



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**DANOS DE BIOEROSÃO EM BIOCLASTOS COMO  
INDICADORES PALEOAMBIENTAIS EM ZONA  
PLATAFORMAL**

**FILIPPE BRASIL MEDEIROS SILVA**

ORIENTADOR – Prof. Dr. Fernando Erthal

Porto Alegre, 2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**DANOS DE BIOEROSÃO EM BIOCLASTOS COMO  
INDICADORES PALEOAMBIENTAIS EM ZONA  
PLATAFORMAL**

**FILIPE BRASIL MEDEIROS SILVA**

ORIENTADOR – Prof. Dr. Fernando Erthal

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Alejandra Gómez Pivel (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Prof. Dr. Matias do Nascimento Ritter (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Profa. Dra. Sabrina Coelho Rodrigues (Universidade Federal de Uberlândia)

Dissertação de Mestrado  
apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do Título de Mestre  
em Geociências.

Porto Alegre, 2021

CIP - Catalogação na Publicação

Silva, Filipe Brasil  
DANOS DE BIOEROSÃO EM BIOCLASTOS COMO INDICADORES  
PALEOAMBIENTAIS EM ZONA PLATAFORMAL / Filipe Brasil  
Silva. -- 2021.  
135 f.  
Orientador: Fernando Erthal.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa  
de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, BR-RS,  
2021.

1. Bioerosão. 2. Danos micro e macroendolíticos. 3.  
Tafonomia atualística. 4. Ichno-time-averaging. 5.  
Bio-time-averaging. I. Erthal, Fernando, orient. II.  
Título.

*In memoriam* ao meu pai, herói e amigo, **Marcos Brasil Medeiros Silva**(1953-2021)

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família que eu amo mais do que tudo, mas em especial ao meu pai, amado, Marcos Brasil Medeiros Silva, vítima desse terrível vírus que ceifou tantas vidas pelo mundo. Nunca esquecerei de todos os teus ensinamentos, te amo para todo o sempre meu amigo!

À minha mãe Marta Medeiros Silva, meu muito obrigado pelo apoio físico, moral e espiritual, ainda mais em dias tempestuosos como os de 2020 e principalmente os de 2021. Aos meus irmãos Lucas Brasil e Plínio Brasil, meu muito obrigado pelo companheirismo e amor incondicional, amo muito todos vocês.

Ao meu avô Ruy Medeiros, exemplo de pessoa com caráter e honestidade, muito obrigado pela herança de ter mantido a nossa grande e bela família unida até os dias de hoje, sem eles eu não seria nada. À minha avó Maria de Souza Medeiros, por sua amorosidade, gentileza e por ser agora a grande mantenedora da união de nossa grande família.

Ao meu dindo Marcelo pelo suporte dado até hoje, inclusive as indiadas. Ao meu tio Mauro pelas dicas gastronômicas engordantes. Às minhas tias Rosa e Inês pela convivência quase que diária e pela oportunidade de conviver com pessoas encantadoras como vocês. À minha tia Madeleine Scop e à minha prima Marina Scop que nos socorreram em momentos tão difíceis. Aos meus primos e primas pelos incontáveis momentos de alegria. À Rafinha, Tôta, Bella, Antonela e Bento vocês são as joias da família. E aos agregados da família Medeiros o meu muito obrigado.

Um agradecimento em especial, ao meu orientador Dr. Fernando Erthal pela amizade, orientação irretocável desde os anos de 2017 e pela confiança a mim concedida para mais essa jornada. Ao Dr. Matias do Nascimento Ritter pela amizade e pela incansável disposição de tirar minhas dúvidas.

Por fim, gostaria de agradecer o apoio financeiro concedido pela CAPES, o qual financiou minha bolsa de mestrado com extensões devido à pandemia COVID-19 do ano de 2020/21. Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e aos seus servidores, que me deram apoio necessário para a realizar mais essa etapa, e por fim um agradecimento à UFRGS.

## RESUMO

Os estudos tafonômico desta natureza, na sua maioria, são escassos ou inexistentes no Brasil. Traços biológicos, principalmente por bioerosão (micro e macroendolíticos) e marcas de predação, podem apresentar grande potencial para auxiliar nas interpretações paleoambientais. Como há poucos estudos sobre danos tafonômicos de origem biológica em plataformas continentais subtropicais, o intuito deste trabalho foi identificar e quantificar esses danos (traços de bioerosão e predação) presentes nas conchas de moluscos e braquiópodes encontradas nos depósitos bioclásticos da plataforma continental do Sul do Brasil, e relacionar com a uma série de fatores ambientais. Foram usadas 13 amostras de sedimento superficial de diversas profundidades coletados por ocasiões de expedições GEOMAR e REVIZEE, através de amostrador do tipo Van Veen e ou Box-corer, localizadas na plataforma continental entre latitudes de ~28°S e ~34°S. Os aspectos tafonômicos analisados, foram as seguintes: (i) fragmentação, (ii) alteração de cor, (iii) tipos de bioerodidores (traços de fungos, cianobactérias, esponjas, briozoários, poliquetos, além de traços com produtor indeterminado) e (iv) marcas de predação. Foram examinados 2800 bioclastos pertencentes a mais de 30 gêneros de moluscos bivalves, além de braquiópodes e fragmentos indeterminados, onde os traços mais frequentes são: *Phytophora* isp., *Phormidium* isp., *Entobia* isp. e *Scolesia filosa*. Os traços de predação foram verificados em frequências que oscilaram entre 7% e 8%. A fragmentação e a alteração de cor estiveram muito presentes entre as amostras. Utilizando a Análise Canônica de Proximidades e a Correlação de Spearman, foi possível relacionar essas assinaturas tafonômicas de origem biológica em bioclastos de ambientes plataformais subtropicais com características ambientais, como profundidade, longitude, latitude e o tipo de substrato. Porém, temos que levar em conta o **bio-time-averaging** que poderá ser perpetuado pelo **icno-time-averaging**, e esse tipo de informação pode gerar um “ruído” na interpretação de dados. Sendo assim, para que os traços sejam utilizados como indicadores para reconstrução paleoambiental é necessária uma caracterização detalhada desses icnofósseis, para que possibilite correlações quantitativas significativas com dados ambientais e sirva de ferramenta auxiliar em reconstruções paleoambientais.

**Palavras-chave:** Tafonomia, tafonomia atualística, traços microendolíticos, traços macroendolíticos, **bio-time-averaging**, **icno-time-averaging**, bioerosão, predação, indicador paleoambiental.

## ABSTRACT

Taphonomic studies of this nature, for the most part, are scarce or non-existent in Brazil. Biological traces, mainly by bioerosion (micro and macroendolytic) and predation marks, can have great potential to help in paleoenvironmental interpretations. As there are few studies on taphonomic damage of biological origin in subtropical continental shelves, the aim of this work was to identify and quantify these damages (bioerosion and predation traces) present in mollusc and brachiopod shells found in bioclastic deposits of the continental shelf of southern Brazil, and relate to a series of environmental factors. Thirteen samples of surface sediment from different depths were collected on occasions during GEOMAR and REVIZEE expeditions, through a Van Veen and/or Box-corer sampler, located on the continental shelf between latitudes of ~28°S and ~34°S. The taphonomic aspects analyzed were as follows: (i) fragmentation, (ii) color change, (iii) types of bioeroders (fungal, cyanobacteria, sponge, bryozoan, polychaetes, in addition to traces with an undetermined producer) and (iv) predation marks. 2800 bioclasts belonging to more than 30 genera of bivalve molluscs were examined, as well as brachiopods and indeterminate fragments, where the most frequent traces are: *Phytophora* isp., *Phormidium* isp., *Entobia* isp. and *Scolesia filosa*. Predation traces (*Oichnus simplex* and *O. paraboloides*) were verified at frequencies ranging between 7% and 8%. Fragmentation and color change were very present among the samples. Using Canonical Proximity Analysis and Spearman Correlation, it was possible to relate these taphonomic signatures of biological origin in bioclasts from subtropical platform environments with environmental characteristics such as depth, longitude, latitude and type of substrate. However, we have to take into account the **bio-time-averaging** that can be perpetuated by **icno-time-averaging**, and this type of information can generate “noise” in the interpretation of data. Therefore, for the traces to be used as indicators for paleoenvironmental reconstruction, a detailed characterization of these trace fossils is necessary, so that they allow for significant quantitative correlations with environmental data and serve as an auxiliary tool in paleoenvironmental reconstructions.

**Keywords:** Taphonomy, current taphonomy, microendolytic traces, macroendolytic traces, **bio-time-averaging**, **icno-time-averaging**, bioerosion, predation, paleoenvironmental indicator.

## LISTAS

### LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** MAPA COM A LOCALIDADE DE CADA AMOSTRAS DE BIOCLASTOS NA PSB. ESTÃO INDICADAS AS GRANULOMETRIAS DOS SUBSTRATOS NA REGIÃO DE ESTUDO ATRAVÉS DA LEGENDA COM CORES. JÁ NAS SETAS AZUIS INDICAM POSSÍVEIS LOCAIS DE PAELODRENAGENS..... 33
- FIGURA 2.** TRAÇOS DE BIOEROSÃO PRESENTES NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO RIO GRANDE DO SUL. **A)** *ROPALIA* ISP. (ESCALA = 4MM); **B)** *PHYTOPHORA* ISP. (ESCALA = 1MM); **C)** *PINACEOCLADICHNUS ONUBENSIS* E *PENNATICHNUS MOGUERENICA* (ESCALA = 200 MICRÔMETROS); **D)** BRIOZOÁRIO INDETERMINADO (ESCALA = 200 MICRÔMETROS); **E)** *IRAMENA* ISP. (ESCALA= 500 MICRÔMETROS); **F)** *PENNATICHNUS MOGUERENICA* (ESCALA= 200 MICRÔMETROS); **G)** *PHORMIDIUM* ISP. (ESCALA = 200 MICRÔMETROS); **H)** *GASTROCHAENOLITES* ISP. (ESCALA = 1MM); **I)** *PHORMIDIUM* ISP. (ESCALA = 50 MICRÔMETROS). ..... 46
- FIGURA 3.** TRAÇOS DE PREDUÇÃO E PARASITISMO PRESENTES NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO RIO GRANDE DO SUL. **A)** *OICHUNS SIMPLEX* (ESCALA = 100 MICRÔMETROS); **B)** *OICHUNS PARABOLOIDES* (ESCALA = 200 MICRÔMETROS); **C)** PREDUÇÃO INCOMPLETA (ESCALA = 200 MICRÔMETROS); **D)** PREDUÇÃO COM EROSÃO; **E)** *BOUCHARDIA* SP. (BRAQUIÓPODE RHYNCONELLIDA) (ESCALA = 1MM); **F)** *MACTRA* SP. (BIVALVE) COM MARCA DE PARASITISMO (ESCALA = 500 MICRÔMETROS)..... 47
- FIGURA 4.** ANÁLISE CANÔNICA DE PROXIMIDADES, EXCLUINDO OS DANOS DE ORIGEM BIOGÊNICA COM FREQUÊNCIAS MUITO BAIXAS. A PORÇÃO AMPLIADA MOSTRA AS CARACTERÍSTICAS QUE FICARAM MUITO AGRUPADAS. FOI UTILIZADO O ÍNDICE MANHATTAN, QUE É O MAIS INDICADO PARA ANÁLISES MULTIVARIADAS COM DADOS DE NATUREZA TAFONÔMICA ..... 49
- FIGURA 5.** *BIO-TIME-AVERAGING* E *ICNO-TIME-AVERAGING*. VÁRIAS ASSINATURAS DE BIOEROSÃO ONDE ALGUNS TRAÇOS SUCESSORES PODEM DE FATO OBLITERAR O REGISTRO DE TRAÇOS PRÉVIOS E OU SE ACUMULAR EM TEMPOS DISTINTOS: **A)** UM EXEMPLO DE MOLUSCO BIVALVE VIVO AINDA SEM NENHUMA MARCA; **B)** MOLUSCO BIVALVE JÁ MORTO; **C)** INVASÃO POR MICRÓBIOS PERFURADORES OU ALGAS; **D)**



INVASÃO PELAS ESPONJAS CLIONÍDEAS NAS MARCAS DEIXADAS PELAS ALGAS OU CIANOBACTÉRIAS; **E)** RASPAGENS DE EQUINÓIDES QUE ALIMENTAM-SE DE ALGAS QUE FICAM NA SUPERFÍCIE DOS SUBSTRATOS DUROS; **F)** CONCHA COM MARCAS DE UMA SUCESSÃO ECOLÓGICA ORIUNDA EM UMA SOBREPOSIÇÃO DE DIVERSAS ICNOESPÉCIES. .... 56

**FIGURA 6. *BIO-TIME-AVERAGING* E *ICNO-TIME-AVERAGING* DE ACORDO COM A MUDANÇA AMBIENTAL.** POR EXEMPLO: **1)** PODE OCORRER INICIALMENTE A VIDA E MORTE DO BIVALVE EM QUESTÃO REPRESENTADO PELAS LETRAS A E B; **2)** JÁ OCORREU UMA LEVE MUDANÇA NO AMBIENTE PONTO ESPECÍFICO E AGORA A CONCHA ESTÁ SENDO COLONIZADA POR ALGAS MICRO ENDOLÍTICAS; **3)** MAIS UMA MUDANÇA AMBIENTAL E AGORA COM A ENTRADA DE ESPONJAS CLIONÍDEAS REPRESENTADO PELA LETRA D; **4)** MAIS UMA MUDANÇA AMBIENTAL E AGORA A PRESENÇA POR EXEMPLO DE EQUINÓIDES RASPADORES QUE SE ALIMENTAM DE ALGAS, PODENDO OCORRER SIMULTANEAMENTE OU NÃO COM A LETRA D; **5)** AGORA COM UMA MUDANÇA BRUSCA NO AMBIENTE EM QUESTÃO, ONDE NENHUM DAQUELES SERES SOBREVIVERIAM, FICANDO APENAS OS SEUS TRAÇOS DE VIDAS PRETÉRITAS DE AMBIENTES DISTINTOS COMO REPRESENTADO NA LETRA F. .... 57

**FIGURA 7. A VIDA E A MORTE DE UM BIVALVE. DESENHO ESQUEMÁTICO MOSTRANDO AS SUCESSÕES PALEOECOLÓGICAS (*BIO-TIME-AVERAGING*) E AS SUAS MARCAS DEIXADAS EM UM MESMO SUBSTRATO BIOCLÁSTICO (*ICNO-TIME-AVERAGING*). ... 58**

**FIGURA 8. FREQUÊNCIA RELATIVA DOS TRAÇOS DE CIANOBACTÉRIAS PRESENTES NA ÁREA DE ESTUDO. .... 128**

**FIGURA 9. FREQUÊNCIA RELATIVA DE ALGUNS DOS TRAÇOS DE FUNGOS. .... 129**

**FIGURA 10. FREQUÊNCIA RELATIVA DO ICNOESPÉCIE *ENTOBIA* ISP. .... 129**

**FIGURA 11. FREQUÊNCIA RELATIVA DE ALGUNS DOS TRAÇOS DE BRIOZOÁRIOS. .... 130**

**FIGURA 12. FREQUÊNCIA RELATIVA DE ALGUNS DOS TRAÇOS DE FUNGOS OBSERVADOS NA ÁREA DE ESTUDO. .... 130**

**FIGURA 13.** FREQUÊNCIA RELATIVA DE ALGUNS DOS TRAÇOS DE VERMES (*CAULOSTREPSIS TAENIOLA* E VERME INDETERMINADO) E BIVALVE (*GASTROCHAENOLITES* ISP.) .. 131

**FIGURA 14.** FREQUÊNCIA RELATIVA DE ALGUNS DOS TRAÇOS DE VERME (*CAULOSTREPSIS* ISP.), EQUINODERMATA (*GNATICHNUS PENTAX*), GASTROPODA (*RADUCHICHNUS* ISP.) E INDETERMINADO (*PYRODENDRINA* ISP.)..... 131

**FIGURA 15.** FREQUÊNCIA RELATIVA DOS TIPOS DE PREDAÇÃO..... 132

## LISTA DE TABELAS

**TABELA 1.** FATORES AMBIENTAIS ENUMERADOS (ATUANDO EM CONJUNTO ENTRE SI OU NÃO).  
..... 14

**TABELA 2.** RESUMO DAS PRINCIPAIS ASSINATURAS TAFONÔMICAS E SUAS INTERPRETAÇÕES  
..... 16

**TABELA 3.** NOME DA AMOSTRA COM A PROFUNDIDADE EM METROS (A PARTIR DA AMOSTRA MENOS PROFUNDA PARA A MAIS PROFUNDA), GRANULOMETRIA (%),  $\text{CaCO}_3$  (%), SALINIDADE (PPM) E TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{C}$ )..... 29

**TABELA 4.** NÚMERO DE ETAPAS E SEUS PROCEDIMENTOS REALIZADOS..... 31

**TABELA 5.** IDENTIFICAÇÃO DOS BIOCLASTOS EM SUBCLASSE, FAMÍLIA, TIPO DA MINERALOGIA E MICROARQUITETURA DA CONCHA DA RESPECTIVA FAMÍLIA, GÊNERO JUNTAMENTE COM A QUANTIDADE DE EXEMPLARES, OCORRÊNCIA E O TIPO DE HÁBITO. .... 35

**TABELA 6.** NOMENCLATURA DO TRAÇO, SEU POSSÍVEL AGENTE CAUSADOR, OCORRÊNCIAS NAS AMOSTRAS E AS REFERÊNCIAS UTILIZADAS PARA IDENTIFICAÇÃO..... 42

**TABELA 7.** CLASSIFICAÇÃO ETOLÓGICA E A IDENTIFICAÇÃO DO TRAÇO MICRO OU MACROENDOLÍTICO..... 45

**TABELA 8.** CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TRAÇOS DE BIOEROSÃO OCASIONADA POR FUNGOS E OUTRAS CARACTERÍSTICAS TAFONÔMICAS. SÃO APRESENTADOS APENAS OS VALORES SIGNIFICATIVOS ( $P < 0,001$ )..... 50

<b>TABELA 9.</b> CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TRAÇOS DE BIOEROSÃO OCACIONADO POR CIANOBACTÉRIAS E OUTRAS CARACTERÍSTICAS TAFONÔMICAS. SÃO APRESENTADOS APENAS OS VALORES SIGNIFICATIVOS ( $P < 0,001$ ).....	50
<b>TABELA 10.</b> CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TRAÇOS DE BRIOZOÁRIOS (BIOEROSÃO) E OUTRAS CARACTERÍSTICAS TAFONÔMICAS. SÃO APRESENTADOS APENAS OS VALORES SIGNIFICATIVOS ( $P < 0,001$ ).....	51
<b>TABELA 11.</b> CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE TRAÇOS DE PREDÇÃO E FRAGMENTAÇÃO. SÃO APRESENTADOS APENAS OS VALORES SIGNIFICATIVOS ( $P < 0,001$ ). .....	51

## SUMÁRIO

<b>PARTE I</b> .....	13
<b>1. Introdução com a formulação do problema de investigação e a hipótese</b> .....	13
1.1 Tafonomia .....	13
1.2 Tafonomia atualística.....	13
1.3 Assinaturas tafonômicas.....	15
1.4 Assinaturas tafonômicas de origem biogênica.....	17
1.5 Dificuldades.....	17
<b>2. Objetivos</b> .....	18
2.1 Objetivos específicos .....	18
<b>3. O estado da arte do tema da pesquisa</b> .....	19
3.1 Introdução à Bioerosão .....	19
3.2 Classificação etológica .....	21
3.3 Metodologias mais utilizadas.....	24
3.4 Potencial para interpretação paleoambiental.....	27
<b>4. Materiais e métodos</b> .....	29
<b>5. Área de estudo</b> .....	32
5.1 Características gerais .....	32
5.2 Características geomorfológicas e sedimentares .....	34
<b>6. Principais resultados obtidos, interpretações desenvolvidas nos artigos e discussão integradora dos resultados</b> .....	35
<b>7. Referências</b> .....	60
<b>PARTE II</b> .....	74
ARTIGO SUBMETIDO.....	74
<b>BIOEROSION IN RELICTUAL BIOCLASTS FROM SOUTHERN BRAZIL SHELF AS INDICATORS OF DEPTH AND SEDIMENT GRAIN SIZE VARIATION</b> .....	74
<b>PARTE III</b> .....	111
<b>ANEXO I - Resumos publicados durante o período do curso de mestrado</b> .....	111
<b>PREDICTABILIDADE DE TRAÇOS DE BIOEROSÃO EM AMBIENTES SEDIMENTARES MARINHOS SUBTROPICAIS</b> .....	112
<b>TRAÇOS DE PREDACÃO EM MOLUSCOS BIVALVES MARINHOS INDICAM UMA ESTREITA RELAÇÃO COM SEUS HÁBITOS DE VIDA</b> .....	113
<b>RELAÇÃO DO AMBIENTE ATUAL COM TRAÇOS DE BIOEROSÃO EM VALVAS DE MOLUSCOS BIVALVES RECENTES DA PLATAFORMA CONTINENTAL SUBTROPICAL DO SUL DO BRASIL</b> .....	115
<b>TRAÇOS MICROENDOLÍTICOS EM CONCHAS DE BIVALVES DE AMBIENTES MARINHOS SUBTROPICAIS E SEU POTENCIAL EM RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL</b> .....	117

<b>ANEXO II - Normas para submissão de manuscritos para a revista PALAIOS .....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXO III - Confirmação de submissão do artigo - BIOEROSION IN RELICTUAL BIOCLASTS FROM SOUTHERN BRAZIL SHELF AS INDICATORS OF DEPTH AND SEDIMENT GRAIN SIZE VARIATION à revista PALAIOS.....</b>	<b>127</b>
<b>APÊNDICE I. Frequência relativa dos danos de origem biogênica (bioerosões). .....</b>	<b>128</b>

## **APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A estruturação desta dissertação de Mestrado é baseada em torno de um artigo científico SUBMETIDO em periódico, regida pela Norma 118 – Submissão de Teses e Dissertações do Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGEO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Devido a isso, sua organização está compreendida pelas seguintes partes:

**PARTE I:** Texto Integrador composto pelos seguintes capítulos: a) introdução com a formulação do problema de investigação e a hipótese; b) objetivos da pesquisa; c) o estado da arte do tema da pesquisa; d) os materiais e métodos utilizados; e) o contexto geológico da área; f) resumo dos principais resultados obtidos, interpretações desenvolvidas nos artigos e discussão integradora dos resultados; g) conclusões; h) referências bibliográficas.

