter, S. M. (2020). Insights into eukaryogenesis from the fossil record. *Interface Focus*, 10(4), 20190105.
- Prasad, B., Uniyal, S. N., & Asher, R. (2005). Organic-walled microfossils from the Proterozoic Vindhyan Supergroup of Son Valley, Madhya Pradesh, India.
- Prasad, B., Asher, R., and Borgohai, B., (2010). Late Neoproterozoic (Ediacaran)-Early Paleozoic (Cambrian) Acritarchs from the Marwar Supergroup, Bikaner-Nagaur Basin, Rajasthan: *Journal Geological Society of India*, v. 75, p. 415–431.
- Pu, J. P., Bowring, S. A., Ramezani, J., Myrow, P., Raub, T. D., Landing, E., ... & Macdonald, F. A. (2016). Dodging snowballs: Geochronology of the Gaskiers glaciation and the first appearance of the Ediacaran biota. *Geology*, 44(11), 955-958.
- Pykhova, N.G., (1973). Dokembriskie akritarhi Moskovskogo graben I Yuzhnogo. *Obshchestva ispitately prirody otdel geologicheskii novaya*, 48: 91–107.
- Raymo, M. E. (1991). Geochemical evidence supporting TC Chamberlin's theory of glaciation. *Geology*, 19(4), 344-347.
- Retallack, G. J. (2015). Acritarch evidence for an Ediacaran adaptive radiation of Fungi. *Botanica Pacifica: a journal of plant science and conservation*, 4(2), 19-33.
- Richardson, G., Gregory, D., and Pollard, J., (1973). Anellotubulates are manufactured ‘microfossils’. *Nature*, 246(5432), 347-348, doi: 10.1038/246347a0.
- Riedman, L.A., Porter, S.M., Halverson, G.P. and Hurtgen, M.T. (2014) Organic-walled microfossil assemblages from glacial and interglacial Neoproterozoic units of Australia and Svalbard. *Geology*, 42, 1011–1014.
- Riedman, L. A., & Porter, S. (2016). Organic-walled microfossils of the mid-Neoproterozoic Alinya Formation, Officer Basin, Australia. *Journal of Paleontology*, 90(5), 854-887.
- Riedman, L. A., & Sadler, P. M. (2018). Global species richness record and biostratigraphic potential of early to middle Neoproterozoic eukaryote fossils. *Precambrian Research*, 319, 6-18.

- Rooney, A. D., Cantine, M. D., Bergmann, K. D., Gómez-Pérez, I., Al Baloushi, B., Boag, T. H., ... & Strauss, J. V. (2020). Calibrating the coevolution of Ediacaran life and environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(29), 16824-16830.
- Sanchez, E.A.M., and Fairchild, T.R., (2018). Reavaliação De Fósseis Do Grupo Bambuí: Implicações Paleobiológicas Para O Neoproterozoico Tardio Do Brasil: *Geonomos*, v. 25, p. 1–11.
- Sarjeant, W.A.S. & Stancliffe, R.P.W, (1994). The Micrhystridium and Veryhachium complexes (Acritarcha: Acanthomorphytae and Polygonomorphytae) a taxonomic reconsideration. *Micropaleontology* 40, 1- 77.
- Schopf, J. W. (1968). Microflora of the Bitter Springs formation, late Precambrian, central Australia. *Journal of Paleontology*, 651-688.
- Schopf, J. W., Kudryavtsev, A. B., Agresti, D. G., Czaja, A. D., & Wdowiak, T. J. (2005). Raman imagery: a new approach to assess the geochemical maturity and biogenicity of permineralized Precambrian fossils. *Astrobiology*, 5(3), 333-371.
- Sergeev, V.N., (2001). Paleobiology of the Neoproterozoic (Upper Riphean) Shorikha and Burovaya Silicified Microbiotas, Turukhansk Uplift, Siberia: *Journal of Paleontology*, v. 75, p. 427–448.
- Sergeev, V.N.; Lee, S., (2004). New data on silicified microfossils from the Satka Formation of the Lower Riphean Stratotype, the Urals. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 12(1):1-21.