**PARTE II:** Contém o artigo submetido a periódico com corpo editorial permanente e revisores independentes.

**PARTE III:** Anexos incluindo resumos publicados em eventos durante o tempo de realização do curso de Mestrado, carta de aceite submissão do manuscrito, Normas para submissão de manuscritos para a revista PALAIOS e as figuras auxiliares.

## PARTE I

### 1. Introdução com a formulação do problema de investigação e a hipótese

#### 1.1 Tafonomia

O termo Tafonomia (*Taphos*, do grego, significa enterro; *nomos* - significa lei) foi cunhado pela primeira vez pelo paleontólogo, da então União Soviética, Ivan Antonovich Yefremov (Ivan Efremov) em 1940. Essa é uma área da paleontologia que tem como a principal finalidade investigar as perdas de informações biológicas que podem ocorrer durante os diversos processos de fossilização em restos biológicos.

Quando for ocasionado qualquer grau (mesmo que seja nula) de destruição dos restos fósseis são alguns dos objetivos da tafonomia determinar e quantificar a influência ambiental sobre a destruição ou não dessas associações mortas e ou fossilíferas. Uma forma de mensurar e quantificar esta destruição é através das assinaturas tafonômicas, que são danos causados aos restos (conchas, ossos etc.) **(Rodrigues, 2006; Erthal, 2012)**. Ainda dentro da esfera tafonômica, os restos de origem biológicas são consideradas partículas sedimentares, que são submetidas aos mesmos processos de erosão e principalmente aos processos de transporte e deposição, gerando uma série de misturas temporais, desgastes, seleções de partículas, retrabalhamento e alguns fatores diagenéticos **(Holz e Simões, 2002)**.

#### 1.2 Tafonomia atualística

Para chegarmos a uma associação fóssil, precisamos que haja primeiramente a formação de uma associação morta (conhecida ainda pelo termo já em desuso de Tanatocenose) que é a primeira etapa para a formação da associação fóssil. Durante esta transição (cadáver para fóssil), muitas características biológicas são perdidas e ou obliteradas completamente, onde o componente bioclástico residual é submetido

a uma diversidade de processos, na grande maioria das vezes destrutivos e podendo ocorrer juntamente com processos de condensação espacial e temporal (*time-averaging*) (Ritter e Erthal, 2016).

Há uma vertente no ramo da tafonomia que utiliza-se de associações de restos mortos ainda não soterrados, esse ramo é designado como *tafonomia atualística* (Kowalewski e LaBarbera, 2004). Utilizando-se de variáveis mensuráveis, essas acumulações de remanescentes biológicos são utilizadas como embasamento para diversas interpretações, sendo elas de âmbitos: ambientais, estratigráficas e até mesmo evolutivas (Kidwell e Flessa, 1996; Kidwell e Holland, 2002; Kidwell, 2013). Segundo Erthal e Ritter (2017), as informações ambientais que são proporcionadas com embasamento do contexto geológico (sedimentar), podem ser bastante significativas quando utilizados restos biológicos de acumulações modernas, gerando assim, uma quantificação mais aproximada possível da relação entre tafonomia atualística e ambiente. Esses aspectos quantitativos têm um valor imprescindível em análises de contexto paleoecológico (Kidwell, 2013). Os restos de materiais biogênicos mortos por se comportarem como partículas sedimentares, segundo Behrensmeyer et al. (2000), estão sujeitos em diversos ambientes, ao ataque de alguma combinação dos seguintes fatores aqui enumerados na tabela abaixo:

**Tabela 1.** Fatores ambientais enumerados (atuando em conjunto entre si ou não).

N°	Fatores
1	Oxidação física;
2	Hidrólise;
3	Luz UV;
4	Microperfuração (microboring);
5	Decomposição microbiana (da matriz orgânica, tanto em condições aeróbicas quanto anaeróbicas);



## 6 Dissolução (da fase mineral, incluindo recristalização e precipitação dos minerais).

---

Entretanto, não é muito bem compreendido o efeito ambiental da maioria dos ambientes (marinhos, fluviais e terrestres) sobre os processos de destruição de materiais biogênicos.

### 1.3 Assinaturas tafonômicas

**Davies et al. (1989)** cunha o termo “assinaturas tafonômicas” na literatura paleontológica, utilizando-se de critérios para processos tafonômicos, incluindo dissolução, abrasão, quebra, classificação de tamanho e orientação das valvas, que estatisticamente foram correlacionados com parâmetros ambientais usando conchas de moluscos bivalves, ambiente sedimentar e profundidade de soterramento. Esses caracteres podem ser úteis na identificação dos habitats originais das espécies depositadas em acumulações mistas, visto que possuem características tafonômicas quantificáveis e com valor informativo (**Davies et al., 1989**). Inúmeros grupos e táxons de invertebrados marinhos atuais têm sido objeto de estudo. Porém, as válvulas de moluscos, principalmente as de bivalves, se destacam por apresentarem uma grande variedade de características de cunho tafonômico, criando um amplo espectro de informações que podem ser facilmente identificadas e quantificadas. (**Speyer e Brett, 1988; Rodrigues, 2006; Erthal et al., 2017**), e também apresentam uma excepcional preservação e também são facilmente coletáveis (**Kowalewski e Hoffmeister, 2003; Behrensmeyer et al., 2005**).

Devido à natureza dos processos extrínsecos, estes podem originar uma ampla gama de variedades de danos tafonômicos e podem ser categorizados conforme a sua origem, seriam eles: (1) processos de origem física: abrasão e fragmentação; (2) processos de origem química: descoloração, dissolução, precipitação e; (3) processos de origem biológica: bioerosão e incrustação (**Smith e Nelson, 2003**). Segundo os autores, os principais processos causadores de danos tafonômico em restos biológicos estão listados na tabela abaixo:

**Tabela 2.** Resumo das principais assinaturas tafonômicas e suas interpretações (adaptado de Parsons e Brett, 1991; Kidwell e Bosence, 1991; Staff et al., 2002; Parsons-Hubbard, 2005; Tomašových e Rothfuss, 2005; Rodrigues, 2006; Best, 2008; Erthal, 2012; Erthal et al., 2016).

<b>Assinatura</b>	<b>Significado provável</b>
Desarticulação	Energia do ambiente, transporte.
Fragmentação	Energia do ambiente, transporte, retrabalhamento, dissolução e predação.
Bioerosão	Os padrões de bioerosão podem indicar ambientes específicos. Traços microendolíticos possuem zoneamento batimétrico previsível.
Incrustação	Os organismos incrustantes podem indicar ambientes específicos, bem como limites de variação de temperatura, salinidade, aporte fluvial, taxas de sedimentação.
Brilho	Energia do ambiente, transporte, retrabalhamento.
Ornamentação	Energia do ambiente, transporte, dissolução química.
Depósito de óxido	Processos químicos na zona tafonomicamente ativa (TAZ).
Imuração (conchas recobertas por lama ou micrita)	Precipitação, tempo de exposição na interface sedimento-água (SWI).
Cor	Processos químicos e tempo de permanência na TAZ; estado redox do sedimento na SWI ou na TAZ.
Cor oxidada	Podem indicar ambiente sedimentar oxidante ou exposição subaérea prolongada.
Cor reduzida	Podem indicar ambiente sedimentar redutor ou fundos anóxicos.
Corrosão	Processos químicos e tempo de permanência na TAZ. Dissolução na SWI ou na TAZ. O grau de corrosão pode indicar a frequência de ciclos de soterramento e reexposição.

## 1.4 Assinaturas tafonômicas de origem biogênica

As assinaturas tafonômicas de origem biogênica constituem um intervalo que transita entre processos totalmente construtivos, como as incrustações, e as alterações que são destrutivas, isto é, **bioerosões (Smith e Nelson, 2003)**. O objeto de estudo dessa dissertação é voltado mais para as alterações destrutivas de bioerosão, onde será explicado com mais detalhes sobre esse tipo de assinatura, em especial no capítulo do estado da arte do tema da pesquisa.

## 1.5 Dificuldades

A carência de estudos de caráter mais abrangente, em grande escala espacial, é uma das maiores dificuldades para determinar a função da variação ambiental sobre o tipo de dano tafonômico. Por exemplo, A grande parcela dos estudos nessa área em ambiente moderno, atual, utilizando-se moluscos, raramente engloba intervalos de latitude maiores que 3° (e.g. **Brett et al., 2011**). A atividade de microperfuração é cumulativa ao longo do tempo, ou seja, frequentemente resultando em superimposição múltipla de assinaturas específicas (**Glaub et al., 2007**). Isso pode acarretar em erros de interpretação, caso o pesquisador não repare bem na sucessão dos microtraços.

Novos estudos futuros necessitarão melhorar a precisão na caracterização das microperfurações complexas, devido a essa sobreposição de traços, além de fornecer critérios morfométricos para distinções entre eles. O Instituto de Geociências da UFRGS possui centenas de amostras de sedimento marinho de superfície contendo diversos tipos de bioclastos que incluem amostras de fundo e testemunhos de sondagem (tipo *piston-corer*) da plataforma continental sul brasileira. Esse material é adequado para estudos de caracterização das assinaturas tafonômicas de origem biológica destes bioclastos recentes. A partir de todas essas informações queremos testar a **hipótese** que os danos macro e microendolíticos presentes na zona plataformal tenham algum tipo de correlação com o tipo de ambiente em que se encontram e se possível fazer uma quantificação dessa correlação.

## 2. Objetivos

Caracterizar, quali e quantitativamente, o perfil de dano biogênico presente em bioclastos (conchas de moluscos bivalves e braquiópodes), como forma de identificar os tipos de perfurações microendolíticas, para permitir melhor aplicabilidade dos bioclastos em estudos paleoceanográficos, estratigráficos e ambientais em trabalhos futuros.

### 2.1 Objetivos específicos

Vamos identificar os danos tafonômicos de origem biológica (bioerosão) e atribuir os seus prováveis causadores. As análises serão em bioclastos de conchas recentes subtropicais da plataforma continental do sul do Brasil e investigar o quanto o dano de origem biológica em bioclastos está associado com características oceanográficas (principalmente batimetria) e sedimentológicas (granulometria, composição do substrato).

### 3. O estado da arte do tema da pesquisa

#### 3.1 Introdução à Bioerosão

O termo bioerosão é uma abreviação da expressão em inglês “*biological erosion*” (**Santos, 2008**), designando um processo biológico com complexas interações biogeoquímicas que é capaz de remover partes de substratos líticos ou minerais biogênicos e abiogênicos consolidados pela ação direta de organismos, podendo ser: animais (vertebrados e invertebrados), vegetais, fungos e ou micróbios que conforme removem parcelas do substrato, química e/ou fisicamente, esses processos acabam por esculpir e penetrar (macro ou microscopicamente) nas superfícies de substratos duros, modificando o substrato original bioclástico ou lítico (**Neumann, 1966; Bromley, 1994; Taylor e Wilson, 2003; De Gibert et al., 2004; Lorenzo e Verde, 2004; Farinati et al., 2006; Santos e Mayoral, 2008; Erthal, 2012; Lopes, 2012; Sebastián et al., 2015; Erthal et al., 2016; Erthal e Ritter, 2017**).

O processo bioerosivo é gerado a partir de seus causadores, os **bioerodidores** ou os **bioerosores** (termo oriundo da tradução da palavra em inglês “*bioeroders*”), onde estes organismos são responsáveis pela ação erosiva dos substratos onde se encontram. Porém, temos que ter em mente que as marcas de bioerosão ocasionadas nos substratos de origem biológica e outros tipos, não são os organismos propriamente ditos, mas sim marcas deixadas por eles em tempos pretéritos e que são muitas vezes de difícil determinação quanto ao tempo exato em que esses traços ocorreram.

Essas marcas (segundo **Cutler, 1994; Smith e Nelson, 2003**) que são deixadas em diversos substratos pelos bioerosores são consideradas traços. Esses traços podem ser divididos em **traços microendolíticos** que são caracterizados por terem túnel(eis) com diâmetro com menos de 100  $\mu\text{m}$  e apesar de serem pequenos são um grupo extremamente diverso, que são basicamente cianobactérias, fungos e foraminíferos e os **traços macroendolíticos** que podem chegar a vários centímetros com uma gama enorme de causadores (**Glaub et al., 2007**). Esses macros e microtraços são conhecidos como icnofósseis, e são estudados por uma área

específica da paleontologia, a Icnologia (ou Paleoicnologia). Já na neoicnologia, realizam-se estudos com traços ocasionados por seres vivos modernos (em ambientes atuais), incluindo os seus efeitos no substrato e taxa de bioturbação; é, portanto, uma ferramenta particularmente útil para atribuir produtores aos traços fósseis (**Martin e Rindsberg, 2006**). Resultados significativos, por exemplo, permitem observar mudanças ontogenéticas na anatomia e no comportamento de uma única espécie de “*tracemaker*” podendo produzir uma variedade de traços distintos (**Martin e Rindsberg, 2006**). O inverso também é verdadeiro: traços praticamente idênticos podem ser produzidos por organismos com pouca afinidade filogenética (**Bromley, 2004**).

Para a nomenclatura desses traços fósseis é utilizada uma taxonomia diferenciada, chamada de icnotaxonomia, mas com o emprego da nomenclatura binominal de Carl Von Linnaeus, incluída no Código Internacional de Nomenclatura Zoológica, ICZN (atualmente 1999), onde as regras nomenclaturais para traços são praticamente as mesmas que as utilizadas para os animais (**Bromley, 1992; 1994; 1996; Golubic et al., 2019; Wisshak et al., 2019**). Apesar de o ICZN ser voltado para a nomenclatura zoológica, existem vários traços de bioerosão oriundos de plantas, bactérias e fungos; todos nomeados utilizando-se as normas do ICZN independentemente dos seus produtores (**Rindsberg, 2012; Golubic et al., 2019**). Uma excelente forma de agrupar os icnotraços é utilizando a classificação etológica criada por Seilacher (**1953**).

### 3.2 Classificação etológica

Inicialmente, os tipos de traços fósseis foram separados em 5 categorias etológicas, com base na interpretação do comportamento do produtor (**Seilacher, 1953 e 1964**). Houve uma aceitação muito positiva pelos pesquisadores da época (**Ekdale, 1985**). Posteriormente, houve um acréscimo para 11 classes (**Bromley, 1996**), e em 2004 passaram para 12 com adição da classe etológica - FIXICHNIA - criada por De Gibert et al. (**2004**). Segundo Vallon et al. (**2016**) são atualmente 13 classes e diversas outras subclasses etológicas. Esse tipo de classificação é uma das melhores maneiras de se agrupar traços fósseis de forma significativa e funcional (**De Gibert et al., 2004**).

Apesar de existirem inúmeras classes etológicas, este trabalho irá abordar apenas as 5 categorias etológicas mais frequentemente relacionadas com os comportamentos geradores de estruturas de bioerosão, como:

**Domichnia:** Essa classe se baseia em vestígios de habitação (**Vallon et al., 2016**), podendo ser tocas ou perfurações com cavidades simples, e ou cavidades ramificadas. Tais cavidades serão ocupadas pelo produtor como forma de residência temporária ou permanente (**Seilacher, 1953; Bromley, 1996**). Essa nomenclatura enfatiza a função de moradia deixando de fora outros parâmetros, como por exemplo, o grupo trófico (**Vallon et al., 2016**). Os traços de macrobioerosão mais comuns e abundantes em substratos minerais consolidados são *Trypanites*, *Entobia*, *Gastrochaenolites*, *Caulostrepsis* e *Maendopolydora*. Esses traços são moldados por uma enorme diversidade de animais como esponjas (principalmente gênero *Cliona*), anelídeos e outros vermes, briozoários, bivalves, cirrípedes e outros crustáceos e equinóides (**De Gibert et al., 2004**).

**Fixichnia:** São traços caracteristicamente mais superficiais no substrato, o que demonstra a ancoragem ou fixação do corpo de um ou mais organismos a um substrato por meios de partes moles ou esqueléticas (**De Gibert et al., 2004**). Com morfologias muito distintas, que vão desde sulcos concêntricos (icnogênero

*Centrichnus*), pequenas perfurações dispostas radialmente (icnogênero *Podichnus*), sulcos com formato de rim (icnogênero *Renichnus*), formatos de estrelas (icnogênero *Stellichnus*) até formatos serpentiformes feitos por poliquetos (**Vallon et al., 2016**). A classe fixichnia é comum no registro fóssil, sendo normalmente dividida em 2 grupos, são eles: ancoragem do organismo por parte do corpo mole e a ancoragem feita pelo esqueleto (**De Gibert et al., 2004**), como exemplo de fixação de corpo mole podemos citar o icnogênero *Podichnus* que é a marca de pequenas cavidades produzidas pela ancoragem dos pedículos de braquiópodes (**Bromley e Surlyk, 1973**). Um exemplo resultante da fixação de um esqueleto ou exoesqueleto seria o icnotraço *Centrichnus concentricus* produzido pela fixação de cirripédios (cracas) (**Bromley e Martinell, 1991**).

**Pascichnia:** São definidos como traços de superfície por Seilacher (**1953**), e como estruturas produzidas por detritívoros epi e infaunais (**Rindesberg, 2012**). São estruturas resultantes da simultânea locomoção e alimentação dos produtores, que representam a atividade de pastejo de certos organismos raspadores que consomem produtores primários como algas epilíticas ou endolíticas rasas (**De Gibert et al., 2004; Vallon et al., 2016**). Como citado no início do trabalho, diferentes organismos podem gerar traços extremamente semelhantes, um caso curioso é o dos moluscos gastrópodes e o dos poliplacóforos (quítons) que produzem o mesmo icnogênero *Radulichnus* devido a movimentos laterais de suas rádulas (**Voigt, 1977**). Outro traço fóssil dessa classificação é o icnogênero *Gnathichnus* que é produzido pela raspagem do aparelho bucal dos equinóides (**Bromley, 1975**), muito semelhante ao traço produzido pelos moluscos.

**Praedichnia:** É a classe que indica traços de predação (**Ekdale, 1985**). São resultantes da interação entre dois animais vivos (presa e predador) em que se perpetua no corpo fóssil da presa a marca da predação (**De Gibert et al., 2004**). A maioria dos traços desse grupo são estruturas de bioerosão (**Bromley, 1994**), porém, em casos mais raros, foram documentados trilobitas predando vermes em substratos moles (**Jensen, 1990**). Um icnogênero que de certa forma é frequente e que ocorre na plataforma continental sul brasileira (**Silva, 2018**), são os traços: *Oichnus simplex*



e *O. paraboloides* ocasionadas por gastrópodes predadores das famílias Muricidae e Naticidae respectivamente (**Bromley, 1981; Archuby e Gordillo, 2018**).

**Equilibrichnia:** É uma classe com estruturas bioerosivas mais raras em comparação às outras classes anteriormente citadas, os poucos exemplos dessa classe são pertencentes a perfurações de bivalves em esqueletos de seus hospedeiros ainda vivos (**De Gibert et al., 2004**). Essas marcas são, na realidade, habitações em que, dependendo da posição onde se encontram os bivalves e com a variação da deposição de sedimentos, o animal teria que constantemente se ajustar no substrato para que houvesse um contato com a superfície da água e conseqüentemente houvesse uma “ventilação”, fazendo com que surja a marca da locomoção daquele indivíduo no substrato em que se encontra (**Bromley, 1996; Vallon et al., 2016**). Essa locomoção, na literatura estrangeira, é conhecida pelo termo *spreiten* (plural: *spreite*) de origem alemã, sem tradução adequada no português. Um traço que podemos utilizar de exemplo é o icnotraço *Gastrochaenolites vivus* que foi descrito em Edinger e Risk (**1994**), esse traço ocorre em recifes de corais do Oligoceno e Mioceno de Porto Rico.

### 3.3 Metodologias mais utilizadas

São empregadas diversas metodologias para a visualização dos traços microendolíticos, como: a utilização de microscopia eletrônica de varredura (**M.E.V**) podendo aplicar na amostra original, bem como também em moldes de epóxi a partir da amostra original, a realização de cortes extremamente finos e vistos em microscópios petrográficos, utilização de uma tomografia computadorizada (**Golubic et al., 1970; Golubic et al., 1983; Chacón et al., 2006; Glaub et al., 2007; Wisshak, 2012**), e, também, estereomicroscópio (**Kidwell et al., 2001; Silva, 2019**), entre outros (**Golubic et al., 1970; Chacón et al., 2006**).

**Microscopia eletrônica de varredura:** É uma das melhores metodologias para visualizar as estruturas bioerosionais em três dimensões utilizando moldes das estruturas bioerosionais em resina epóxi. Esse método é capaz de mostrar características morfológicas macroscópicas e, inclusive, as mais diminutas dos organismos microendolíticos como, por exemplo, poros estruturais até dimensões submicrométricas (**Glaub et al., 2007; Wisshak, 2012**). Nessa técnica, pode ser utilizado material bioclástico calcário (concha), o qual é embebido em peróxido de hidrogênio para a remoção de matéria argilosa que preenche os meandros dos traços. Posteriormente, realiza-se um banho ultrassônico e uma lavagem final com água destilada, que é sucedida pela secagem do material. O material é, então, imerso em resina epóxi de baixa viscosidade (tipo Araldite) e colocado em câmara de vácuo (durante várias horas) para que a resina preencha completamente o lúmen dos traços. É necessário o tempo de secagem para que a resina solidifique. O material resultante é cortado e polido na orientação desejada. As frações seccionadas são tratadas com ácido clorídrico (HCl) diluído (5~10%) durante um tempo determinado, permitindo a remoção parcial ou completa do substrato calcário original. Esse procedimento expõe os moldes resinosos dos traços; por fim, após a remoção do substrato original, é efetuada a última lavagem com água destilada, deixando-o pronto para ser acondicionado em um stub metálico que servirá como suporte do material para a impregnação de ouro a fim de ser visualizado ao M.E.V (**Golubic et al., 1970; Golubic**

et al., 1983; Golubic et al., 2005; Chacón et al., 2006; Glaub et al., 2007; Pawłowska et al., 2008; Wisshak, 2012).

**Microscopia petrográfica:** Nessa metodologia são analisadas, através de microscópio petrográfico, seções (cortes) muito finas do material onde se encontram os traços microendolíticos. Porém, nessa forma de análise pode ocorrer uma série de perdas de informações sobre os traços, visto que a microscopia petrográfica (transmissão) nos dá uma visão bidimensional (2D) das estruturas dos objetos que são tridimensionais (3D) (Wisshak, 2012). No processo para preparar as amostras é necessário também a imersão com impregnação de resina epóxi de baixa viscosidade (e.g., Ciba-Geigy: Araldite BY158pAradur 21) para a realização do corte do material, após a laminação da amostra é vantajoso utilizar algum corante para obter uma melhor visualização dos espaços porosos dos traços microendolíticos (Wisshak, 2012).

**Tomografia computadorizada:** O grande potencial dessa ferramenta altamente tecnológica é o fato de que se baseia na utilização de raios-X (Farber et al., 2003) e ou na utilização de feixes de nêutrons dando uma certa vantagem em relação às outras técnicas. Isso se deve ao fato de não serem destrutivas, ou seja, mantém o material fóssil e/ou atual de forma intacta e inalterada (Winkler, 2006; Wisshak, 2012), podendo detectar, por exemplo, diferenças sutis de conteúdos orgânicos ou de águas nos fósseis (Mietchen et al., 2008). Outra vantagem dessa tecnologia é que apresenta os resultados de uma forma diferenciada, podendo ser de forma impressa, em formatos 3D na forma de anáglifos (podendo ter o substrato semitransparente e estruturas bioerosionais coloridas por exemplo), entre outros (Wisshak, 2012). Entretanto, essa tecnologia pode ser desvantajosa pois envolve altos custos e acesso atualmente limitado entre os cientistas. Mesmo assim, é uma ferramenta muito promissora e que gera resultados muito detalhados de forma tridimensional, com informações valiosas e mantendo a integridade da amostra (Schönberg e Shields, 2008).

**Estereomicroscópio:** A utilização dessa ferramenta tem seus prós e contras, pois, apesar de ser extremamente mais barata em relação aos outros equipamentos aqui citados, é o que apresenta menor aproximação. Contudo, sua utilização, já vista em Cutler (1994) e Kidwell et al. (2001), é, de fato, muito benéfica e relativamente

satisfatória para análise de danos tafonômicos, inclusive dos traços de origem biológica. Essa ferramenta também é útil para analisar material bioclástico de forma prévia à utilização do **M.E.V.**

### 3.4 Potencial para interpretação paleoambiental

Normalmente os geradores de bioerosão são referidos como endobiontes. Para ilustrar rapidamente em ambientes terrestres é possível determinar o tempo mínimo que a carcaça ficou exposta ao ambiente através da infestação de coleópteros (principalmente da família Dermestidae), antes que ocorra a colonização destes insetos (**Dominato et al., 2009; Dominato et al., 2011**). Na África tropical atual, uma carcaça de proboscídeo levaria em torno de 230 dias para perder completamente sua gordura corporal e, somente a partir desse momento, seria possível ocorrer a colonização dos coleópteros em seus restos esqueléticos (**Coe, 1978; Oliveira-Costa, 2003; Britt et al., 2008**). O traço que foi associado às câmaras pulpares destes coleópteros dermestídeos foram identificados como *Cubiculum ornatus* em vértebras cervicais de *Haplomastodon waringi* (Proboscidea: Mammalia) do Quaternário de Águas de Araxá no município de Araxá em Minas Gerais (**Dominato et al., 2009; Dominato et al., 2011**). Outros traços encontrados em fósseis de mastodontes são as marcas de dentes em ossos longos destes mamíferos, supostamente causadas por canídeos (*Procyon troglodytes*), onde, provavelmente, os mastodontes estivessem em período de necrólise, visto que essa espécie de canídeo não teria a força suficiente para o abate desses grandes mamíferos (**Araújo-Júnior et al., 2011; Dominato et al., 2011**).

Já em ambientes aquáticos marinhos (e. g. endobiontes microbianos são amplamente distribuídos nesses ambientes). Organismos endobiontes constituem um grupo muito diversificado, que inclui desde procariotos até metazoários: podem produzir bioerosão bactérias, cianobactérias, foraminíferos, algas (clorófitas e rodófitas), fungos, esponjas, moluscos bivalves, gastrópodes, poliquetos, foronídeos, briozoários (principalmente ctenostomados), equinodermos e crustáceos cirripédios (**Golubic et al., 1981; Akapan e Farrow, 1985; Young e Nelson, 1988; Edinger, 2003; Taylor e Wilson, 2003; Glaub et al., 2007; Golubic et al., 2019**). Em ambientes marinhos, a bioerosão é considerada um importante agente tafonômico, tendo aplicações importantes na paleoecologia (**Erthal et al., 2016**). Ademais, o tipo de bioerosão registrada em restos fósseis em conjunto com a sua intensidade pode

gerar dados como taxas de soterramento, paleoprodutividade, tipo de ambiente deposicional, além do estilo de preservação e profundidade da zona fótica (**Lescinsky et al., 2002; Edinger, 2003; Erthal e Ritter, 2017**).

Por exemplo, a presença ou a ausência de perfurações produzidas por algas em valvas de moluscos bivalves denotam zonas fóticas e afóticas respectivamente (**Akapan e Farrow, 1985**). Além disso, a intensidade de perfurações distingue o tipo de ambiente em que se encontra o material, como águas mais calmas em uma baía fechada, onde haverá maior intensidade de perfurações quando comparado com praias abertas e de maior energia (**Akapan e Farrow, 1985**). Um outro traço bem curioso e característico em ossos e dentes de vertebrados, porém, com uma ocorrência maior em cetáceos, são os furos ocasionados por vermes poliquetos da família Siboglinidae, onde o gênero *Osedax* é responsável por devorar os restos ósseos desses animais em ambientes marinhos que variam de 30 até 3000 metros de profundidade (**Vrijenhoek et al., 2009; Kiel et al., 2013; Brusca et al., 2019**). Esse traço já foi encontrado em fósseis de cetáceos do Oligoceno (**Kiel et al., 2010; Kiel et al., 2013**), sendo possível que esses vermes já estivessem presentes no Cretáceo, onde se alimentariam provavelmente de ossos de grandes répteis marinhos, como plesiossauros e mosassauros (**Vrijenhoek et al., 2009**).

#### 4. Materiais e métodos

Durante as expedições oceanográficas - Geomar VI, VII, XIII, XIV, XVIII, XXI e XXII (1975-1984), REVIZEE Sul (1999) uma série de materiais de fundo foram coletadas durante essas campanhas. As amostragens feitas nas expedições Geomar foram realizadas através de busca-fundo tipo *Van Veen*, já na expedição REVIZEE Sul foram coletadas usando-se amostradores do tipo Box-Corer. As informações oceanográficas como salinidade, temperatura, velocidade da corrente, e informações de sedimentologia estão disponíveis na Base Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), órgão do Departamento de Hidrografia e Navegação (DHN), da Marinha do Brasil. Estas amostras fazem parte do acervo do Laboratório de Tafonomia Quantitativa (TafoQua) da UFRGS do departamento de Paleontologia.

Ao todo nesse trabalho são 13 amostras analisadas (coletadas pelas referidas expedições oceanográficas), situadas em diferentes regiões na plataforma continental sul brasileira (**PSB**), como mostrado na **figura 1**. Cada amostra possui diferentes relações ambientais, como profundidade, condições de luz, energia, tamanho de partícula, composição do substrato e até podem ter características ecológicas exclusivas, podendo, assim, alterar o tipo de assinatura tafonômica de acordo com cada microambiente. Algumas dessas informações estão contidas na **tabela 3**.

**Tabela 3.** Nome da amostra com a profundidade em metros (a partir da amostra menos profunda para a mais profunda), granulometria (%), CaCO<sub>3</sub> (%), salinidade (ppm) e temperatura (°C).

LOCALIDADE E PROFUNDIDADE	GRANULOMETRIA	CaCO <sub>3</sub>	SALINIDADE	TEMPERATURA
F095 (12m)	88% areia e 12% cascalho	57%	30,8072	17,9092°C
F092 (19m)	51% areia e 49% cascalho	0	30,6574	17,7812°C

F136 (20m)	80% areia; 7% silte; 8% argila e 5% cascalho	0	S/D	S/D
F067 (24m)	61% areia; 25% silte; 6% argila e 8% cascalho	0	33,2119	18,9068°C
F062 (25m)	S/D	S/D	S/D	S/D
F063 (25m)	S/D	S/D	S/D	S/D
F071 (25m)	47% areia; 26% silte; 26% argila e 1% cascalho	0	33,9122	19,799°C
F068 (60m)	87% areia; 10% silte e 3% argila	0	33,2119	18,9068°C
F137 (130m)	61% areia; 8% silte; 11% argila e 20% cascalho	0	S/D	S/D
F070 (135m)	74% areia e 26% cascalho	0	33,1729	18,869°C
F132 (150m)	48% areia; 28% silte; 15% argila e 9% cascalho	53%	35,4446	19,892°C
F069 (186m)	S/D	S/D	S/D	S/D
F133 (200m)	72% areia; 13% silte; 10% argila e 5% cascalho	64%	35,4807	19,5756°C

---

Todas as amostras brutas foram analisadas cuidadosamente para que houvesse primeiramente uma seleção de alguns táxons (táxons alvos) como alguns gêneros de moluscos bivalves; são eles: *Poromya* sp., *Nucula* sp., *Nuculana* sp. e *Cyclopecten* sp. Também foram selecionadas todas as valvas de braquiópodes e de



todos os moluscos bivalves com marcas de predação independentemente do seu gênero.

Feita a remoção desses táxons alvos das amostras brutas, foram então quarteadas e de apenas 1 único quadrante foram selecionadas mais outros 150 bioclastos de diferentes tamanhos aleatoriamente, porém, todos estes oriundos de restos de moluscos bivalves. Esse *n* está de acordo com **Kidwell et al.**, (2001), onde, esse número de bioclastos seria suficiente para uma caracterização ideal dos danos tafonômicos de uma associação morta, ou ainda referido na literatura como tanatocenose (termo já em desuso). Após a separação em todas as 13 amostras, as assinaturas de cada tipo de origem biológica foram analisadas em todos os bioclastos de todas as localizações. Foi utilizado um estereomicroscópio Wild Heerbrugg com ampliação de 6x a 50x para uma melhor visualização dos danos tafonômicos.

Foram mensuradas uma série de características, desde suas assinaturas tafonômicas, até sua taxonomia, isso para cada exemplar de bioclasto analisado. Sendo elas listadas na **tabela 4** abaixo de forma mais resumida:

**Tabela 4.** Número de etapas e seus procedimentos realizados.

Etapa	Procedimentos realizados
1°	A classificação taxonômica dos restos biológicos, quando possível, fora classificado até gênero, quando se tratando de bivalves, para os braquiópodes não foi feito esse tipo de classificação. Fora utilizada neste item, em especial, como consulta, a referência bibliográfica de <b>Pimpão</b> (2004);
2°	Revisado com <b>Abbott</b> (1974) e <b>Mikkaelsen e Bieler</b> (2008);
3°	Verificar se há algum dos tipos de marcas de predação;
4°	Averiguar a cor em que se encontra o bioclasto que poderia ser - natural, oxidado, reduzido ou branco;
5°	Grau de fragmentação da concha - maior ou menor do que 20%;

6° Tipos de bioerodidores e sua quantificação em ambos os lados do bioclasto;

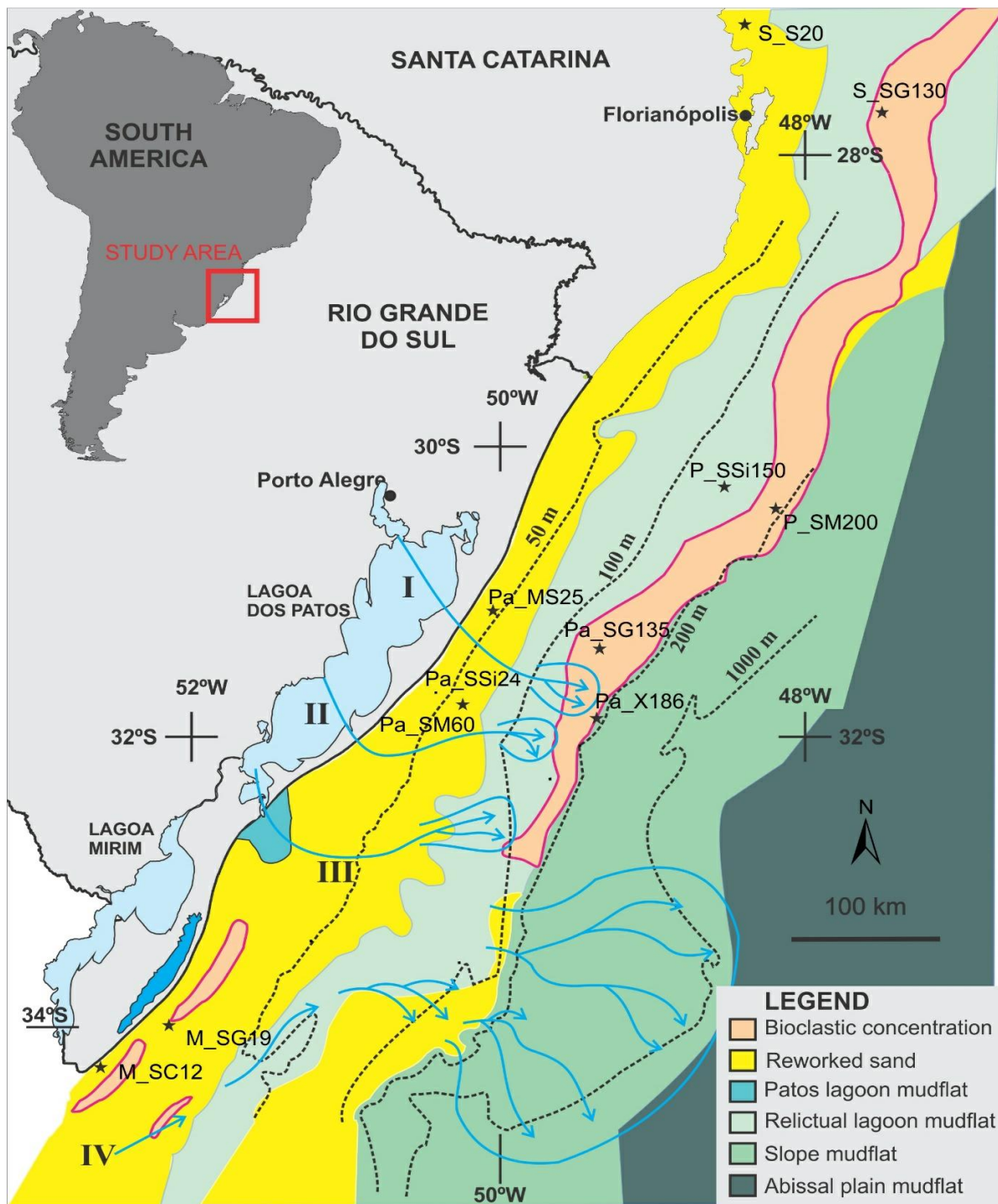
---

Todas essas informações foram preenchidas em uma tabela semelhante com a tabela utilizada em **Erthal** (2012) e, posteriormente, foram anexadas em planilhas excel para a obter primariamente uma melhor visualização da frequência dos danos. Para os cálculos estatísticos foi utilizado o programa “SPSS”, já para a obtenção da análise canônica de proximidades foi utilizado o programa *Rstudio*. Parte do material foi fotografada em microscópio eletrônico de varredura (M.E.V), no próprio centro de microscopia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CMM-UFRGS), e a outra parte do material foi fotografada no laboratório de fotografia do Instituto de Geociências do Departamento de Paleontologia da UFRGS.

## 5. Área de estudo

### 5.1 Características gerais

A área de estudo engloba a **PSB**, onde os pontos estudados vão: ao extremo sul do estado do Rio Grande do Sul (Brasil - RS) na região da cidade de Chuí, aproximadamente no paralelo 34°S (33°41'48"S,53°13'54W) até o estado de Santa Catarina (Brasil - SC), aproximadamente no paralelo 27°S (26°55'00" S,48°28'00"W) na região da cidade de Itajaí, com pontos de amostragem (**figura 1**) com profundidades que variam do ponto mais raso com 12 metros até o mais profundo com 200 metros. Por estar justamente situada na zona de margem continental passiva do tipo Atlântico, A PSB é bem ampla e com larguras em alguns pontos que podem chegar em torno de 130 km podendo chegar até 200 km. (**Zembruski, 1979; Veiga et al., 2004**)



**Figura 1.** Mapa com a localidade de cada amostras de bioclastos na PSB. Estão indicadas as granulometrias dos substratos na região de estudo através da legenda com cores. Já nas setas azuis indicam possíveis locais de paelodrenagens.

## 5.2 Características geomorfológicas e sedimentares

Ao longo do litoral do sul do Brasil, percebe-se a existência de bancos arenosos alongados e paralelos à linha de costa (**Corrêa, 1996**). Analisando em **Erthal (2012)**, sobre os principais bancos arenosos, alongados, paralelos à linha de costa e enriquecidos em bioclastos, o autor destacou as seguintes localidades: Albardão, Hermenegildo, Capela, Minuano e o parcel ou banco do Carpinteiro, onde serão encontrados em maior quantidade na porção sul da plataforma do RS. A grande maioria das características geomorfológicas atuais da PSB, são um reflexo de uma herança geológica (**Veiga et al., 2004**). As isóbatas entre 110-60 metros, sendo os alto topográficos de até o entorno de 30 metros de altura e escarpas maiores do que 10 metros proeminentes, têm sido compreendido como indicativos de estabilizações na linha de costa em época durante o último máximo glacial (**Corrêa, 1996**). Essas escarpas proeminentes estariam provavelmente associadas às taxas de sedimentação que são extremamente altas do Rio da Prata, oriundas durante os paleoeventos mencionados (conforme revisão em **Erthal, 2012; Ritter, 2018**). Particularmente na plataforma média até a parte externa nas isóbatas de 60m a 110m, existe uma concentração muito rica de restos bioclásticos de origem conchífera (**Corrêa et al., 1996; Martins et al., 2003**).

Agora se tratando dos aspectos sedimentares, a PSB apresenta (amplamente falando), uma taxa de sedimentação que beira o zero, chegando a possibilidade até mesmo de ser nula, devido não apresentar áreas fontes com uma predominância marcante, sendo assim controlada primeiramente pela remobilização das partículas sedimentares que provavelmente foram retrabalhadas posteriormente (**Razik et al. 2013**). Porém, vale ainda ressaltar que a zona do RS, comparada com as outras regiões da PSB é a que possui a maior taxa de sedimentação (**Ritter, 2018**).

Na região da parte mais externa da PSB, há o predomínio como sabemos, de substratos mais lamosos, com algumas ocorrências de fácies arenosas e arenosas-biodetríticas (composta basicamente de restos esqueletais de corais hermatípicos (**Martins et al., 1985**). Já na região da plataforma média, os tipos de substratos possuem também um teor considerável de lama e entre as zonas de aproximadamente 25 à 40 metros de profundidade, existe a presença de depósitos biodetríticos calcários juntamente com substratos mais consolidados (**Calliari, 1997**).

Agora na parte mais interna da plataforma, há um grande predomínio de substratos arenosos, com exceção a região de Rio Grande, onde há uma forte atuação da desembocadura da Laguna dos Patos, onde essa, descarrega uma grande quantidade de sedimentos lamosos (**Calliari e Fachin, 1993**). Essas concentrações, provavelmente encontrados entre isóbatas de diversas profundidades (**Corrêa, 1996**), devem ter se formado, juntamente associadas às antigas linhas de praia (**Calliari et al., 1994; Caruso, 1999; Martins et al., 2003**), podendo ter sido retrabalhados durante os diversos paleoeventos de regressão e transgressão, que aconteceram no final do Pleistoceno e durante o Holoceno (**Kowsmann e Costa, 1979**).

## 6. Principais resultados obtidos, interpretações desenvolvidas nos artigos e discussão integradora dos resultados

Ao todo foram analisados **2800** bioclastos, desses, **1749** (~62,5%) foram identificados e classificados até gênero, totalizando mais de 30 gêneros diferentes de moluscos bivalves de (**23 famílias**) de diversas subclasses, além dos **29** bioclastos de braquiópodes (~1%) e **1022** fragmentos indeterminados (~36,5%), como mostra a tabela 5 com todas as informações de cunho taxonômico, ocorrência nas amostras, tipo de mineralogia e microestrutura da concha além do tipo de hábito.

**Tabela 5.** Identificação dos bioclastos em Subclasse, Família, tipo da mineralogia e microarquitetura da concha da respectiva família, gênero juntamente com a quantidade de exemplares, ocorrência e o tipo de hábito.

TÁXON	MINERALOGIA E MICROARQUITETURA	GÊNERO ( <i>n</i> ) OCORRÊNCIA	HÁBITO
Subclasse Protobranchia			
<b>Nuculidae J. E. Gray, 1824</b>	Aragonítica; Prismática na camada externa; nacarada ou homogênea no meio e	<i>Nucula</i> sp. (205)	Infaunal, depositívoro e ou suspensívoro.

	nacarado lamelar internamente.	F62, F63, F68, F69, F70, F132, F133 e F136	
<b>Nuculanidae</b> <b>H. Adams &amp; A. Adams, 1858</b> <b>[1854]</b>	Aragonítica; Prismática irregular ou homogênea externamente; lamelar cruzado complexo, cruzado complexo ou homogêneo na camada interna.	<hr/> <i>Adrana</i> sp.(34)  F67, F68, F71, F132 e F136	Infaunal, depositívoro e ou suspensívoro.
		<hr/> <i>Nuculana</i> sp.(442)  F68, F69, F70, F71, F132, F133, F136 e F137	Infaunal, depositívoro e ou suspensívoro.
		<hr/> <i>Propeleda</i> sp.(1)  F137	Infaunal, depositívoro e ou suspensívoro.
<b>Subclasse</b> <b>Pteriomorphia</b>			
<b>Arcidae</b> <b>Lamarck, 1809</b>	Aragonítica; Prismática externamente, lamelar cruzada no meio e lamelar cruzado complexo internamente.	<hr/> <i>Barbatia</i> sp.(1)  F133	Epibissado ou endobissado - suspensívoro.
		<hr/> <i>Scapharca</i> sp. (Arca)(4)  F136 e F137	Epibissado ou endobissado - suspensívoro.
<b>Glycymeridida</b> <b>e Dall, 1908</b> <b>[1847]</b>	Aragonítica; Prismática externamente, lamelar cruzada no meio e	<hr/> <i>Glycymeris</i> sp.(13);  F63, F69, F70 e F132	Infaunal - suspensívoro.

	lamelar cruzada complexa internamente.	;	
<b>Limopsidae</b> <b>Dall, 1895</b>	Aragonítica; Prismática externamente, lamelar cruzada no meio e lamelar cruzada complexa internamente.	<u><i>Limospsis</i> sp.(81);</u>  F69, F70, F132,F133 e F137	Epi ou endobissado - suspensívoro.
<b>Philobryidae</b> <b>F. Bernard, 1897</b>	Aragonítica; Cruzada lamelar externamente e lamelar cruzada complexa internamente.	<u><i>Cosa</i> sp.(15)</u>  F132 e F133	Infaunal ou epibissado - suspensívoro.
<b>Mytilidae</b> <b>Rafinesque, 1815</b>	Aragonita, calcita ou a mistura delas; Calcita – prismática externamente, aragonita – nacarado no meio, (raramente cruzado lamelar) e aragonita (lenticular ou lamelar) nacarado (lamelar cruzado complexou ou homogêneo) na parte interna.	<u><i>Crenella</i> sp.(2)</u>  F133	Suspensívoros.
<b>Ostreidae</b> <b>Rafinesque, 1815</b>	Aragonítica e calcítica (principalmente); Calcíta prismática na camada externa e calcita lamelar internamente.	<u><i>Ostrea</i> sp.(23)</u>  F62, F63, F68, F69, F70, F71, F132, F136 e F137	Suspensívoros.
	Aragonítica e calcítica;	<u><i>Atrina</i> sp. (45)</u>	Suspensívoro.