- Sergeev, V. N. (2009). The distribution of microfossil assemblages in Proterozoic rocks. *Precambrian Research*, 173(1-4), 212-222.
- Sergeev, V. N., & Schopf, J. W. (2010). Taxonomy, paleoecology and biostratigraphy of the late Neoproterozoic Chichkan microbiota of South Kazakhstan: The marine biosphere on the eve of metazoan radiation. *Journal of Paleontology*, 84(3), 363-401.
- Sergeev, V.N., Knoll, A.H., Vorob'eva, N.G., and Sergeeva, N.D., (2016). Microfossils from the lower Mesoproterozoic Kaltasy Formation, East European Platform: *Precambrian Research*, v. 278, p. 87–107.
- Sergeev, V.N., Vorob'eva, N.G., Petrov, P.Y., and Semikhatov, M.A., (2017). Taxonomic composition and biostratigraphic value of the Early Riphean organic-walled microfossil association from the Ust'-Il'ya Formation of the Anabar Uplift, Northern Siberia: *Stratigraphy and Geological Correlation*, v. 25, p. 241–255.
- Shang, X., Liu, P., and Moczyłowska, M., (2019). Acritarchs from the Doushantuo Formation at Liujing section in Songlin area of Guizhou Province, South China: Implications for early–middle Ediacaran biostratigraphy: *Precambrian Research*, v. 334, p. 1–34.
- Shi, M., Feng, Q., Khan, M.Z., and Zhu, S., (2017). An eukaryote-bearing microbiota from the early Mesoproterozoic Gaoyuzhuang Formation, Tianjin, China and its significance: *Precambrian Research*, v. 303, p. 709–726.
- Shields-Zhou, G., Hill, A.C. and MacGabhann, B.A. (2012) Chapter 17: The Cryogenian Period. In: *The Geological Time Scale 2012* (Eds F.M. Gradstein, J.A. Ogg, M. Schmitz and G. Ogg), pp. 394–411. Elsevier, Amsterdam.

- Shields, G. A., Halverson, G. P., & Porter, S. M. (2018). Descent into the Cryogenian. *Precambrian Research*, 319, 1-5.
- Shore, A., Wood, R., Curtis, A., and Bowyer, F., (2020). Multiple branching and attachment structures in cloudinomorpha, Nama Group, Namibia: *Geology*, v. 48, p. 877–881.
- Shore, A., and Wood, R., (2021). Environmental and diagenetic controls on the morphology and calcification of the Ediacaran metazoan *Cloudina*: *Scientific Reports*, v. 11, 12341. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90768-5>.
- Shukla, Y., Sharma, M., and Sergeev, V.N., (2020). Organic walled microfossils from the Neoproterozoic Owk Shale, Kurnool Group, South India: *Palaeoworld*, v. 29, p. 490–511.
- Singh, V.K., and Sharma, M., (2016). Mesoproterozoic organic-walled microfossils from the Chaporadih Formation, Chandarpur Group, Chhattisgarh Supergroup, Odisha, India: *Journal of Palaeontological Society of India*, v. 61, p. 75–84.
- Simón, J. (2018). A transitional Ediacaran–Cambrian biota in the Abenójar anticline (Iberian Massif, Spain). *Estudios Geológicos* 74(2): e084. <https://doi.org/10.3989/egeol.43012.470>.
- Spear, N., Holland, H.D., Garcia-Veigas, J., Lowenstein, T.K., Giegengack, R. and Peters, H. (2014) Analyses of fluid inclusions in Neoproterozoic marine halite provide oldest measurement of seawater chemistry. *Geology*, 42, 103–106.
- Spence, G. H., Le Heron, D. P., & Fairchild, I. J. (2016). Sedimentological perspectives on climatic, atmospheric and environmental change in the Neoproterozoic Era. *Sedimentology*, 63(2), 253-306.