<b>Pinnidae</b> <b>Leach, 1819</b>	Calcita prismática simples externamente e um fino lenticular ou nacarado lamelar na parte interna confinado até a parte anterior da concha.	F136 e F137	
<b>Pectinidae</b> <b>Rafinesque, 1815</b>	Aragonítica e calcítica; Calcita folhada externamente, aragonítalamelar cruzada no meio (ausente em alguns) e calcita folhada internamente.	<i>Pectinidae</i> cf.(2)	Epibissado - suspensívoro.
		F070	
		<i>Chlamys</i> sp.(1)	Epibissado - suspensívoro.
		F070	
		<i>Cyclopecten</i> sp.(269)	Epibissado - suspensívoro.
		F69, F70, F132, F133 e F137	
		<i>Leptopecten</i> sp.(15)	Epibissado - suspensívoro.
		F62, F63,F70, F132 e F136	
<b>Propeamussii</b> <b>dae Abbott,</b> <b>1954</b>	Aragonítica e calcítica; Calcita colunar prismática (valva direita somente) e calcita folhada na parte externa e aragonita cruzada lamelar na parte interna camada que se estende para fora da linha palial em alguns casos, quase até a margem ventral.	<i>Propeamussium</i> sp. (3)	Epifaunal.
		F136	



Subclasse Heterodonta			
<b>Ungulinidae H. Adams &amp; A. Adams, 1857</b>	Aragonítica; Prismático externamente, lamelar cruzado no meio e lamelar cruzado complexo internamente.	<u><i>Diplodonta</i> sp.(45)</u>	Infaunal - suspensívoro.
		F62, F69, F133 e F137	
<b>Cyamiidae G. O. Sars, 1878</b>	-	<u><i>Cyamium</i> sp. (1)</u>	-
		F133	
<b>Carditidae J. Fleming, 1828</b>	Aragonítica; lamelar cruzada externamente e lamelar cruzada complexa internamente.	<u><i>Carditamera</i> sp.(56)</u>	Infaunal - suspensívoro.
		F62, F63, F69, F70, F132, F133, F136 e F137	
<b>Crassatellidae Férussac, 1822</b>	Aragonítica; Lamelar cruzada externamente e lamelar cruzada complexa ou homogênea internamente.	<u><i>Cyclocardia</i> sp.(84)</u>	Infaunal - suspensívoro.
		F69, F70, F132, F133 e F137	
<b>Crassatellidae Férussac, 1822</b>	Aragonítica; Lamelar cruzada externamente e lamelar cruzada complexa ou homogênea internamente.	<u><i>Crassatella</i> sp.(8)</u>	Suspensívoro.
		F132, F136 e F137	
<b>Crassatellidae Férussac, 1822</b>	Aragonítica;	<u><i>Crassinella</i> sp.(32)</u>	Suspensívoro.
		F62, F63, F132, F133, F136 e F137	
	Aragonítica;	<u><i>Mactra</i> sp.(270)</u>	

<b>Mactridae</b> <b>Lamarck, 1809</b>	Lamelar cruzada externamente e lamelar cruzada complexa internamente.	F67, F68, F69, F70, F71, F92, F95, F132, F133 e F136	Infaunal - suspensívoro.
<b>Tellinidae</b> <b>Blainville, 1814</b>	Aragonítica; Prismático externamente (ausente em algumas espécies), lamelar cruzada no meio e lamelar cruzada complexa ou homogênea internamente confinado dentro da linha palial.	<u><i>Tellinidae</i> cf.(4)</u>  F136	Infaunal - suspensívoro.
		<u><i>Tellina</i> sp.(9)</u>  F69, F70, F71, F133 e F137	Infaunal - suspensívoro.
<b>Semelidae</b> <b>Stoliczka, 1870 [1825]</b>	Aragonítica; Prismática externamente, lamelar cruzada no meio e lamelar cruzada complexa ou homogênea internamente, confinado dentro da linha palial.	<u><i>Abra</i> sp.(7)</u>  F69, F92 e F133	Infaunal – Suspensívoro e depositívoro.
<b>Veneridae</b> <b>Rafinesque, 1815</b>	Aragonítica; Prismática externamente, cruzada lamelar ou homogênea no meio e lamelar cruzada complexa ou homogênea internamente.	<u><i>Clausinella</i> sp.(5)</u>  F68, F71, F132 e F136	Suspensívoro – raramente depositívoro.
		<u><i>Tivela</i> sp.(2)</u>  F69 e F71	Suspensívoro – raramente depositívoro.
		<u><i>Transenella</i> sp.(2)</u>  F68 e F69	Suspensívoro – raramente depositívoro.

		<u><i>Transepitar</i> sp.(2)</u>	Suspensívoros – raramente depositívoros.
		F71	
<b>Corbulidae</b> <b>Lamarck, 1818</b>	Aragonítica; Lamelar cruzada externamente e lamelar cruza complexa internamente, confinado dentro da linha palial.	<u><i>Corbula</i> sp.(56)</u>	Infaunal ou Epifaunal - suspensívoros.
		F68, F69, F70, F92, F132, F133 e F136	
<b>Erodonidae</b> <b>Winckworth, 1932</b>	-	<u><i>Erodona</i> sp.(2)</u>	-
		F136	
<b>(Subclasse)</b>			
<b>Anonualodes mata</b>			
<b>Poromyidae</b> <b>Dall, 1886</b>	Aragonítica; Prismático ou homogêneo externamente, nacarado no meio e nacarado lamelar internamente.	<u><i>Poromya</i> sp.(4)</u>	Infaunal – carnívoros.
		F62, F69, F70 e F132	
<b>Verticordiidae</b> <b>Stoliczka, 1870</b>	Aragonítica; Prismática simples externamente, nacarado lenticular no meio.	<u><i>Verticordia</i> sp.(4)</u>	Infaunal.
		F69, F132 e F133	
<b>Bioclastos</b> <b>identificados</b>  <b>(1749)</b>	-	<u><b>35 GÊNEROS</b></u>	-
		TODAS AS AMOSTRAS	

## TODAS AS AMOSTRAS

<b>Bioclastos não identificados</b>	-	-	-
<b>(1022)</b>			
<b>Brachiopodos</b>			
<b>(29)</b>		F69 e F70	

Já se tratando dos traços micro e macroendolíticos bioerosivos, foram identificados ao todo 27 tipos, excluindo predação e parasitismo (a lista completa está contemplada na **tabela 6**). Sendo desses 27 traços: 6 tipos causados por briozoários, 6 causados por fungos, 4 por cianobactérias, 3 por poliquetos, 2 por bivalves, 1 por equinodermo, 1 por gastrópode, 1 por porífero, 1 por clorofita, 1 por heterotrófico indeterminado e 1 por um agente indeterminado. Foram também discriminados em 4 tipos distintos de furos de predação por gastrópodes, são eles: furos de predação ocasionados pelas famílias Naticidae, Muricidae, furos incompletos (de fato a predação não foi consumada, porém, houve a tentativa de predação, em alguns casos a concha apresenta 1 furo completo e outro incompleto consumando o ato de predação) e furos de predação com desgaste natural de processos erosivos.

**Tabela 6.** Nomenclatura do traço, seu possível agente causador, ocorrências nas amostras e as referências utilizadas para identificação.

<b>ICNOFÓSSEIS</b>	<b>POSSÍVEL AGENTE</b>	<b>OCORRÊNCIA</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>
<i>Phytophora</i> isp1.	Fungo	F62, 63, 68, 69, 70, 95, 132, 133, 136 e 137	Wisshak et al., 2005 e Taylor et al., 2015.
<i>Rhopalia</i> isp.	Cianobactéria	F63, 69, 70, 95, 133 e 137	Radtke e Golubic, 2005.
<i>Eurygonum pennaforme</i>	Clorofita	F69 e F70	Wisshak et al., 2005.

<i>Sarcomorpha</i> isp.	Fungo	F69, 70, 95, 132, 133, 136 e 137	Wisshak et al., 2011 e Taylor et al., 2015.
<i>Phytophthora</i> isp.2	Fungo	F62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 95, 132, 133 e 137	Wisshak et al., 2005 e Taylor et al., 2015.
<i>Orthogonum lineare</i>	Heterotrófico indeterminado	F69, 70, 95, 136 e 137	Wisshak et al., 2005.
<i>Orthogonum</i> isp.	Fungo	F70	Wisshak et al., 2005 e Taylor et al., 2015.
<i>Phormidium</i> isp.	Cianobactéria	Todas	Wisshak e Tapanila, 2008.
<i>Orthogonum fusiferum</i>	Fungo	F69, 70, 133, 136 e 137	Vogel e Breh, 2009.
<i>Entobia</i> isp.	Porífero	F62, 63, 67, 69, 70, 92, 95, 132, 133, 136 e 137	Wisshak e Tapanila, 2008.
<i>Fascichnus</i> isp.	Cianobactéria	F67, 68, 69, 70, 95 e 136	Radtke e Golubic, 2005.
<i>Scolesia filosa</i>	Cianobactéria	F69, 70, 95, 133, 136 e 137	Radtke e Golubic, 2005.
<i>Gnathichnus pentax</i>	Equinoderma	F70	Wisshak et al., 2011.
<i>Radulichnus</i> isp.	Gastropoda	F67, 70 e 92	Wisshak et al., 2011.
<i>Caulostrepsis</i> isp.	Poliqueto	F63 e 70	Wisshak et al., 2011.
<i>Pyrodendrina</i> isp.	Indeterminado	F63, 68, 70, 95, 133, 136 e 137	Wisshak e Tapanila, 2008.
<i>Caulostrepsis taeniola</i>	Poliqueto	F69	Wisshak et al., 2011.
Fungo indet	Fungo	F63, 68, 69, 70 e 133	-
Verme indeterminado	Poliqueto	F62, 63, 69, 71, 92, 132 e 136	-
<i>Pennatichnus muguenerica</i>	Briozoário	F62, 63, 67, 70, 71 e 95	Mayoral, 1988.

<i>Pinaceocladichnus onubensis</i>	Briozoário	F62, 63, 69, 70, 92, 95, 132, 133 e 137	Mayoral, 1988.
<i>Pennatichnus</i> isp.	Briozoário	F63 e 70	Mayoral, 1988.
<i>Pennatichnus luceni</i>	Briozoário	F62, 63, 70, 132, 136 e 137	Mayoral, 1988.
<i>Iramena</i> isp.	Briozoário	F62, 63, 67 e 95	Mayoral, 1988.
<i>Gastrochaenolites</i> isp. cf	Bivalvia	F67	Wisshak e Tapanila, 2008.
Briozoário indeterminado	Briozoário	F62, 63, 67, 68, 71, 92, 95 e 132	Mayoral, 1988.
Bivalvia indeterminado	Bivalvia	F132	-
<i>Oichunus simplex</i>	Gastrópode - Muricidae Rafinesque, 1815	F62, 63, 68, 69, 70, 132, 133, 136 e 137	Archuby e Gordillo, 2018.
<i>Oichunus paraboloides</i>	Gastrópode - Naticidae Guilding, 1834	F62, 63, 67, 70, 71, 92, 132, 133, 136 e 137	Ruggiero e Raia, 2010.
Predação incompleta	Gastrópode	F67, 68, 69, 70, 92, 132, 133, 136 e 137	Archuby e Gordillo, 2018.
Predação com erosão	Gastrópode	F69, 70, 132, 133, 136 e 137	-
Parasitismo	Trematoda	F68	-

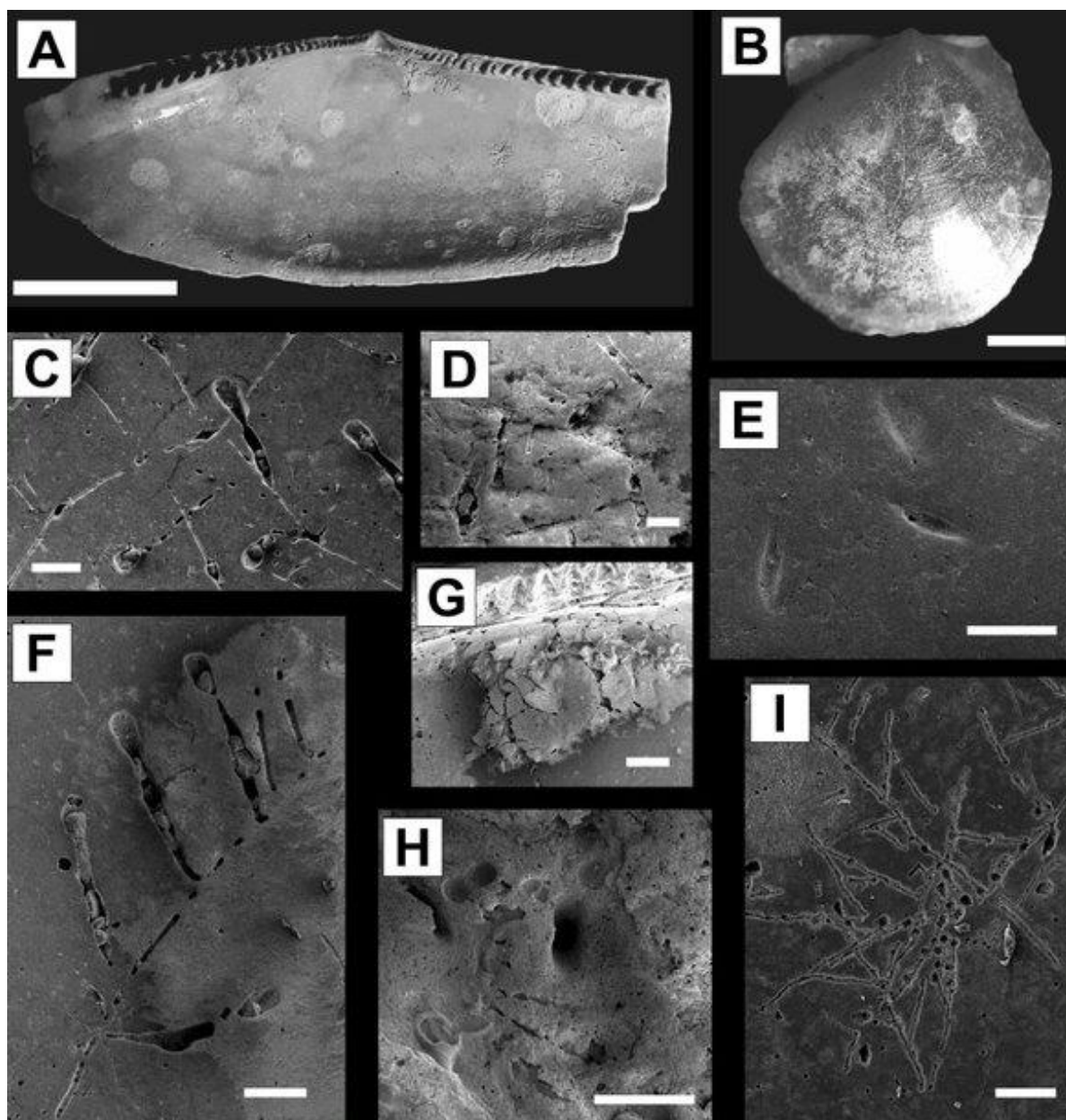
Os tipos de traços fósseis foram separados em categorias etológicas, seguindo a interpretação do comportamento do produtor segundo (**Seilacher, 1953 e 1964, Bromley, 1996, De Gibert et al., 2004, Vallon et al., 2016**) Esse tipo de classificação é uma das melhores maneiras de se agrupar traços fósseis de forma significativa e funcional (**De Gibert et al., 2004**). Apesar de existirem 5 classes etológicas que contemplam os comportamentos geradores de bioerosão, tivemos apenas 4 classificações etológicas presentes, pois a classe **Equilibrichnia** é extremamente

rara e apresenta apenas 1 tipo de icnotraço conhecido e que não foi identificado neste trabalho. Então temos as classes: **Fixichnia**, **Pascichnia**, **Praedichnia** e **Domichnia** (sendo essa a classe mais frequente dos traços encontrados). Essas informações estão agrupadas na tabela 7.

**Tabela 7.** Classificação etológica e a identificação do traço micro ou macroendolítico.

CLASSIFICAÇÃO ETOLÓGICA	IDENTIFICAÇÃO DO ICNOTRAÇO
<b>Equilibrichnia</b>	-
<b>Fixichnia</b>	Briozoário indeterminado
<b>Pascichnia</b>	<i>Radulichnus</i> isp. <i>Gnathichnus pentax</i>
<b>Praedichnia</b>	<i>Oichunus paraboloides</i> <i>Oichunus simplex</i> Predação incompleta Predação com erosão
<b>Domichnia</b>	Todos os outros traços restantes

Os mais frequentes tipos de traços micro e macroendolíticos são os seguintes: *Phormidium* isp. (cianobactéria), *Phytophora* isp.1. (fungo), *Phytophora* isp.2. (fungo), *Entobia* isp. (porífero), *Iramena* isp (briozoário). e *Scolesia filosa* (cianobactéria) como mostra na **Figura. 2** aqui abaixo.

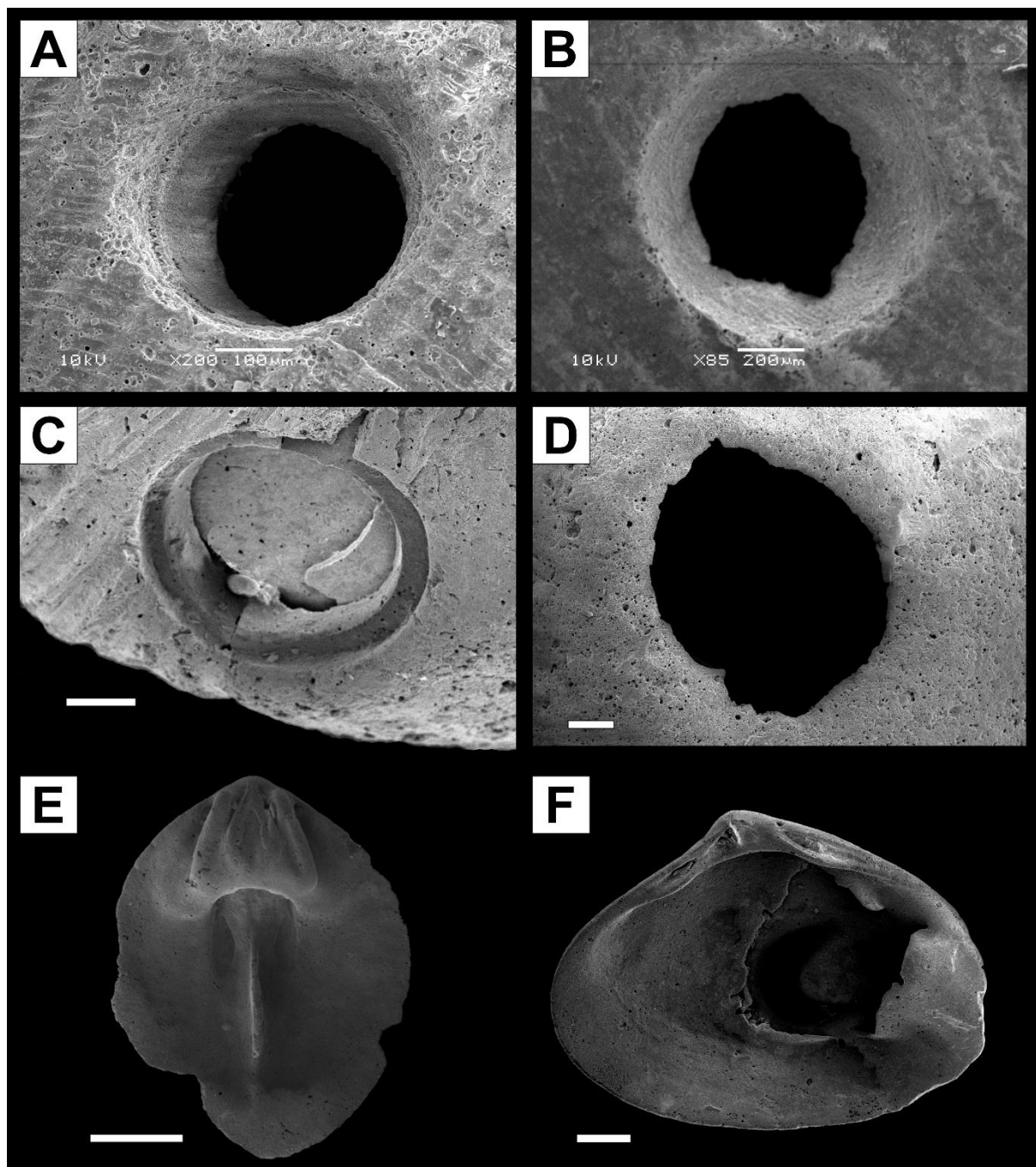


**Figura 2.** Traços de bioerosão presentes na plataforma continental do Rio Grande do Sul. **A)** *Ropalía* isp. (escala = 4mm); **B)** *Phytophora* isp. (escala = 1mm); **C)** *Pinaceocladichnus onubensis* e *Pennatichnus moguerenica* (escala = 200 micrômetros); **D)** Briozoário indeterminado (escala = 200 micrômetros); **E)** *Iramena* isp. (escala= 500 micrômetros); **F)** *Pennatichnus moguerenica* (escala= 200 micrômetros); **G)** *Phormidium* isp. (escala = 200 micrômetros); **H)** *Gastrochaenolites* isp. (escala = 1mm); **I)** *Phormidium* isp. (escala = 50 micrômetros).

Os traços mais raros foram *Orthogonum* isp. (fungo), *Gastrochaenolites* isp., *Gnathichnus pentax* e *Caulostrepsis taeniola* (Figuras de frequência) e ocorrem apenas



em localidades específicas. Os traços de predação (*Oichnus simplex* e *O. paraboloides*) foram verificados em frequências que oscilaram entre 7% e 8% (**Figura 3**). A maioria dos traços de bioerosão apresentou frequência bastante baixa, inferior a 5%. A tabela 4 apresenta a ocorrência dos tipos de bioerosões.

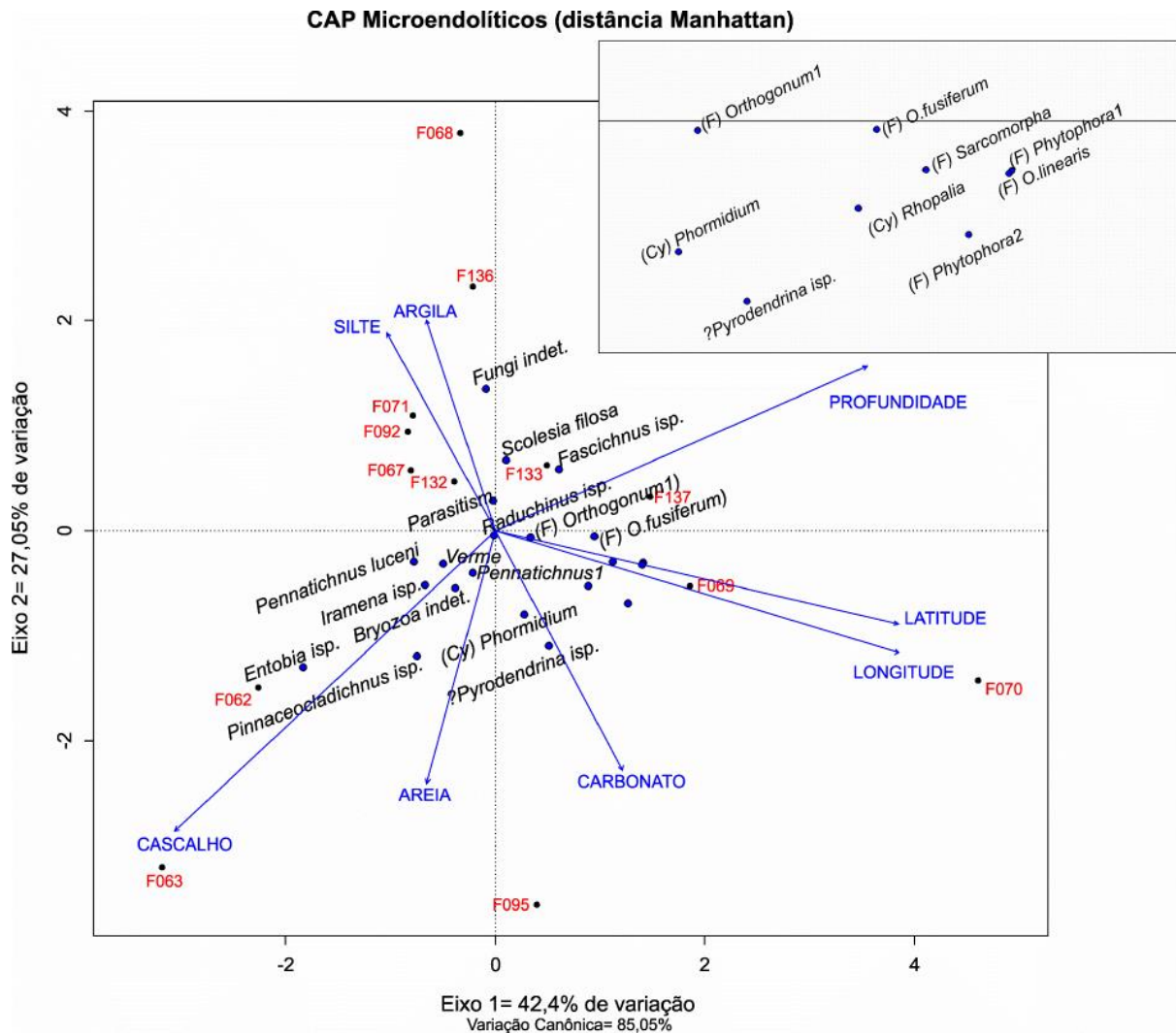


**Figura 3.** Traços de predação e parasitismo presentes na plataforma continental do Rio Grande do Sul. **A)** *Oichnus simplex* (escala = 100 micrômetros); **B)** *Oichnus paraboloides* (escala = 200 micrômetros); **C)** predação incompleta (escala = 200

micrômetros); **D)** Predação com erosão; **E)** *Bouchardia* sp. (braquiópode Rhyconellida) (escala = 1mm); **F)** *Maetra* sp. (bivalve) com marca de parasitismo (escala = 500 micrômetros).

A fim de testar a hipótese de relações entre os danos micro e macroendolíticos com as características ambientais, foi realizada uma Análise Canônica de Proximidades (**CAP**)(Figura 4). Foi utilizado o índice Manhattan, que é o mais indicado para análises multivariadas com dados de natureza tafonômica (**Tomasovych e Zuschin, 2009**). Foram avaliados a relação entre a distribuição de dano tafonômico microendolítico (frequência relativa) presente na PSB e uma série de variáveis ambientais (padronizadas e normalizadas para ajustar a escala numérica). Nesta análise, a proporção de variação no dano tafonômico que está diretamente relacionada com as características ambientais é chamada de inércia, e indica mais de 85% de predictabilidade. Mesmo assim, a maior parte da variação está contida no primeiro eixo (42%), de forma que as principais variáveis que influenciam estes danos são latitude, longitude, profundidade e sedimentos do tipo cascalho.

Traços microendolíticos como *Orthogonum lineare*, *Phytophora* isp., *Sarcomorpha* isp. entre outros aparecem mais relacionados com latitude e longitude, os danos *Scolesia filosa* e *Fascichnus* isp. são mais relacionados com o fator ambiental profundidade. Outros danos tiveram correlação mais com o tipo de substrato, por exemplo, fungo indeterminado teve correlação com substratos mais lamosos enquanto a grande maioria de icnotraços ocasionados por briozoários, *Pinnaceocladichnus* isp., *Iramena* isp., *Pennatichnus luceni*, e *Entobia* isp (traço macroendolítico ocasionado por esponjas clionidae) tiveram mais correlação com substratos com cascalho e areia. *Phormidium* isp e foraminíferos indeterminados tiveram uma correlação com áreas mais ricas em carbonatos de cálcio.



**Figura 4.** Análise Canônica de Proximidades, excluindo os danos de origem biogênica com frequências muito baixas. A porção ampliada mostra as características que ficaram muito agrupadas. Foi utilizado o índice Manhattan, que é o mais indicado para análises multivariadas com dados de natureza tafonômica (**Tomasovych e Zuschin, 2009**).

Algumas das marcas de bioerosão, bem como as marcas de predação (*Oichnus simplex* e *O. paraboloides*) apresentaram uma correlação de Spearman significativa (tanto positiva quanto negativa) com outras características tafonômicas mensuradas (**Tabelas 8-11**).

**Tabela 8.** Correlação de Spearman entre traços de bioerosão ocasionada por fungos e outras características tafonômicas. São apresentados apenas os valores significativos ( $p < 0,001$ ).

	<i>Phytophora</i> isp. 1	<i>Sarcomorpha</i> isp	<i>Phytophora</i> isp. 2	<i>Orthogonum</i> <i>lineare</i>	<i>O. fusiferum</i>	Fungo indet
Frag<20%	-0,124**	-	-	-	-	-
Frag>20%	0,125**	-	-	-	-	-
Natural	0,419**	0,218**	,205**	-	,0151**	-
Oxidada	-0,144**	-0,119**	-	-	-	-
Branca	-0,231**	-	-	-	-	-
<i>Phytophora</i> isp. 1	-	0,121**	0,142**	0,195**	,0140**	-
<i>Sarcomorpha</i> isp	-	-	-	0,140**	0,235**	-
<i>Phormidium</i> isp.	-	-	-	-	-	-0,109**

**Tabela 9.** Correlação de Spearman entre traços de bioerosão ocasionado por cianobactérias e outras características tafonômicas. São apresentados apenas os valores significativos ( $p < 0,001$ ).

	<i>Phormidium</i> isp.	<i>Fascichnus</i> isp.	<i>Scolesia filosa</i>
Natural	-	0,150**	0,192**
Oxidada	0,125**	-0,109**	-
Branca	-0,114**	-	-
<i>Phytophora</i> isp. (1)	0,102**	0,120**	-
<i>Sarcomorpha</i> isp	-	0,137**	-
<i>Orthogonum lineare</i>	-	0,104**	-
<i>Phormidium</i> isp.	-	-0,118**	-0,140**

**Tabela 10.** Correlação de Spearman entre traços de briozoários (bioerosão) e outras características tafonômicas. São apresentados apenas os valores significativos ( $p < 0,001$ ).

	<i>Pinaceocladichnus onubensis</i>	<i>Pennatichnus isp.</i>	<i>Pennatichnus luceni</i>	<i>Iramena</i> isp.	Briozoário indet.
Frag<20%	-	-	-	0,102**	0,103**
Frag>20%	-	-	-	-0,102**	-0,102**
Oxidada	-	-	-	0,104**	-
Reduzida	-	-	-	-	0,103**
<i>Ropalia</i> isp.	0,102**	0,113**	-	-	-
<i>Phormidium</i> isp.	-	-	-	0,138**	-
<i>Entobia</i> isp.	-	-	-	0,219**	-
<i>Radulichnus</i> isp.	0,156**	-	-	-	-
<i>Pyrodendrina</i> isp.	0,103**	-	-	-	-
<i>P. onubensis</i>	-	-	0,126**	-	-

**Tabela 11.** Correlação de Spearman entre traços de predação e fragmentação. São apresentados apenas os valores significativos ( $p < 0,001$ ).

	<i>Oichunus simplex</i>	<i>Oichunus parabolooides</i>
Fragmentação <20%	-0,151**	-0,125**
Fragmentação >20%	0,151**	0,125**

Os trabalhos que se dedicaram a quantificar danos de origem biogênica em bioclastos de moluscos e relacioná-los quantitativamente a características ambientais são muito raros, ainda mais se tratando de ambiente plataformal subtropical. Porém, Erthal (2012) mostrou uma variação canônica consideravelmente baixa quando utilizou dano de origem biológica e comparou com variáveis ambientais. Contudo, esse autor não realizou um grande detalhamento desses danos, utilizando apenas 10 tipos generalizados de icnotraços. Já no presente trabalho, foi realizada uma caracterização bem mais detalhada desses traços bioerosivos, permitindo observar proporções de variação canônica entre relação dano tafonômico de origem biológica com variações ambientais na ordem de quase 85%, valor bastante superior àquele encontrado por Erthal (2012), que observou menos de 30% de efeito ambiental sobre os danos mensurados. A maioria dos traços mostrou uma forte correlação com latitude e longitude juntamente com as amostras F069 e F070. Tiveram também correlação com tipos de substratos e ou profundidades.

A grande maioria dos traços ocasionados por fungos microendolíticos (Wisshak et al., 2005; Taylor et al., 2015; Vogel e Brett., 2009), com exceção dos traços *Sarcomorpha* isp., *Orthognum* isp. e fungo indeterminado, apresentou uma correlação significativamente positiva ( $p < 0,01$ ; Tabela 8) com bioclastos onde a fragmentação é inferior do que 20%. As duas variações do icnotraço *Phytophora* isp. apresentaram correlação significativa com a profundidade, (isp. 1:  $p < 0,01$ ; rho 0,7055556 e isp. 2:  $p < 0,01$ ; rho 0,6113469). E levando em conta que estes traços foram encontrados em localidades relativamente profundas, abaixo do nível de base de ondas de tempo bom, pode-se afirmar que esse ambiente é de baixa energia, onde há uma menor possibilidade de fragmentação desses bioclastos por processos físico-mecânicos.

Todos os icnotraços citados acima, exceto o *Orthognum* isp., foram correlacionados positivamente com conchas em estado natural ( $p < 0,01$ ; Tabela 8), porém, isso não impede que em outros estados de dano, como por exemplo: coloração alterada para oxidado, branco e reduzido não tivessem esses traços microendolíticos, visto que o parâmetro para diagnóstico utilizado foi visual. Em certos bioclastos, a coloração natural ainda permitia certa transparência da concha, o que possibilitava a melhor identificação dos traços. Em alguns casos durante a análise dos bioclastos foram constatados alguns exemplares de conchas em modificação de

cor, onde parte do material já se encontrava esbranquiçado, com parte do bioclasto em estado ainda natural, preservando transparência e permitindo o diagnóstico ao menos parcial das características tafonômicas de origem biológica.

Esses fungos, que são seres heterotróficos, podem explorar a matéria orgânica mineralizada furando o substrato calcário de conchas de moluscos e outros substratos carbonáticos utilizando suas hifas, a sua distribuição é completamente independente da luz e se estende dos intervalos entre marés até as profundidades oceânicas abissais (**Golubic et al., 2005**) conseguimos correlacionar os diversos icnotraços ocasionados por fungos com as variáveis ambientais: profundidade e ambientes argilosos.

Já os icnotraços ocasionados por esponjas clonídeas e briozoário cnetostomados tiver uma correlação com ambiente de sedimento cascalhoso o que facilitaria por exemplo, as esponjas, os bivalves e os anelídeos poliquetos a se alimentam de partículas em suspensão e suas ocorrências em conchas indicam produtividade planctônica considerável no ambiente, correlacionando, assim, que determinados traços de bioerosão têm correlação positiva com a produtividade primária (**EI-Hendeny, 2007**). Este autor mostra ainda mostra uma correlação negativa com a energia ambiental bem como com a taxa de sedimentação em relação aos traços de bioerosão, visto que uma maior energia ambiental destruiria mais rapidamente o substrato onde vive o agente de bioerosão. Ainda, uma alta taxa de sedimentação causaria o soterramento do substrato juntamente com o bioerodidor, impossibilitando a captura de partículas para alimentação, ou obliterando a passagem de luz (**EI-Hendeny, 2007**).

Os icnotraços *Fascichnus* isp. e *Scolesia filosa* são causados por cianobactérias (**Radtke e Golubic, 2005**) e tiveram correlação positiva significativa ( $\sim p < 0,01$ ; **Tabela 9**) com os traços gerados por fungos, principalmente se analisado somente o icnotraço *Fascichnus* isp., que mostra muita correlação com esses seres heterotróficos. Já o traço *Phormidium* isp., também ocasionado por cianobactérias (**Wisshak e Tapanila, 2008**), teve correlação inversa ( $p < 0,01$ ; **Tabela 9**) com os traços *Fascichnus* isp. e *Scolesia filosa*. Talvez, esses tenham uma disputa por nichos parecidos ou equivalentes. O icnogênero *Phormidium* isp. (Figura 2) foi o mais frequente em todas amostras analisadas neste estudo. Isso pode indicar um certo “ruído”, pois, seu traço é bem característico e fácil de visualizar mesmo com cores e

texturas das conchas muito alteradas, não necessitando assim de transparência nas valvas. Segundo **Akapan e Farrow, (1985)**, a presença ou a ausência de perfurações produzidas por algas em valvas de moluscos bivalves denotam zonas fóticas e afóticas respectivamente. Porém, para as marcas de *Phormidium* isp., há um porém, pois, suas marcas, ocasionadas por cianobactérias formam encontradas com certa frequência em todas as amostras, incluindo aquelas amostras mais profundas (zonas afóticas). Nesse caso usaremos a amostra **F070** como exemplo. Essa amostra atualmente está com 135 metros de profundidade e a presença do traço *Phormidium* isp. seria na verdade, um reflexo de um ambiente no qual essa amostra atualmente não se encontra mais, e, isso serve de indício de que o ambiente daquele local mudou ao longo dos milhares de anos.

Segundo, **Ritter et al., (2019)** essas conchas apresentam uma condensação espacial e temporal significativa, onde algumas dessas conchas podem apresentar mais de  $\pm 30$  mil anos de idade. Provavelmente, durante o último máximo glacial, ocorrido há  $\pm 17.500$  mil anos atrás o mar se encontraria há  $\pm 130$  metros do nível atual (**Correa, 1996**). Isso nos dá a possibilidade de compreender que a amostra em questão (**F070**), atualmente localizado a 135 metros de profundidade (zona afótica) poderia se encontrar a  $\pm 130$  m abaixo do nível atual (resultando aproximadamente  $\pm 5$  metros de profundidade - zona fótica em tempos pretéritos) e, então, conforme o nível do mar subia no decorrer do tempo (até os dias atuais), havia, então, a mudança do tipo de ambiente - fótico para afótico (juntamente com diversos outros fatores, como energia, luminosidade, temperatura do meio por exemplo), gerando, dessa forma, uma diversidade de nichos diferentes devido a mudança ambiental, propiciando assim, uma sucessão ecológica (com uma enorme gama de fauna e flora micro e macroendolítica) capaz de se perpetuar na forma de traços de origem biológica, oriundas de diversos tipos de habitats e nichos.

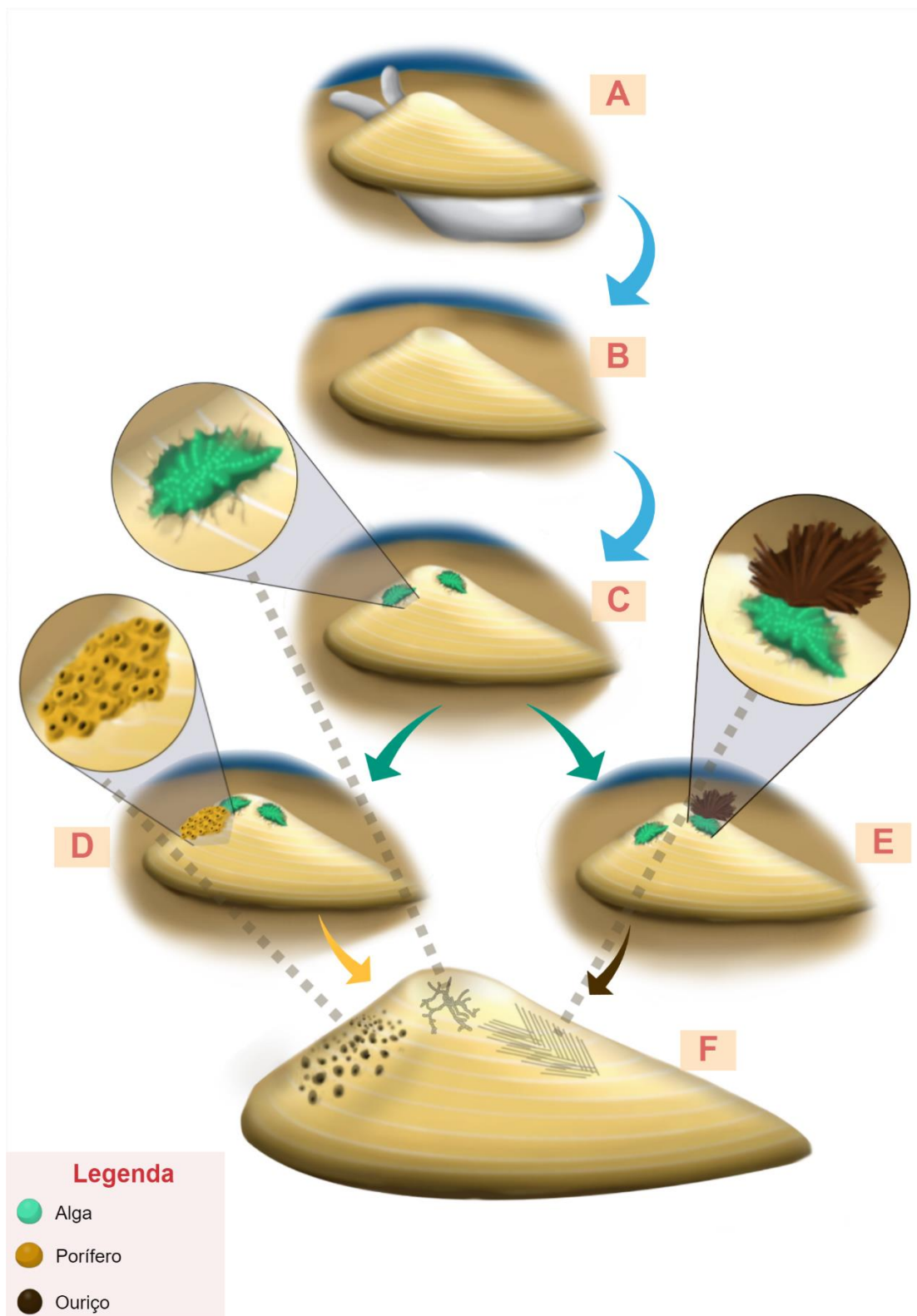
Sendo assim as conchas de certa forma poderiam armazenar diversas informações ambientais (através dos traços ali presentes) no decorrer da modificação da história do ambiente em questão que está sendo estudado e para isso daremos o termo de **icno-time-averaging (Fig.5, fig. 6 e fig. 7)** e o termo **bio-time-averaging (Fig.5, fig. 6 e fig. 7)** para a sucessão paleoecológica. É claro que para que tenhamos um **icno-time-averaging** (condensação espacial e temporal de traços em um mesmo



substrato), de certa forma ela deverá passar pelo *bio-time-averaging* (sucessão paleoecológica que poderá ser perpetuada ou não pelo *icno-time-averaging*).