- Stanevich, A.M.; Maksimova, E.N.; Kornilova, T.A.; Gladkochub, D.P.; Mazukabzov, A.M.; Donskaya, T.V., (2009). Microfossils from the Arymas and Debengde Formations, the Riphean of the Olenek Uplift: Age and presumable nature. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 17:20-35.
- Stankiewicz BA, Briggs DEG, Michels R, Collinson ME, Flannery MB, 396 Evershed RP (2000) Alternative origin of aliphatic polymer in kerogen. *Geology* 28:559–562
- Steiner, M., Li, G., Qian, Y., Zhu, M., & Erdtmann, B. D. (2007). Neoproterozoic to early Cambrian small shelly fossil assemblages and a revised biostratigraphic correlation of the Yangtze Platform (China). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254(1-2), 67-99.
- Stricanne, L., Munnecke, A., Pross, J., & Servais, T. (2004). Acritarch distribution along an inshore–offshore transect in the Gorstian (lower Ludlow) of Gotland, Sweden. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 130(1-4), 195-216.
- Swanson-Hysell, N. L., Maloof, A. C., Condon, D. J., Jenkin, G. R., Alene, M., Tremblay, M. M., ... & Haileab, B. (2015). Stratigraphy and geochronology of the Tambien Group, Ethiopia: Evidence for globally synchronous carbon isotope change in the Neoproterozoic. *Geology*, 43(4), 323-326.
- Tang, Q., Pang, K., Xiao, S., Yuan, X., Ou, Z., & Wan, B. (2013). Organic-walled microfossils from the early Neoproterozoic Liulaobei Formation in the Huainan region of North China and their biostratigraphic significance. *Precambrian Research*, 236, 157-181.



- Tang, Q., Pang, K., Yuan, X., Wan, B., and Xiao, S., (2015). Organic-walled microfossils from the Tonian Gouhou Formation, Huaibei region, North China Craton, and their biostratigraphic implications: *Precambrian Research*, v. 266, p. 296–318.
- Tang, Q., Hughes, N.C., McKenzie, N.R., Myrow, P.M., and Xiao, S., (2017). Late Mesoproterozoic – early Neoproterozoic organic-walled microfossils from the Madhubani Group of the Ganga Valley, northern India: *Palaeontology*, v. 60, p. 869–891.
- Tappan, H., (1980). *The Paleobiology of Plant Protists*. Freeman & Co., San Francisco, 1028p.
- Thomas, F. C., Murney, M. G., (1985). Techniques for extraction of foraminifers and ostracodes from sediment samples. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.*, 54, 1-24.
- Timofeev, B.V., (1955). Nakhodki spor v kembriskikh i dokembriskikh otlozheniyakh Vostochnoi Sibiri. *Doklady Akademiyi Nauk SSSR*, novaya seriya, 105, 547-550.
- Timofeev, B.V., (1959). Drevnejshaya flora Pribaltiki. *Trudy VNIGRI*, vol. 129. Leningrad. 320 pp.
- Timofeev, B.V., (1966). Mikropaleofitologicheskoe issledovanie drevnikh svit. Nauka, Moscow, 1- 147.
- Tiwari, M., & Pant, C. C. (2004). Organic-walled microfossils from the Neoproterozoic black phosphatic stringers in the Gangolihat Dolomite, Lesser Himalaya, India. *Current Science*, 1733-1738.
- Tiwari, M., & Pant, I. (2009). Microfossils from the Neoproterozoic Gangolihat Formation, Kumaun Lesser Himalaya: their stratigraphic and evolutionary significance. *Journal of Asian Earth Sciences*, 35(2), 137-149.
- Tobias, T. C. (2014). Micropaleontologia da Formação Tamengo, Eco Parque Cacimba Da Saúde, Ediacarano, Grupo Corumbá, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 88 p.
- Tsukui, K., Ramezani, J., Zhu, M., Maloof, A. C., Porter, S., Moore, J., ... & Bowring, S. A. (2016). High-precision Temporal Calibration of the Early Cambrian Biotic and Paleoenvironmental Records: New U-Pb Geochronology from Eastern Yunnan, China. In *AGU Fall Meeting Abstracts* (Vol. 2016, pp. PP31A-2260).