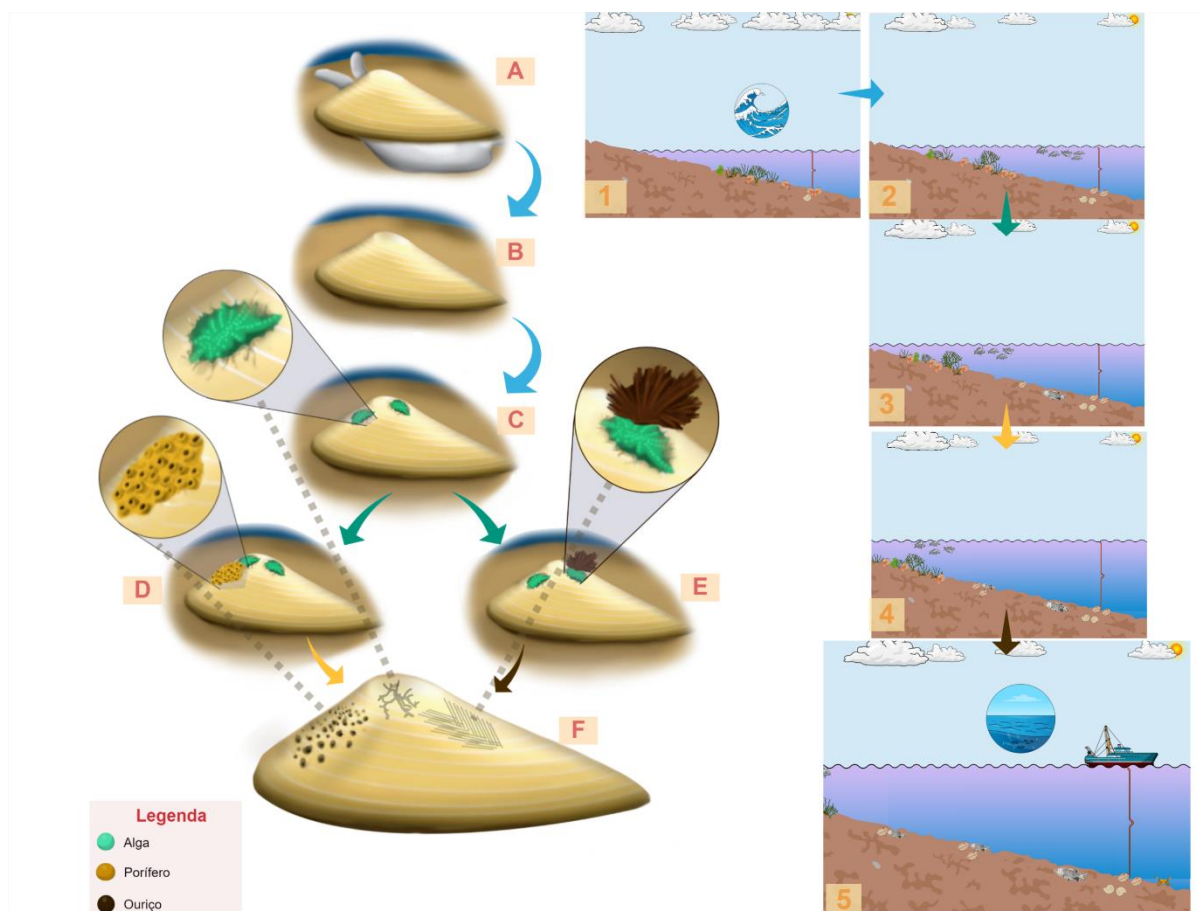
Devido a esse “ruído” temos que ter em mente que a atividade bioerosora é cumulativa ao longo do tempo, resultando em várias impressões sobrepostas de assinaturas de bioerosão específicas e onde alguns traços sucessores podem obliterar o registro de traços prévios (**Glaub et al., 2007; Erthal et al., 2016**). E são resultados de interações bióticas que foram estabelecidas ainda em vida (**Rodrigues, 2006**). O *bio-time-averaging* se daria, por exemplo, com micróbios perfuradores que iniciam a perfuração geralmente no ápice da concha (a parte mais antiga), nesses casos, o perióstraco é frequentemente removido por atrito natural, preparando, dessa forma, as condições para posteriormente ocorrer a invasão por esponjas clionídeas (**Mao Che et al., 1996**). Outro traço conhecido por obliterar traços anteriores, são os de raspagens de quítons e equinóides que alimentam-se de algas que ficam na superfície dos substratos duros (**Golubic et al., 1981; Akapan e Farrow, 1985; Barclay et al., 2013; Belaústegui et al., 2017**), como vemos um desenho esquemático nas **Figuras 5, 6 e 7** para termos um melhor entendimento da sobreposição de assinaturas e da modificação ambiental no passar dos anos e todos esses seres que viveram em mesmo substrato oriundo do *bio-time-averaging* será perpetuada na forma de traços com a *icno-time-averaging*.

Entretanto, essas estruturas de bioerosão, como no caso das cianobactérias e algas, ainda são boas indicadoras de paleozonas-fóticas/afóticas e não necessariamente de paleobatimetria, visto que a penetrabilidade da luz varia de acordo com a localidade (**Perry e Macdonald, 2002**). Em teoria, as mesmas estruturas poderiam não ocorrer em ambientes rasos e turvos quando comparados a locais mais profundos, entretanto mais iluminados (**Perry e Macdonald, 2002**).

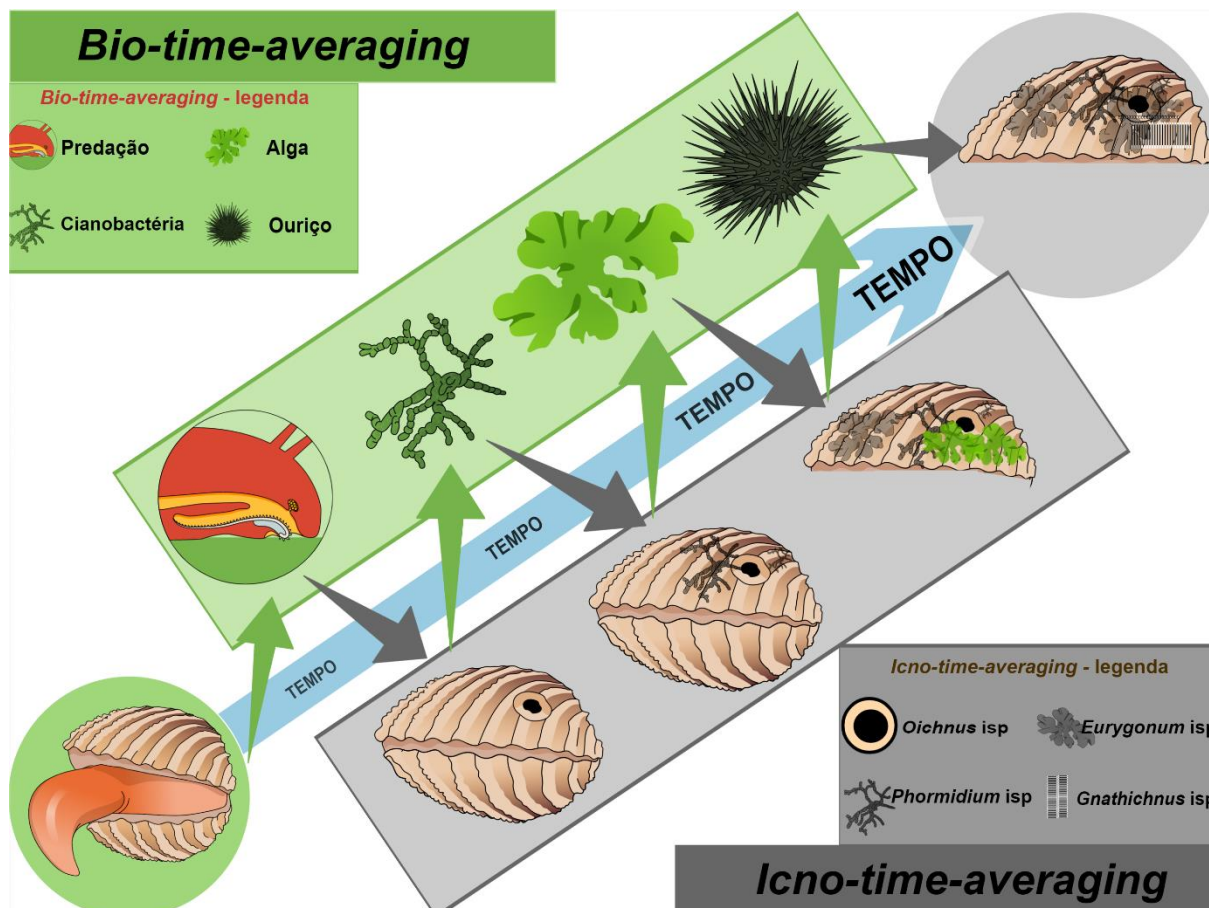


**Figura 5. *Bio-time-averaging* e *icno-time-averaging*.** Várias assinaturas de bioerosão onde alguns traços sucessores podem de fato obliterar o registro de traços prévios e ou se acumular em tempos distintos: **A)** Um exemplo de molusco bivalve vivo ainda sem nenhuma marca; **B)** Molusco bivalve já morto; **C)** Invasão por

micróbios perfuradores ou algas; **D**) Invasão pelas esponjas clionídeas nas marcas deixadas pelas algas ou cianobactérias; **E**) Raspagens de equinóides que alimentam-se de algas que ficam na superfície dos substratos duros; **F**) Concha com marcas de uma sucessão ecológica oriunda em uma sobreposição de diversas icnoespécies.



**Figura 6. Bio-time-averaging e icno-time-averaging de acordo com a mudança ambiental.** Por exemplo: **1)** Pode ocorrer inicialmente a vida e morte do bivalve em questão representado pelas letras A e B; **2)** Já ocorreu uma leve mudança no ambiente ponto específico e agora a concha está sendo colonizada por algas micro endolíticas; **3)** Mais uma mudança ambiental e agora com a entrada de esponjas clionídeas representado pela letra D; **4)** Mais uma mudança ambiental e agora a presença por exemplo de equinóides raspadores que se alimentam de algas, podendo ocorrer simultaneamente ou não com a letra D; **5)** Agora com uma mudança brusca no ambiente em questão, onde nenhum daqueles seres sobreviveriam, ficando apenas os seus traços de vidas pretéritas de ambientes distintos como representado na letra F.



**Figura 7.** A vida e a morte de um bivalve. Desenho esquemático mostrando as sucessões paleoecológicas (**bio-time-averaging**) e as suas marcas deixadas em um mesmo substrato bioclástico (**icno-time-averaging**).

Para concluir, esse estudo identificou os danos tafonômicos de origem biogênica presentes em conchas de moluscos bivalves marinhos recentes e correlacionamos com fatores ambientais atuais. Estes traços macro e microendolíticos representam uma pequena parcela do grande universo de traços de origem biogênica aqui da plataforma continental do sul do Brasil. Mesmo que haja um ruído como o **icno-time-averaging** com diversas sobreposições de danos tafonômicos em bioclastos subtropicais, foi possível sim, relacionar estas assinaturas tafonômicas em bioclastos de ambientes plataformais subtropicais com características ambientais, principalmente profundidade e diversos tipos de sedimentos.

Sempre será necessário caracterizar de forma mais específica esses traços, a fim de se obter uma correlação quantitativa significativa com os dados ambientais.

Muitos desses traços microendolíticos e furos de predação possibilitam a correlação direta deles com alguns fatores ambientais, como a profundidade. Diversos outros traços ainda possibilitam a correlação direta com longitude e latitude (e seus fatores ambientais agregados). Alguns traços, ainda, foram condicionados pela granulometria e composição do sedimento.

Rochas sedimentares dos tipo coquinas são formadas em ambientes semelhantes aos ambientes sedimentares aqui estudados, devido a isso, a utilização desses traços de origem biológica são de grande importância como forma de ferramenta auxiliar para reconstrução de paleoambientes. Porém, caso outras rochas que tenham sido formadas em ambientes deposicionais muito parecidos, se apresentarem assinaturas de origem biológica são uma importante ferramenta para mostrar sua relação com o ambiente onde foram encontradas, fornecendo, assim, uma base metodológica para a aplicação do paleoambiente e reconstrução paleoecológica.

## 7. Referências

Abbott, R.T., 1974. **American Seashells; The Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coasts of North America**. 2 Ed. New York, NY. Van Nostrand Reinhold.

Araújo-Júnior, H.I., Porpino, K. de O. e Bergqvist, L.P., 2011. **Marcas de dentes de carnívoros/carniceiros em mamíferos pleistocênicos do Nordeste do Brasil**. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 14(3), p. 291–296. doi:10.4072/rbp.2011.3.08

Archuby, F.M. e Gordillo, S., 2018. **Drilling predation traces on recent limpets from northern Patagonia, Argentina**. *Palaeontologia Electronica*, v. 21(3), p. 1–23.

Akapan, E.B. e Farrow, G.E., 1985. **Shell bioerosion in high-latitude low-energy environments: Firths of Clyde and Lorne**. *Marine Geology*, v. 67, p. 139–150.

Barclay, K.M., Schneider, L.C. e Leighton, L.R., 2013. **Palaeoecology of Devonian sclerobionts and their brachiopod hosts from the Western Canadian Sedimentary Basin**. *Elsevier*, v. 383-384, p. 79–91.

Behrensmeyer, A.K., Fürsich, F.T., Gastaldo, R.A., Kidwell, S.M., Kosnik, M.A., Kowalewski, M., Plotnick, R.E., Rogers, R.R. e Alroy, J., 2005. **Are the most durable shelly taxa also the most common in the marine fossil record?** *Paleobiology*, v. 31, p. 607–623.

Behrensmeyer, A.K., Kidwell, S.M. e Gastaldo, R.A., 2000. **Taphonomy and paleobiology**. *In* Erwin, D.H. e Wing, S.L. (eds.), **Deep time: Paleobiology's perspective, Paleobiology Supplement 4**, v. 26. p. 103–147.

Belaústegui, Z., Muñiz, F., Nebelsick, J., Domènech, R., e Martinell, J., 2017. **Echinoderm ichnology: Bioturbation, bioerosion and related processes**. *Journal of Paleontology*, v. 91(4), p. 643–661. doi:10.1017/jpa.2016.146

Best, M.M.R., 2008. **Contrast in preservation of bivalve death assemblages in siliciclastic and carbonate tropical shelf settings.** *PALAIOS*, v. 23, p. 796–809.

Brett, C.E., Parsons-Hubbard, K.M., Walker, S.E., Ferguson, C., Powell, E.N., Staff, G., Ashton-Alcox, K.A. e Raymond, A., 2011. **Gradients and patterns of sclerobionts on experimentally deployed bivalve shells: Synopsis of bathymetric and temporal trends on a decadal time scale.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 312, p. 278–304.

Britt, B.B., Scheetz, R.D. e Dangerfield, A., 2008. **A suite of dermestid beetle traces on dinosaur bone from the Upper Jurassic Morrison Formation, Wyoming, USA.** *Ichnos*, v. 15, 59–71. <https://doi.org/10.1080/10420940701193284>

Bromley, R.G., 1975. **Comparative analysis of fossil and recent echinoid bioerosion.** *Paleontology*, v. 18, 725–739.

Bromley, R.G., 1981. **Concepts in ichnotaxonomy illustrated by small round holes in shells.** *Acta Geologica Hispanica*, v. 16, p. 55 –64.

Bromley, R.G., 1992. **Bioerosion: Eating rocks for fun and profit** *in Trace fossils, Short Courses in Paleontology*, 5. Maples, C. G., e West, R. R. (eds.), Paleontological Society. Knoxville, Tennessee, p. 121–129.

Bromley, R.G., 1994. **The palaeoecology of bioerosion.** *In* Donovan, S.K. (ed.), *The palaeobiology of trace fossils.* Wiley, London, p. 134–154.

Bromley, R.G., 1996. **Trace Fossils: biology, taphonomy and applications.** (2nd ed) Chapman and Hall, London, p. 361.

Bromley, R.G., 2004. **A stratigraphy of marine bioerosion.** *In* McIlroy, D. (ed.), *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis.* Geological Society of London, Special Publication, v. 228, p. 455–479.

Bromley, R.G e Martinell, J., 1991. ***Centrichnus* new ichnogenus for centrally patterned attachment scars on skeletal substrates.** Bulletin of the Geological Society of Denmark, v. 38, p. 243–252.

Bromley, R.G e Surlyk, F., 1973. **Borings produced by brachiopod pedicles, fossil and recent.** Lethaia, v. 6, p. 349–365.

Brusca, R.C., Moore, W. e Shuster, S.M., 2018. **Invertebrados.** 3 Ed. Rio Janeiro. Guanabara Koogan.

Calliari, L.J., 1997. **Geomorphological settings.** In Seeliger, U., Odebrecht, C. e Castella, J. (eds.), Subtropical convergence marine ecosystem. The coast and the sea in the warm temperate southwestern Atlantic. Springer Verlag., p. 91–94.

Calliari, L.J., Esteves, L.S., Oliveira, C.P.L., Tozzi, H.A.M., Silva, R.P e Cardoso, J.N., 1994. **Padrões sonográficos sedimentológicos de um afloramento de beachrock na plataforma interna do Rio Grande do Sul (COMEMIR-OSNLR).** Nostas Técnicas, v. 7, p. 27 –32.

Calliari, L.J. e Fachin, S., 1993. **Laguna dos Patos. Influência nos depósitos lamíticos costeiros.** Pesquisas, v. 20, p. 57–69.

Caruso Jr.F., 1999. **Shell deposits in the Santa Catarina coastal area, southern region of Brazil.** in: Martins, L.R. e Santana, C.I. (eds.), Non-living resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin. IOC-UNESCO. OSNLR. SERG, p, 69–79.

Chacón, E., Berrendero, E. e Pichel, F.G., 2006. **Biogeological signatures of microboring cyanobacterial communities in marine carbonates from Cabo Rojo, Puerto Rico.** Sedimentary Geology, v. 185, p. 215–228.



Coe, M., 1978. **The decomposition of elephant carcasses in the Tsavo (East) National Park, Kenya.** *Journal of Arid Environments*, v. 1(1), p. 71–86. doi:10.1016/s0140-1963(18)31756-7.

Corrêa, I.C.S., 1996. **Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l' exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul.** *Marine Geology*, v. 130, p. 163–178.

Corrêa, I.C.S., Matins, L.R.S., Ketzer, J.M.M., Elias, A.R.D. e Martins, R., 1996. **Evolução sedimentológica e paleogeográfica da Plataforma Continental Sul e Sudeste do Brasil.** *Notas Técnicas*, v. 9, p. 51–61.

Cutler, A.H., 1994. **Taphonomic implications of shell surface textures in Bahia la Choya, northern Gulf of California.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 114, p. 219–240.

Davies, D.J., Powell, E.N. e Stanton Jr., R.J., 1989. **Taphonomic signature as a function of environmental processes: shells and shell beds in a hurricane-influenced inlet on the Texas coast.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 72, p. 317–356.

De Gibert, J., Domènech, R., e Martinell, J., 2004. **An ethological framework for animal bioerosion trace fossils upon mineral substrates with proposal of a new class, fixichnia.** *Lethaia*, v. 37(4), p. 429–437.

Dominato V. H., Mothé, D., Avilla L.S. e Bertoni-Machado, C., 2009. **Ação de insetos em vértebras de *Stegomastodon waringi* (Mammalia, Gomphotheriidae) do Pleistoceno de Águas de Araxá, Minas Gerais, Brasil.** *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 12 (1), p. 77–82. doi: 10.4072/rbp.2009.1.07

Dominato, V.H.S., Mothé, D., Costa-da-Silva, R. e Avilla, L.S., 2011. **Evidence of scavenging on remains of the gomphothere *Haplomastodon waringi* (Proboscidea: Mammalia) from the Pleistocene of Brazil: taphonomic and**

**paleoecological remarks.** *Journal of South American Earth Sciences*, v. 31, p. 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.01.002>

Edinger, E.N. 2003., **Bioerosion.** *In* Briggs, D.E.G. e Crowther, P.R. (eds.), *Paleobiology II*, Blackwell Publishing, Malden, Oxford, p. 273–277.

Edinger, E.N. e Risk, M. J., 1994. **Oligocene–Miocene extinction and geographic restriction of Caribbean corals: roles of turbidity, temperature, and nutrients.** *PALAIOS*, v. 9, p. 576–598.

El-Hedeny, M., 2007. **Encrustation and bioerosion on Middle Miocene bivalve shells and echinoid skeletons: paleoenvironmental implications.** *Revue de Paléobiologie*, Genève, v. 26(2), p. 381-389.

Erthal, F., 2012. **Assinaturas tafonômicas em bivalves marinhos recentes na costa do Brasil e seu significado paleoambiental.** Dissertação (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. p. 212.

Erthal, F. e Ritter, M.N., 2017. **Tafonomia Atualística: conceitos e aplicações.** *in* Horodyski, R.S. e Erthal, F. (eds.), *Tafonomia: métodos, processos e aplicações.* CRV. p. 29–79.

Erthal, F., Ritter, M.N. e Kotzian C.B., 2016. **Assinaturas tafonômicas em moluscos recentes e seu significado paleoambiental.** *Terræ Didática*, v. 13(1), p. 5 –30.

Ekdale, A.A., 1985. **Paleoecology of the marine endobenthos.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 50, p. 63–81.

Farber, L. Tardos, G. e Michaels, J., 2003. **The use of X-ray tomography to study the porosity and morphology of granules.** *Powder Technol.*, v. 132, p. 57–63.

Farinati, E.A., Spagnuolo, J.O. e Aliotta, S., 2006. **Bioerosión en micromoluscos holocenos del estuario de Bahía Blanca, Argentina.** *Ameghiniana*, v. 43, p. 45–54.

Glaub, I., Golubic, S., Gektidis, M., Radtke, G. e Vogel, K., 2007. **Microborings and Microbial Endoliths: Geological Implications.** *Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects.* Elsevier B. V, p. 368–381.

Golubic, S., Brent, G. e Lecampion, T., 1970. **Scanning electron microscopy of endolithic algae and fungi using a multipurpose casting-embedding technique.** *Lethaia*, v. 3(2), p. 203–209.

Golubic, S., Campbell, S.E. e Spaeth, C., 1983. **Kunsthharzausgüsse fossiler Mikroben-Bohrgänge (resin-casting of fossil microbial borings).** *Der Präparator*, v. 29, p. 197–200.

Golubic, S., Friedmann, I. e Schneider, J., 1981. **The lithobiontic ecological niche, with special reference to microorganisms.** *Sediment Geol*, v. 51, p. 475–478.

Golubic, S., Radtke, G., e Campion-Alsumard, T. L., 2005. **Endolithic fungi in marine ecosystems.** *Trends in Microbiology*, v. 13(5), p. 229–235.

Golubic, S., Schneider, J. e Le Campion-Alsumard, T., 2019. **Approaching microbial bioerosion.** *Facies*, v. 65, p. 25.

Holz, M. e Simões, M. G., 2002. **Elementos fundamentais de tafonomia.** 1 Ed. Porto Alegre. Editora da Universidade/UFRGS.