- Vidal, G., & Knoll, A. H. (1983). Proterozoic plankton. *Geological Society of America Memoir*, 161, 265-277.
- Vidal, G., 1976. Late Precambrian microfossils from the Visingsö Beds in southern Sweden. *Fossils and Strata* 9, 1-57.
- Waggoner, B. (2003). The Ediacaran biotas in space and time. *Integrative and Comparative Biology*, 43(1), 104-113.
- Walde, D. H.G.; Erdtmann, B.D.; Do Carmo, D.A.; Karfunkel, J.; Da Silva A.B.; Pöllmann, H., (2018). Skelettbildende Fossilien aus dem späten Ediacarium von Corumbá (West-Brazilien): *Corumbella* und *Cloudina*. *Der Aufschluss Jg.* 69, 2.
- Walde, D.H.G.; Do Carmo, D.A., Guimarães, E.M., Vieira, L.C., Erdtmann, B.-D., Sanchez, E.A.M., Adorno, R.R., Tobias, T.C., (2015). New aspects of Neoproterozoic–Cambrian transition in the Corumbá region (state of Mato Grosso do Sul, Brazil). *Ann. Paléontologie* 101, 213–224. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.annpal.2015.07.002>.

- Wallace, M.W., Hood, A.V.S., Woon, E.M.S., Hoffmann, K.H. and Reed, C.P. (2014) Enigmatic chambered structures in Cryogenian reefs: the oldest sponge-grade organisms? *Precamb. Res.*, 255, 109–123.
- Wang, H., Liu, A., Li, C., Feng, Q., Tang, S., Cheng, M., & Algeo, T. J. (2021). A benthic oxygen oasis in the early Neoproterozoic ocean. *Precambrian Research*, 355, 106085.
- Warren, L. V.; Fairchild, T. R.; Gaucher, C.; Boggiani, P. C.; Poiré, D. G.; Anelli, L. E.; Inchausti, J. C. G. (2011). *Corumbella* and in situ *Cloudina* in association with thrombolites in the Ediacaran Itapucumi Group, Paraguay. *Terra Nova*, 23: 382-389.
- Warren, L. V., Quaglio, F., Simões, M. G., Gaucher, C., Riccomini, C., Poiré, D. G., ... & Sial, A. N. (2017). *Cloudina-Corumbella-Namacalathus* association from the Itapucumi Group, Paraguay: Increasing ecosystem complexity and tiering at the end of the Ediacaran. *Precambrian Research*, 298, 79-87.
- Warren, L.V.; Freitas, B.T.; Riccomini, C.; Boggiani, P.C.; Quaglio, F.; Simões, M.G.; Fairchild, T.R.; Giorgioni, M.; Gaucher, C.; Poiré, D.G.; Cáceres, A.A.; Sial, A.N., (2019). Sedimentary evolution and tectonic setting of the Itapucumi Group, Ediacaran, northern Paraguay: From Rodinia break-up to West Gondwana amalgamation. *Precambrian Research*, 322, 99–121.
- Wei, G. Y., Planavsky, N. J., Tarhan, L. G., Chen, X., Wei, W., Li, D., & Ling, H. F. (2018). Marine redox fluctuation as a potential trigger for the Cambrian explosion. *Geology*, 46(7), 587-590.
- Weiguo, S. (1986). Late Precambrian pennatulids (sea pens) from the eastern Yangtze Gorge, China: *Paracharnia* gen. nov. *Precambrian Research*, 31(4), 361-375.
- Wetzel, O., (1933). Die in organischer Substanz erhaltenen Mikrofossilien des baltischen Kreide-Feuersteins mit einem sediment-petrographischen und stratigraphischen Anhang. *Palaeontographica Abteilung A* 77, 141- 186.
- Wetzel, O., (1959). New problematic microfossils from the German Upper Lias. *XV Int. Congr. Zool. Londres*, 50, 1060.
- Wetzel, O., (1961). New microfossils from Baltic Cretaceous flintstones. *Micropaleontology*, 7, 337-350.
- Wetzel, O., (1967). Rätselhafte mikrofossilien des Oberlias ( $\epsilon$ ): Neue funde von "Anellotubulaten". *N. Jb. Geol. Paläont.*, 128(3), 341-352.
- Woltz, C. R., Porter, S. M., Agić, H., Dehler, C. M., Junium, C. K., Riedman, L. A., ... & Halverson, G. P. (2021). Total organic carbon and the preservation of organic-walled microfossils in Precambrian shale. *Geology*, 49(5), 556-560.
- Wood, R., Liu, A. G., Bowyer, F., Wilby, P. R., Dunn, F. S., Kenchington, C. G., ... & Penny, A. (2019). Integrated records of environmental change and evolution challenge the Cambrian Explosion. *Nature ecology & evolution*, 3(4), 528-538.
- Wood, R., Donoghue, P. C., Lenton, T. M., Liu, A. G., & Poulton, S. W. (2020). The origin and rise of complex life: progress requires interdisciplinary integration and hypothesis testing. *Interface Focus*, 10: 20200024-20200024.
- Xiao, S., & Knoll, A. H. (1999). Fossil preservation in the Neoproterozoic Doushantuo phosphorite lagerstätte, South China. *Lethaia*, 32(3), 219-238.

- Xiao, S., & Laflamme, M. (2009). On the eve of animal radiation: phylogeny, ecology and evolution of the Ediacara biota. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(1), 31-40.
- Xiao, S., Zhou, C., Liu, P., Wang, D., & Yuan, X. (2014a). Phosphatized acanthomorphic acritarchs and related microfossils from the Ediacaran Doushantuo Formation at Weng'an (South China) and their implications for biostratigraphic correlation. *Journal of Paleontology*, 88(1), 1-67.
- Xiao, S., Muscente, A. D., Chen, L., Zhou, C., Schiffbauer, J. D., Wood, A. D., ... & Yuan, X. (2014b). The Weng'an biota and the Ediacaran radiation of multicellular eukaryotes. *National Science Review*, 1(4), 498-520.
- Xiao, S., Narbonne, G. M., Zhou, C., Laflamme, M., Grazhdankin, D. V., Moczyłowska-Vidal, M., & Cui, H. (2016). Towards an Ediacaran time scale: problems, protocols, and prospects. *Episodes*, 39(4), 540-555.
- Xiao, S. H., & Narbonne, G. M. (2020). Chapter 18 - The Ediacaran Period. In: Gradstein et al. (ed.), *Geologic Time Scale 2020* (pp. 521-561). Elsevier.
- Yang, B., Steiner, M., Zhu, M., Li, G., Liu, J., & Liu, P. (2016). Transitional Ediacaran–Cambrian small skeletal fossil assemblages from South China and Kazakhstan: Implications for chronostratigraphy and metazoan evolution. *Precambrian Research*, 285, 202-215.
- Yang, B., Steiner, M., Schiffbauer, J.D., Selly, T., Wu, X., Zhang, C. and Liu, P., (2020). Ultrastructure of Ediacaran cloudinids suggests diverse taphonomic histories and affinities with non-biomineralized annelids: *Scientific Reports*, v. 10, 535. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56317-x>.
- Yang, C., Li, X. H., Zhu, M., Condon, D. J., & Chen, J. (2018). Geochronological constraint on the Cambrian Chengjiang biota, South China. *Journal of the Geological Society*, 175(4), 659-666.
- Yang, B., Warren, L. V., Steiner, M., Smith, E. F., & Liu, P. (2022). Taxonomic revision of Ediacaran tubular fossils: *Cloudina*, *Sinotubulites* and *Conotubus*. *Journal of Paleontology*, 96(2), 256-273.
- Yao, J., Xiao, S., Yin, L., Li, G., & Yuan, X. (2005). Basal Cambrian microfossils from the Yurtus and Xishanblaq formations (Tarim, north-west China): Systematic revision and biostratigraphic correlation of Micrhystridium-like acritarchs. *Palaeontology*, 48(4), 687-708.