Jensen, S., 1990. **Predation by early Cambrian trilobites on infaunal worms evidence from the Swedish Mickwitzia Sandstone.** *Lethaia*, v. 23, p. 29–42.

Kidwell, S.M., 2013. **Time-averaging and fidelity of modern death assemblages: building a taphonomic foundation for conservation paleobiology.** *Palaeontology*, v. 56, p. 487–522.

Kidwell, S.M. e Bosence, D.W.J., 1991. **Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas.** In Allison, P.A. e Briggs, D.E.G., (eds.), *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. Plenum Press. New York, p. 115–209.

Kidwell, S.M. e Flessa, K.W., 1996. **Evolution of the fossil record: thickness trends in marine skeletal accumulations and their implications.** In Jablonski, D., Erwin, D.H., e Lipps, J.H., (eds.), *Evolutionary paleobiology*. University of Chicago press., p. 290–336.

Kidwell, S.M. e Holland, S.M., 2002. **The quality of the fossil record: Implications for evolutionary analyses.** *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 33, p. 561–588.

Kidwell, S.M., Rothfus, T.A. e Best, M.M., 2001. **Sensitivity of taphonomic signatures to sample size, sieve size, damage scoring system, and target taxa.** *PALAIOS*, v. 16(1), p. 26–52.

Kiel, S., Goedert, J.L., Kahl, W.A., e Rouse, G.W., 2010. **Fossil traces of the bone-eating worm *Osedax* in early Oligocene whale bones.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107(19), p. 8656–8659.

Kiel, S., Kahl, W.A. e Goedert, J.L., 2013. **Traces of the bone-eating annelid *Osedax* in Oligocene whale teeth and fish bones.** *Paläontologische Zeitschrift*, v. 87, p. 161.

Kowalewski, M. e Hoffmeister, A.P., 2003. **Sieves and fossils: effects of mesh size on paleontological patterns.** *PALAIOS*, v. 18, p. 459–468.

Kowalewski, M. e LaBarbera, M., 2004. **Actualistic taphonomy: death, decay, and disintegration in contemporary settings.** *PALAIOS*, v. 19, p. 423–427.

Kowsmann, R. O. e Costa, M P. A., 1979. **Sedimentação quartenária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes.** *Séries Projeto REMAC*, v. 8, p. 7–55.

Lescinsky, H.D., Edinger, E. e Risk, M.J., 2002. **Mollusc shell encrustation and bioerosion rates in a modern epeiric sea: Taphonomy Experiments in the Java Sea, Indonesia.** PALAIOS, v. 17, p: 171–191.

Lopes, R.P., 2012. **Bioerosion and bioincrustation in body fossils from the coastal plain of Rio Grande Do Sul State, Southern Brazil.** In Netto, R., Carmona, N. e Tognoli, F. (eds.), Ichnology of Latin America, Sociedade Brasileira de Paleontologia, Monografias, v. 2, p. 179–194.

Lorenzo, N. e Verde, M., 2004. **Estructuras de bioerosión en moluscos marinos de la Formación Villa Soriano (Pleistoceno tardío-Holoceno) de Uruguay.** Rev. Brasil. Paleontol., v. 7, p. 319–328.

Mao Che, L., Champion-Alsumard, T.L., Boury-Esnault, N., Payri. C., Golubic, S. e Bézac, C., 1996. **Biodegradation of shells of the black pearl oyster, *Pinctada margaritifera* var. *Cumingii*, by microborers and sponges of French Polynesia.** Marine Biology, v. 126, p. 509–519.

Martin, A.J. e Rindsberg, A.K., 2006. **Arthropod tracemakers of *Nereites*? Neoichological observations of juvenile limulids and their paleoichnological applications.** In Miller, W. (Ed.), Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects, Elsevier, Amsterdam, p. 478–491.

Martins, L.R. Martins, I.R. e Corrêa, I.C.S., 1985. **Aspectos sedimentares da plataforma externa e talude superior do Rio Grande do Sul.** Pesquisas, v. 17, p. 68–90.

Martins, L.R. Martins, I.R. e Urien, C.M., 2003. **Aspectos Sedimentares da Plataforma Continental na Área de Influência do Rio de La Plata.** Gravel, v. 1, p. 68–80.

Mayoral, E., 1988. *Pennatichnus* nov. icnogen.; *Penaceocladichnus* nov. icnogen. e *Iramena*. **Huellas de bioerosión debidas a bryozoa perforantes (ctenostomata, plioceno inferior) en la cuenca del Bajo Guadalquivir.** Revista Española de Paleontología, v. 3. p. 13–22.

Mietchen, D., Aberhan, M., Manz, B., Hampe, O., Mohr, B., Neumann, C. e Volke, F., 2008. **Threedimensional magnetic resonance imaging of fossils across taxa.** Biogeoscience, v. 5, p. 25–41.

Mikkelsen, P.M. e Bieler, R., 2008. **Seashells of Southern Florida - Living marine mollusks of the Florida keys and adjacent regions.** 1 Ed. Princeton University Press. New Jersey.

Neumann, A.C., 1966. **Observations on coastal erosion in Bermuda and measurements of the boring rate of the sponge *Cliona lampa*.** Limnol Oceanogr., v. 11, p. 92–108.

Oliveira-Costa, J., 2003. **Entomologia Forense: Quando Os Insetos São Vestígios.** first ed. Millennium. Campinas.

Parsons-Hubbard, K.M., 2005. **Molluscan taphofacies in Recent carbonate reef/lagoon systems and their application to sub-fossil samples from reef cores.** PALAIOS, v. 20, p. 175–191.

Parsons, K.M. e Brett, C.E., 1991. **Taphonomic processes and biases in modern marine environments: an actualistic perspective on fossil assemblage preservation.** In Donovan, S.K., (ed.), The Processes of Fossilization. Columbia University Press, p. 22–65.

Pawłowska, A.M., Palińska, K.A. e Piekarek-Jankowska, H., 2008. **Colonisation and bioerosion of marine bivalve shells from the Baltic Sea by euendolithic cyanobacteria: an experimental study.** In Wisshak, M. e Tapanila, L. (eds.), Current

Developments in Bioerosion. Erlangen Earth Conference Series. Springer, Berlin, Heidelberg.

Perry, C.T. e Macdonald, I.A., 2002. **Impacts of light penetration on the bathymetry of reef microboring communities: implications for the development of microendolithic trace assemblages.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 186, p. 101–113.

Pimpão, D.M., 2004. **Moluscos bivalves da Plataforma Externa e Talude Superior ao largo de Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - UFRGS. Porto Alegre. p. 204.

Radtke, G. e Golubic, S., 2005. **Microborings in mollusk shells, Bay of Safaga, Egypt: Morphometry and ichnology.** *Facies*, v. 51, p. 118–134.

Razik, S., Chiessi, C.M., Romero, O.E. e Dobeneck, T., 2013. **Interaction of the South American Monsoon System and the Southern Westerly Wind Belt during the last 14 kyr.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 374, p. 28–40. doi: 10.1016/j.palaeo.2012.12.022.

Rindsberg, A.K., 2012. **Ichnotaxonomy: finding patterns in a welter of information.** *In* Knaust, D. e Bromley, R.G., (eds.), *Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments. Developments in Sedimentology.* Elsevier, Amsterdam, v. 64, p. 45–78.

Ritter, M. do N., 2018. **Padrões espaço-temporais do registro fóssil com base em acumulações de moluscos da plataforma continental do sul do Brasil.** Tese (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 193.

Ritter, M.N. e Erthal, F., 2016. **Time-averaging e suas implicações para o registro fóssil marinho.** *Terrae Didática*, v. 12(2), p. 81–103.

Rodrigues, S.C., 2006. **Tafonomia de Moluscos Bivalves e Braquiópodes das Enseadas de Ubatuba e Picinguaba, Norte do Estado de São Paulo: Implicações do Uso de Assinaturas Tafonômicas no Reconhecimento de Gradientes Ambientais.** Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. p.118.

Ruggiero, E.T. e Raia, P., 2010. **Bioerosion structures and their distribution on shells of the Lower Pleistocene terebratulid brachiopod *Gryphus minor*.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 293, p. 157–166.

Santos, A., 2008. Bioerosão: **O que é? Para que serve?** In Mateus, A. (Coord.), *Terra e Vida: as origens da diversidade*. Departamento de Geologia FCUL, Lisboa, p. 13–15.

Santos, A. e Mayoral, E., 2008. **Bioerosion versus colonisation on *Bivalvia*: a case study from the upper Miocene of Cacela (southeast Portugal).** *Geobios*, v. 41, p. 43–59.

Schönberg, C.H. e Shields, G., 2008. **Microcomputed tomography for studies on *Entobia*: transparent substrate versus modern technology.** In Wisshak, M. e Tapanila, L. (eds.), *Current Developments in Bioerosion*. Erlangen Earth Conference Series. Springer, Berlin, Heidelberg.

Sebastián, R., Marina, A., Ester, F., Karen, D. e Ignacio, C., 2015. **Bioerosion structures in *Crepidula* (Mollusca, Gastropoda) as indicators of latitudinal palaeoenvironmental changes: Example from the marine Quaternary of Argentina.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 439, p. 63–78.

Seilacher, A., 1953. **Studien zur Palichnologie, Teil I: Über die Methoden der Palichnologie.** *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, v. 96, p. 421–452.



Seilacher, A., 1964. **Biogenic sedimentary structures**. In Imbrie, J. e Newell, N. (eds.), *Approaches to Paleoecology*, p. 29–316.

Smith, A.M. e Nelson, C., 2003. **Effects of early sea-floor processes on the Taphonomy of temperate shelf skeletal carbonate deposits**. *Earth-Science Reviews*, v. 63, p. 1–31.

Speyer, S.E. e Brett, C.E., 1988. **Taphofacies models for epeiric sea environments: middle Paleozoic examples**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 63, p. 225–262.

Staff, G.M., Callender, W.R., Powell, K.M., Parsons-Hubbard, K.M., Brett, C.E., Walker, S.E., Carlson, D.D., White, S., Raymond, A. e Heise, E.A., 2002. **Taphonomic trends along a foreereef slope: Lee Stocking Island, Bahamas**. *PALAIOS*, v. 17, p. 66–83.

Taylor, T. N., Krings, M. e Taylor, E. L. 2015. **Fossil Fungi**. 1 Ed. London, San Diego, Waltham e Oxford. Elsevier.

Taylor, P.D. e Wilson, M. A., 2003. **Palaeoecology and evolution of marine hard substrate communities**. *Earth Sci. Rev.*, v. 62, p. 1–103.

Tomasovych, A., e Zuschin, M., 2009. **Variation in brachiopod preservation along a carbonate shelf-basin transect (Red Sea and Gulf of Aden): Environmental sensitivity of taphofacies**. *PALAIOS*, v. 24(10), p. 697–716.

Tomašových, A. e Rothfuss, T.A., 2005. **Differential taphonomy of modern brachiopods (San Juan Islands, Washington State): effect of intrinsic factors on damage and community-level abundance**. *Lethaia*, v. 38, p. 271–292.

Vallon, L.H., Rindsberg, A.K. e Bromley, R.G., 2016. **An updated classification of animal behaviour preserved in substrates**. *Geodinamica Acta*, v. 28(1-2), p. 5–20.

Veiga, F.A., Angulo, R.J., Marone, E. e Brandini, F.P., 2004. **Características sedimentológicas da plataforma continental interna rasa na porção central do litoral Paranaense.** Boletim Paranaense de Geociências, v. 55, p. 67–75.

Vogel, K., e Brett, C. E., 2009. **Record of microendoliths in different facies of the Upper Ordovician in the Cincinnati Arch region USA: The early history of light-related microendolithic zonation.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 281(1-2).

Voigt, E., 1977. **On grazing traces produced by the radula of fossil and recent gastropods and chitons.** In Crimes, T.P. e Harper, J.C. (eds.), Trace fossils, Seel House Press, Liverpool, v. 2, p. 335–346.

Vrijenhoek, R.C., Johnson, S.B. e Rouse, G.W., 2009. **A remarkable diversity of boneworms (*Osedax*; Siboglinidae, Annelida).** BMC Biol, v. 7, p. 74.

Winkler, B., 2006. **Applications of neutron radiography and neutron tomography.** Rev. Min. Geochem, v. 63, p. 459–471.

Wisshak, M., 2012. **Microbioerosion.** In Knaust, D. e Bromley, R.G. (eds.), Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments, p. 213–243.

Wisshak, M., Tribollet, A., Golubic, S., Jakobsen, J., e Freiwald, A., 2011. **Temperate bioerosion: ichnodiversity and biodiversity from intertidal to bathyal depths (Azores).** Geobiology, v. 9(6), p. 492–520.

Wisshak, M., Gektidis, M., Freiwald, A., Lundälv, T., 2005. **Bioerosion along a bathymetric gradient in cold-temperate setting (Kosterfjord, SW Sweden): an experimental study.** Facies, v. 51, p. 93–117.

Wisshak, M., Knaust, D. e Bertling, M., 2019. **Bioerosion ichnotaxa: review and annotated list.** Facies, v. 65, p. 24.

Wisshak, M. e Tapanila, L., 2008. **Current Developments in Bioerosion – Erlangen Earth Conference Series**. Springer, 1 Ed. p. 499.

Young, H.R. e Nelson, C.S., 1988. **Endolithic biodegradation of cool water skeletal carbonates on Scott shelf, northwestern Vancouver Island, Canada**. *Sedimentary Geology*, v. 60, p. 251–267.

Zembruski, S.G., 1979. **Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes**. *In* Chaves, H.A.F (ed.), *Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes*. Rio de Janeiro, PETROBRAS, CENPES, DINTEP, (Projeto REMAC Series 7), p. 129–177.

1 **PARTE II**

2 **ARTIGO SUBMETIDO**

3

4 **BIOEROSION IN RELICTUAL BIOCLASTS FROM SOUTHERN BRAZIL SHELF**  
5 **AS INDICATORS OF DEPTH AND SEDIMENT GRAIN SIZE VARIATION**

6

7 **FILIPPE BRASIL MEDEIROS SILVA<sup>1</sup>, and FERNANDO ERTHAL<sup>2</sup>**

8 *<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade*

9 *Federal do Rio Grande do Sul, CEP 91.501–970, Porto Alegre, RS, Brazil; <sup>2</sup>Departamento de*

10 *Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande*

11 *do Sul, CEP 91501-970 Biologia, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97.105–970,*

12 *Porto Alegre, RS, Brazil*

13 *e-mail: tafoqua@ufrgs.br*

14 \*Corresponding author

15 *RRH: BIOGENIC ALTERATION AND ENVIROMENTAL IMPLICATIONS*

16 *LRH: SILVA E ERTHAL*

17 **Keywords:** microendolithic damage, biogenic carbonate, bivalves, time-averaging,

18 Quaternary.

19

20

21 **ABSTRACT**

22 **Taphonomic signatures in present-day environments allow detailing how unburied**

23 **bioclast accumulations are affected by oceanographic and sedimentological features. A**

24 **limited number of studies on examined biologically originated taphonomic damage in**

25 shells from subtropical continental shelf areas. Our objective here is to identify and  
26 quantify the bioerosion traces in shells from bioclastic deposits from the southern  
27 Brazilian continental shelf (SBS), and to verify the relationship of these traces with  
28 environmental factors. Thirteen samples of surface sediments from SBS were selected at  
29 different depths between latitudes ~28°S and ~34°S. Traces were inspected using  
30 stereomicroscope and SEM, and the characteristics analyzed are: fragmentation, color  
31 change, and type of bioerosion marks. We evaluated 2800 bioclasts, belonging to more  
32 than 30 mollusk genera. The most frequent bioerosion traits were, respectively:  
33 *Phormidium* isp., *Phytophora* isp., *Entobia* isp., *Iramena* isp. and *Scolesia philosa*.  
34 Microendolytic traits such as *Orthogonum lineare*, *Phytophora* isp. and *Sarcomorpha* isp.  
35 appear more related to variation in latitude, the damage *Scolesia filosa* and *Fascichnus*  
36 isp. are related to depth. Other damage had a high correlation with the type of  
37 substrate, eg *Pinnaceocladicus* isp., *Iramena* isp. and *Entobia* isp. had more correlation  
38 with gravel and sand. *Phormidium* isp. and indeterminate foraminifera had a  
39 correlation with areas richer in calcium carbonate. With the use of Canonical Proximity  
40 Analysis, it was possible to relate these biogenic signatures to critical environmental  
41 conditions. This presents a relevant potential for paleoenvironmental reconstruction of  
42 older fossiliferous sedimentary rocks, deposited in similar sedimentary contexts.

43

44

## INTRODUCTION

45

46 The main objectives of actualistic taphonomy is to determine and quantify the  
47 environmental influence on the degree of destruction of fossil remains. One way to measure  
48 this destruction is by using taphonomic signatures, which are measurable post-mortem  
49 damage to biological debris (shells, bones, etc.) (Davies et al. 1989; Parsons and Brett 1991;

50 Kowalewski e LaBarbera 2004). Taphonomical screening of unburied bioclastic remains is  
51 especially useful for discriminating actualistic taphofacies, based on the theoretical  
52 assumption that different environments lead to particular taphonomic routes (Fürsich e  
53 Oschmann 1993; Brett 1995; Parsons-Hubbard 2005).

54 The environmental information derived from the sedimentary (geological) context can be  
55 quite significant when adding taphonomic data from biological remains in unburied  
56 accumulations. The formation of the fossil association takes place initially with the formation  
57 of a dead assemblage. During this transition from death to fossil, many biogenic  
58 characteristics are lost and the remaining bioclastic components undergo various destructive  
59 processes and even processes of spatial mixing or temporal condensation (time-averaging)  
60 (Ritter et al. 2019). One cause for nonlinear acquisition of taphonomic imprints is that some  
61 processes only take place after prior damage in the biological remains (Powell et al., 2011).  
62 Rates of biological damage also depends mostly on water energy, light exposure, sediment  
63 composition and sedimentation rate, factors typically nonlinear across environments (Akpan  
64 and Farrow 1985; Lecinsky et al. 2002; Radtke and Golubic 2005; Wisshak et al. 2005; Best  
65 et al. 2007)

66 Dead biogenic materials are in all environments subject to microperforations and  
67 microbial decomposition of the organic matrix, both in aerobic and anaerobic conditions  
68 (Glover and Kidwell 1993; Cutler and Flessa 1995; Harper 2000; Cai et al. 2006). The valves  
69 of molluscs, especially bivalves, stand out because they present a huge range of diversity of  
70 taphonomic signatures that can be easily recognized and quantified and they are also easily  
71 collectable (Davies et al. 1989; Parsons and Brett 1991; Best and Kidwell 2000; Kowalewski  
72 e Hoffmeister 2003; Behrensmeyer et al. 2005; Lockwood and Work 2006). These  
73 taphonomic signatures of biological origin constitute a spectrum that can vary between totally

74 constructive processes, that is, with encrustations and between totally destructive alterations,  
75 that is, bioerosion (Smith e Nelson 2003).

76 Bioerosion will be the taphonomic damage of biological origin addressed in this work.  
77 For the nomenclature of these fossil traces a differentiated taxonomy is used (the  
78 ichnotaxonomy), but with the use of the binomial nomenclature of Carl Von Linnaeus,  
79 included in the International Code of Zoological Nomenclature, ICZN (currently 1999),  
80 where the nomenclature rules for traits are practically the same as those used for animals  
81 (Bromley 1992, 1994, 1996; Golubic et al. 2019; Wisshak et al. 2019).

82 In most cases, studies on taphonomic damage of biological origin are always more  
83 concentrated in tropical seas (Cutler 1994; Mao Che et al. 1996; Lescinsky et al. 2002; Perry  
84 e Macdonald 2002; Pantazidou et al. 2006), generating a lack of studies on sub-tropical  
85 regions, especially in Brazilian regions. This work will aim to characterize, qualitatively and  
86 quantitatively, bioerosion damage present in bioclasts (shells of bivalve molluscs and recent  
87 subtropical brachiopods from the southern Brazilian continental shelf (PSB)), to allow better  
88 applicability of bioclasts in paleoceanographic and stratigraphic studies and environmental.  
89 Therefore, it will be investigated to what extent bioerosion damage in bioclasts is associated  
90 with oceanographic and sedimentological characteristics.

91

## 92 BACKGROUND

93

### Study Area

94 The study area encompasses the Southern Brazilian Shelf (SBS), where the studied points  
95 are: to the extreme south of the state of Rio Grande do Sul (RS) in the region of the city of  
96 Chuí, approximately at the 34°S parallel (33°41'48"S, 53°13'54"W) to the state of Santa  
97 Catarina, approximately at the 27°S parallel (26°55'00"S, 48°28'00"W) in the region of the  
98 city of Itajaí, with sampling points (Fig. 1) with depths ranging from the shallowest point at

99 12 meters to the deepest point at 200 meters. The environment has a subtropical climate and  
100 presents the confluence of the Brazil Current (warm subtropical waters) with the Malvinas  
101 Current (cold waters with sub-Antarctic origins) (Bisbal 1995). The PSB is very wide and  
102 with widths at some points that can reach around 130-200 km (Zembruski 1979; Veiga et al.  
103 2004).

104 In the adjacent continental shelf out to a water depth of circa 60 m, Sandy sediments will  
105 be dominating, while in the deep water will be muddy sediments predominate in these areas  
106 (Corrêa 1996; Dillenburg and Barboza 2014). In the southern area, between isobaths of 10  
107 and 50 m, will be sand bodies, sand waves and elongated bioclastic deposits and them  
108 interrupt the usually smooth morphology (Figueiredo 1975; Villwock et al. 1986; Corrêa  
109 1996).

110 The water masses present on the inner shelf can undergo seasonal temperature variations  
111 that can reach the range of 10~21°C in winter and these temperatures in summer can reach  
112 15~26°C (Möller et al. 2008). On the external platform, the Brazilian current, with tropical  
113 waters, is predominant with relatively higher temperatures, above 22.7°C, and greater salinity  
114 (Möller et al. 2008). However, as winter passes, the water bodies mentioned above are  
115 directed to the more northern regions through the Brazilian coastal current. (Souza e  
116 Robinson 2004). Regarding the sedimentary aspects, the PSB presents, in a broader way, an  
117 almost null or even absent sedimentation rate, for not having the presence of predominant  
118 source areas, being initially controlled by the remobilization of sediments that were later  
119 reworked, but still It is important to note that the RS area has the highest deposition rate  
120 compared to other areas (Razik et al. 2013).