- Yin, C., Bengtson, S., And Yue, Z., (2004). Silicified and phosphatised *Tianzhushania*, spheroidal microfossils of possible animal origin from the Neoproterozoic of South China: *Acta Palaeontologica Polonica*, v. 49, p. 1–12.
- Yin, L., Xunlai, Y., Fanwei, M., & Jie, H. (2005). Protists of the Upper Mesoproterozoic Ruyang Group in Shanxi Province, China. *Precambrian Research*, 141(1-2), 49-66.
- Yin, L., Zhu, M., Knoll, A.H., Yuan, X., Zhang, J., and Hu, J., 2007, Doushantuo embryos preserved inside diapause eggs: *Nature*, v. 446, p. 661–663.
- Yin, L.M., Singh, B.P., Bhargava, O.N., Zhao, Y.L., Negi, R.S., Meng, F.W., and Sharma, C.A., (2018). Palynomorphs from the Cambrian Series 3, Parahio valley (Spiti), Northwest Himalaya: *Palaeoworld*, v. 27, p. 30–41.

- Yuan, X., Chen, Z., Xiao, S., Zhou, C., & Hua, H. (2011). An early Ediacaran assemblage of macroscopic and morphologically differentiated eukaryotes. *Nature*, 470(7334), 390-393.
- Zaine, M. F.; Fairchild, T. R., (1987). Novas considerações sobre os fósseis da Formação Tamengo, Grupo Corumbá, SW do Brazil. In: *X Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Rio de Janeiro. Anais. p. 797-807.
- Zaine, M. F. (1991). *Análise de fósseis de parte da faixa Paraguai (MS, MT) e seu contexto temporal e paleoambiental*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 215 p.
- Zang, W.; Walter, M.R., (1992). Late Proterozoic and early Cambrian microfossils and biostratigraphy, northern Anhui and Jiangsu, central-eastern China. *Precambrian Research*, 57, 243–323.
- Zang, W.L., (1995). Early Neoproterozoic sequence stratigraphy and acritarch biostratigraphy, eastern Officer Basin, South Australia. *Precambrian Research*, 74:119-175.
- Zhang, L., Chang, S., Chen, C., Wang, X., Feng, Q., Steiner, M., ... & Clausen, S. (2022). *Cloudina* aggregates from the uppermost Dengying Formation, Three Gorges area, South China, and stratigraphical implications. *Precambrian Research*, 370, 106552.
- Zhao, F., Zhu, M., & Hu, S. (2010). Community structure and composition of the Cambrian Chengjiang biota. *Science China Earth Sciences*, 53(12), 1784-1799.
- Zheng, S., Feng, Q., van de Velde, S., Chang, S., Zhang, L., & Gao, B. (2022). Microfossil Assemblages and Indication of the Source and Preservation Pattern of Organic Matter from the Early Cambrian in South China. *Journal of Earth Science*, 33(3), 802-819.
- Zhou, C., Xie, G., McFadden, K., Xiao, S., Yuan, X. (2007). The diversification and extinction of Doushantuo-Pertatataka acritarchs in South China: causes and biostratigraphic significance. *Geological Journal*, 42(3-4), 229-262.
- Zhu, M. Y., Zhuravlev, A. Y., Wood, R. A., Zhao, F., & Sukhov, S. S. (2017). A deep root for the Cambrian explosion: Implications of new bio-and chemostratigraphy from the Siberian Platform. *Geology*, 45(5), 459-462.
- Zhou, C., Yuan, X., Xiao, S., Chen, Z., & Hua, H. (2019). Ediacaran integrative stratigraphy and timescale of China. *Science China Earth Sciences*, 62(1), 7-24.
- Zhuravlev, A.; Yu.; Liñán, E.; Vintaned, J.A.G.; Debrenne, F.; Fedorov, A.B., (2012). New finds of skeletal fossils in the terminal Neoproterozoic of the Siberian Platform and Spain. *Acta Palaeontologica Polonica*, 57, 205-224.