121

122

## MATERIAL AND METHODS

123



124 Shell and sediment material were collected during the oceanographic expeditions Geomar  
125 VI, VII, XIII, XIV, XVIII, XXI and XXII (1975-1984, Brazilian Navy) and REVIZEE  
126 (1999), Samplings carried out in the Geomar expeditions were carried out using a Van Veen  
127 grab dredge, while in the REVIZEE Sul expedition they were collected using Box-Corer  
128 samplers. Oceanographic information such as salinity, temperature, current velocity, and  
129 sedimentology information are available at the National Oceanographic Database (BNDO),  
130 an agency of the Brazilian Navy's Department of Hydrography and Navigation (DHN). These  
131 samples are deposited in the Coleção de Invertebrados Fósseis, Museu de Paleontologia Irajá  
132 Damiani Pinto da UFRGS.

133 In total 13 samples were analyzed, as shown in Figure 1. Each sample has different  
134 environmental features, such as depth, light conditions, energy, particle size, substrate  
135 composition and they can even have exclusive ecological characteristics, thus being able to  
136 change the type of taphonomic signature according to each microenvironment (Table 1). Raw  
137 samples were carefully analyzed for the selection of some taxa, target taxa, such as some  
138 genera of bivalve molluscs; they are: *Nucula* sp, *Nuculana* sp, *Cyclopecten* sp and *Poromya*  
139 sp. All brachiopod valves and all bivalve molluscs with predation marks were also selected,  
140 regardless of their gender.

141 After extracting the target taxa from the raw samples, they were then quartered and from  
142 only 1 single quadrant, another 150 bioclasts of different sizes were randomly selected,  
143 however, all of these originated from the remains of bivalve molluscs. This sample size was  
144 suggested by Kidwell et al. (2001), where this number of bioclasts would be enough for an  
145 ideal characterization of taphonomic damage of a dead association, or even referred to in the  
146 literature as thanatocenosis (a term already in disuse). After separation in all 13 samples, the  
147 signatures of each type of biological origin were analyzed in all bioclasts from all locations. A

148 Wild Heerbrugg stereomicroscope with magnification from 6x to 50x was used for better  
149 visualization of taphonomic damage.

150 A series of characteristics were measured, from their taphonomic signatures to their  
151 taxonomy, for each specimen of bioclast analyzed. They are listed in the table 2. All this  
152 information was filled in a table similar to the table used in Erthal (2012) and later attached in  
153 Excel spreadsheets to primarily obtain a better visualization of the frequency of damage. For  
154 statistical calculations, the “SPSS” program was used, while the Rstudio program was used to  
155 obtain the canonical analysis of proximities. Part of the material was photographed in a  
156 scanning electron microscope (SEM) at the microscopy center of the Federal University of  
157 Rio Grande do Sul (CMM-UFRGS), and the other part of the material was photographed in  
158 the photography laboratory of the Geosciences Institute of the Department of Paleontology at  
159 UFRGS.

160

## 161 RESULTS

162

163 A total of 2800 bioclasts were analyzed, of which 1749 (~62.5%) were identified and  
164 classified into 35 genera of bivalve molluscs from 23 families where they are found in  
165 different subclasses, in addition to brachiopods 29 (~1%) and indeterminate fragments 1022  
166 (~36.5%). 32 types of bioerosion traces were counted, including 4 types of predation holes  
167 and only 1 type of parasitism mark. The most frequent traces of microendolytic and  
168 macroendolytic damage were, respectively: *Phormidium* isp., *Phytophora* isp., *Phytophora*  
169 isp.(2)., *Entobia* isp., *Iramena* isp. and *Scolesia filosa* some of these are shown in figure 2.  
170 The proportional intensity of selected damages are shown in figure 3.

171 Less frequent traits were *Orthogonum* isp., *Gastrochaenolites* isp., *Gnathichnus pentax*  
172 and *Caulostrepsis taeniola* and such traits only occur in specific localities. Predation traits

173 (Oichnus simplex and O. paraboloides) were verified at frequencies ranging between 7% ~  
174 8% (Fig. 4-5.). Most bioerosion traces had a very low frequency, below 5%. Table 3 shows  
175 the occurrence of micro and macroendolytic types in all studied samples.

176 To obtain a correlation between biological damage and the environment, it is always  
177 necessary to more specifically characterize these traits in order to obtain a significant  
178 quantitative correlation with environmental data. To test the relationship between  
179 microendolytic damage and environmental characteristics, a Canonical Proximity Analysis  
180 (CAP; Fig. 6) was performed. The Manhattan index was used, which is the most suitable for  
181 multivariate analyzes with taphonomic data (Tomasovych and Zuschin 2009). The  
182 relationship between the distribution of microendolytic taphonomic damage (relative  
183 frequency) present in the PSB and a series of environmental variables (standardized and  
184 normalized to adjust the numerical scale) were evaluated. In this analysis, the proportion of  
185 variation in taphonomic damage that is directly related to environmental characteristics is  
186 called inertia and indicates more than 85% predictability. Even so, most of the variation is  
187 contained in the first axis (42%), so the main variables that influence this damage are latitude,  
188 longitude, depth and gravel-type sediments.

189 Microendolytic traits such as *Orthogonum lineare*, *Phytophora* isp., *Sarcomorpha* isp.  
190 among others appear more related to latitude and longitude, the damage *Scolesia filosa* and  
191 *Fascichnus* isp. are more related to the environmental depth factor. Other damages were more  
192 correlated with the type of substrate, for example, indeterminate fungus was correlated with  
193 more muddy substrates while the vast majority of traces caused by bryozoans,  
194 *Pinnaceocladichnus* isp., *Iramena* isp., *Pennatichnus luceni*, and *Entobia* isp (Sponges  
195 clionidae) had more correlation with gravel and sand substrates. *Phormidium* isp and  
196 indeterminate foraminifera were correlated with areas richer in calcium carbonates.

197

## DISCUSSION

198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222

The traces left by these agents can reveal the causative species as well as the environment in which they occur, becoming an important tool for paleoenvironmental reconstruction (Taylor and Wilson, 2003; Santos and Mayoral, 2008). However, there are few studies dedicated to quantifying damage of biogenic origin in mollusc shells (e.g., Powell et al. 2011). Tomasovych and Zuschin (2009) found bioerosion and encrustation to be highly species dependent in recent brachiopods from Red Sea. Erthal (2012) showed a considerably low canonical variation when using a set of grossly detailed biological damage. That author used only 10 generalized types of traces. In the present work, a much more detailed characterization of these traits was performed, using several biological damage types. This allowed to observe proportions of canonical variation in the order of almost 85%, a value much higher than that found by Erthal and Ritter (2020). Those authors observed less than 30% of environmental effect on the measured damages. Most traces showed a strong correlation with latitude and longitude along with samples F069 and F070. They also correlated with the substrate type and depths.

Endobiont organisms commonly have organic particles from the surface planktonic productivity as their main food source, therefore responding positively with the primary productivity (Lescinsky et al. 2002). Fungi, which are heterotrophic beings, can exploit mineralized organic matter by drilling into the limestone substrate of mollusc shells and other carbonate substrates using their hyphae, however, their distribution is completely independent of light and extends from the intertidal intervals to the abyssal ocean depths (Golubic et al. 2005). Here in this work we managed to correlate the various traces caused by fungi with the environmental variables: depth and clayey environments. On the other hand, the ichnotraces caused by cnetostome clionid sponges and bryozoan have a correlation with the gravel

223 sediment environment, which would facilitate, for example, sponges, bivalves and polychaete  
224 annelids to feed on particles in suspension and their occurrence in shells indicate considerable  
225 planktonic productivity in the environment, thus correlating that certain bioerosion traits have  
226 a positive correlation with primary productivity (El-Hendeny 2007). This author also shows a  
227 negative correlation with environmental energy as well as with the sedimentation rate in  
228 relation to traces of bioerosion, since a greater environmental energy would more quickly  
229 destroy the substrate where the bioerosion agent lives. Also, a high sedimentation rate would  
230 cause the substrate to be buried together with the bioeroder, making it impossible to capture  
231 particles for feeding, or obliterating the passage of light (El-Hendeny 2007).

232       The presence or absence of perforations produced by algae in bivalve mollusc valves  
233 denote photic and aphotic zones respectively (Akapan e Farrow 1985). However, marks of  
234 some cyanobacteria such as *Phormidium* isp. were present in high frequency in all samples  
235 studied here, but particularly in samples now located in high depths, far below the photic  
236 zone. Such traces (including but not restricted to *Phormidium* isp.), that are found in these  
237 deep samples, would actually indicate a past environmental context that no longer exist at that  
238 locality, indicating instead that there has been a change in sea level over thousands of years.

239       According to Ritter et al. (2019) these shells present a significant spatial and temporal  
240 condensation, where some can be more than 30 kyr old. Probably, during the last glacial  
241 maximum (LGM), which occurred  $\pm 17,500$  years ago, the relative sea level was  
242 approximately 130 meters lower than today (Correa 1996). This would directly imply that the  
243 sample F070, that now is located at the depth of 135m, was, in fact, within the photic zone  
244 during the LGM. During further sea level rising, which occurred slowly and was interrupted  
245 in times of coastline stabilization, the local environment shifted from photic to aphotic. This  
246 environmental change affected current and wave energy, water temperature, and probably  
247 lead to turnover of biotic agents affecting the taphonomic state of local shell deposits.

248 Therefore, biogenic damage such as bioerosion, but also encrustation, are direct testimonies  
249 of this microscale environmental condensation-type of time averaging, as already predicted  
250 by Ritter et al. (2019) and Erthal and Ritter (2020).

251 Thus, the shells could somehow store various environmental information (through the  
252 traces present there) during the modification of the history of the environment in question that  
253 is being studied, and for this we will use the term icno-time-averaging (Fig. 7) and the term  
254 bio-time-averaging (Fig. 7) for paleoecological succession. It is clear that for us to have a  
255 icno-time-averaging (spatial and temporal condensation of traces on the same substrate), in a  
256 way it must go through the bio-time-averaging (paleoecological succession that may or may  
257 not be perpetuated by the icno-time -averaging). We have to keep in mind that bioerosion  
258 activity is cumulative over time, resulting in multiple overlapping impressions of specific  
259 bioerosion signatures and where some successor traits can obliterate the record of previous  
260 traits (Glaub et al. 2007; Erthal et al. 2016).

261 Bio-time-averaging would occur, for example, with perforating microbes that start  
262 perforating usually at the apex of the shell (the oldest part), in these cases, the periostracus is  
263 often removed by natural friction, thus preparing the conditions for later invasion by clionide  
264 sponges (Mao Che et al. 1996). Another trait known for obliterating previous traits is the  
265 scraping of chitons and echinoids that feed on algae that remain on the surface of hard  
266 substrates. (Golubic et al. 1981; Akapan e Farrow 1985; Barclay et al. 2013; Belaústegui et al.  
267 2017), as we see a schematic drawing in Figure 7 for a better understanding of overlapping  
268 signatures and environmental change over the years. However, these bioerosion structures, as  
269 in the case of cyanobacteria and algae, are still good indicators of photic/aphotic paleozones  
270 and not necessarily of paleobatimetry, since light penetrability varies according to location  
271 (Perry e Macdonald 2002). In theory, the same structures could not occur in shallow and

272 cloudy environments when compared to deeper, however brighter places (Perry e Macdonald  
273 2002).

## 274 CONCLUSIONS

275

276 Most approaches in taphonomic studies of marine mollusk describe biological alterations  
277 as a part of the total post-mortem imprint of bioclastic assemblages. Using multivariate  
278 analysis, damages of biogenic origin identified in shells from recent marine bivalve molluscs  
279 were quantitatively related to environmental factors. Despite largely unknown for subtropical  
280 marine areas, the biogenic alteration present in shells from the Southern Brazil Shelf  
281 faithfully reflect nearly 90% of the environmental conditions present in the area, but mainly  
282 depth and sediment grain size. These microendolithic traces may represent only a small portion  
283 of the biological immensity of traces of biogenic origin from the continental shelf of southern  
284 Brazil, but they are also good testimonies of sea level alterations, and, therefore, the time-  
285 scale of such bathymetric variation. Some of these microendolithic traits and predation holes  
286 enable their direct correlation with some environmental factors, such as depth, which  
287 significantly influenced at least 7 traits. Many other traces still allow direct correlation with  
288 longitude and latitude (and their aggregate environmental factors). Some traces were also  
289 conditioned by the granulometry and composition of the sediment.

290 As coquinas-type sedimentary rocks have similar origins to the sedimentary  
291 environments studied here, the use of these traces of biological erosion and predation is of  
292 great value as an auxiliary tool for the reconstruction of paleoenvironments. Other rocks that  
293 have been formed in equivalent depositional environments, if they have signatures of  
294 biological origin, are an excellent tool to indicate relationships with the environment in which

295 they are found, thus providing a methodological basis for applications in paleoenvironmental  
296 and paleoecological reconstruction processes.

297

## 298 ACKNOWLEDGEMENTS

299

300 The authors are grateful for financial support provided by CNPq (process # 140927/2008-  
301 42), CAPES (process # 88882.345533/2019-01), Propesq/UFRGS and Instituto de  
302 Biociências/UFRGS. Earlier versions of this manuscript were improved by thoughtful  
303 comments of Maria Alejandra Gómez Pivel, Renata Alvarenga Kuchle, Matias do  
304 Nascimento Ritter and Sabrina Coelho Rodrigues, Laboratory assistance was provided by  
305 Lucas Scholl. This is part of first author MSc. dissertation.

306

## 307 REFERENCES

308

309 ABBOTT, R.T., 1974, American Seashells; The Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific  
310 Coasts of North America, 2 Ed, New York, NY, Van Nostrand Reinhold, p. 663.

311

312 AKAPAN, E.B. and FARROW, G.E., 1985, Shell bioerosion in high-latitude low-energy  
313 environments: Firths of Clyde and Lorne, Marine Geology, v. 67, p. 139–150.

314

315 ARCHUBY, F.M and GORDILLO, S., 2018, Drilling predation traces on recent limpets from  
316 northern Patagonia, Argentina, Palaeontologia Electronica, v. 21(3), p. 1–23.

317



- 318 BARCLAY, K.M., SCHNEIDER, L.C. and LEIGHTON, L. R., 2013, Palaeoecology of Devonian  
319 sclerobionts and their brachiopod hosts from the Western Canadian Sedimentary Basin,  
320 Elsevier, v. 383-384, p. 79–91.
- 321
- 322 BEHRENSMEYER, A.K., KIDWELL, S.M. and GASTALDO, R.A., 2000, Taphonomy and  
323 paleobiology, *in* Erwin, D.H., and Wing, S.L. (eds.), Deep time: Paleobiology's perspective:  
324 Paleobiology Supplement 4, v. 26, p, 103–147.
- 325
- 326 BEHRENSMEYER, A.K., FÜRSICH, F.T., GASTALDO, R.A., KIDWELL, S.M., KOSNIK, M.A.,  
327 KOWALEWSKI, M., PLOTNICK, R.E., ROGERS, R.R. and ALROY, J., 2005, Are the most durable  
328 shelly taxa also the most common in the marine fossil record?, *Paleobiology*, v. 31, p. 607–623.
- 329
- 330 BELAÚSTEGUI, Z., MUÑIZ, F., NEBELSICK, J., DOMÈNECH, R. and MARTINELL, J., 2017,  
331 Echinoderm ichnology: Bioturbation, bioerosion and related processes, *Journal of*  
332 *Paleontology*, v. 91(4), p. 643–661. doi:10.1017/jpa.2016.146.
- 333
- 334 BEST, M.M.R., KU, T.C.W., KIDWELL, S.M. and WALTER, L.M., 2007, Carbonate preservation  
335 in shallow marine environments: unexpected role of tropical siliciclastics, *The Journal of*  
336 *Geology*, v. 115, p. 437–456.
- 337
- 338 BRETT, C.E., 1995, Sequence stratigraphy, biostratigraphy and taphonomy in shallow marine  
339 environments, *PALAIOS*, v. 10, p. 597–616.
- 340
- 341 BISBAL, G., 1995, The Southeast South American shelf large marine ecosystem - Evolution and  
342 Components, *Marine Policy*, v. 19(1), p. 21–38.

343

344 BROMLEY, R.G., 1992, Bioerosion: Eating rocks for fun and profit, *In* Trace fossils, Short  
345 Courses, *In* Paleontology, 5. Maples, C.G., and West, R.R. (eds.), Paleontological Society:  
346 Knoxville, Tennessee, p. 121–129.

347 BROMLEY, R.G., 1994, The palaeoecology of bioerosion, *in* Donovan, S.K. (ed.), The  
348 palaeobiology of trace fossils: Wiley, London, p. 134–154.

349

350 BROMLEY, R.G., 1996, Trace Fossils: biology, taphonomy and applications (2nd ed) Chapman  
351 and Hall, London, p. 361.

352

353 CAI, W.J., CHEN, F., POWELL, E.N., WALKER, S.E., PARSONS-HUBBARD, K.M., STAFF, G.M.,  
354 WANG, Y., ASTON-ALCOX, K.A., CALLENDER, W.R. and BRETT, C.E., 2006, Preferential  
355 dissolution of carbonate shells driven by petroleum seep activity in the Gulf of Mexico, *Earth*  
356 *Planet Sci Lett*, v. 248, p. 227–243.

357

358 CORRÊA, I.C.S., 1996, Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: I'  
359 exemple de la plateforme continentale du Rio Grande do Sul, *Marine Geology*, v. 130, p. 163–  
360 178.

361

362 CORRÊA, I.C.S., MEDEANIC, S, WESCHENFELDER, J., NUNES, J.C. and BAITELLI, R., 2014, The  
363 palaeodrainage of the La Plata River in Southern Brazil continental shelf, *Rev Bras Geofis*, v.  
364 32, p. 259–271.

365

366 CUTLER, A.H., 1994, Taphonomic implications of shell surface textures in Bahia la Choya,  
367 northern Gulf of California, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 114, p.  
368 219–240.

369

370 CUTLER, A.H. and FLESSA, K.W., 1995, Bioerosion, dissolution and precipitation as  
371 taphonomic agents at high and low latitudes, *Senckenbergiana Maritima*, v. 25, p. 115–121.

372 DAVIES, D.J., POWELL, E.N. and STANTON, R.J.Jr., 1989, Relative rates of shell dissolution and  
373 net sediment accumulation a commentary: can shell beds form by the gradual accumulation of  
374 biogenic debris on the sea floor?, *Lethaia*, v. 22, p. 207–212.

375

376 DILLENBURG, S.R. and BARBOZA, E.G., 2014, The strike fed sandy coast of Southern Brazil, *in*  
377 Martini, I.P. and Wanless, H.R. (eds.), *Sedimentary coastal zones from high to low latitudes:*  
378 *similarities and differences: Geological Society, London, Special Publications*, v. 388, p. 333–  
379 352.

380

381 EL-HEDENY, M., 2007, Encrustation and bioerosion on Middle Miocene bivalve shells and  
382 echinoid skeletons: paleoenvironmental implications, *Revue de Paléobiologie, Genève*, v. 26  
383 (2), p. 381–389.

384

385 ERTHAL, F., 2012, Assinaturas tafonômicas em bivalves marinhos recentes na costa do Brasil  
386 e seu significado paleoambiental, *Dissertação (Doutorado em Geociências) Instituto de*  
387 *Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre*, p. 212.

388

389 ERTHAL, F. and RITTER, M.N., 2017, Tafonomia Atualística: conceitos e aplicações, *in*  
390 Horodyski, R.S. and Erthal, F. (eds.), Tafonomia: métodos, processos e aplicações: CRV, p.  
391 29–79.

392

393 ERTHAL, F. and RITTER M.N., 2020, Taphonomy of Recent Bioclastic Deposits from the  
394 Southern Brazil Shelf: Stratigraphic Potential, *in* Martínez, S., Rojas, A. and Cabrera, F. (eds.),  
395 Actualistic Taphonomy in South America: Topics in Geobiology, v. 48, doi.org/10.1007/978-  
396 3-030-20625-3\_1.

397 ERTHAL, F., RITTER, M.N. and KOTZIAN, C.B., 2016, Assinaturas tafonômicas em moluscos  
398 recentes e seu significado paleoambiental, *Terræ Didática*, v. 13(1), p. 4–29.

399

400 FIGUEIREDO, A.G., 1975, Geologia dos depósitos calcários biodetríticos da Plataforma  
401 Continental do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade  
402 Federal do Rio Grande do Sul, M.Sc. Dissertation. p. 72.

403

404 FÜRSICH, F.T. and OSCHMANN, W. 1993, Shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic of  
405 Kachchh, western India, *J Geol Soc*, v. 150, p. 169–185.

406

407 GLAUB, I., GOLUBIC, S., GEKTIDIS, M., RADTKE, G. and VOGEL, K., 2007, Microborings and  
408 Microbial Endoliths: Geological Implications, Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects,  
409 Elsevier B V, p. 368–381.

410

411 GLOVER, C.P. and KIDWELL, S.M., 1993, Influence of organic matrix on the post-mortem  
412 destruction of molluscan shells. *Journal of Geology*, v. 101, p. 729–747.

413

- 414 GOLUBIC, S., FRIEDMANN, I. and SCHNEIDER, J., 1981, The lithobiontic ecological niche, with  
415 special reference to microorganisms, *Sediment Geol*, v. 51, p. 475–478.  
416
- 417 GOLUBIC, S., RADTKE, G., and LE CAMPION-ALSUMARD, T., 2005, Endolithic fungi in marine  
418 ecosystems, *TRENDS in Microbiology*, v. 13 (5), p. 229–235.  
419
- 420 GOLUBIC, S., SCHNEIDER, J. and LE CAMPION-ALSUMARD, T., 2019, Approaching microbial  
421 bioerosion, *Facies*, v. 65, p. 25.
- 422 HARPER, E.M., 2000, Are calcitic layers an effective adaptation against shell dissolution in the  
423 Bivalvia?, *Journal of Zoology*, v. 251, p. 179–186.  
424
- 425 KIDWELL, S.M., 2013, Time-averaging and fidelity of modern death assemblages: building a  
426 taphonomic foundation for conservation paleobiology, *Palaeontology*, v. 56, p. 487–522.  
427
- 428 KIDWELL, S.M., ROTHFUS, T.A. and BEST, M.R., 2001, Sensitivity of Taphonomic Signatures  
429 to Sample Size, Sieve Size, Damage Scoring System, and Target Taxa, *PALAIOS*, v. 16, p.  
430 26–52.  
431
- 432 KOWALEWSKI, M. and HOFFMEISTER, A.P., 2003, Sieves and fossils: effects of mesh size on  
433 paleontological patterns, *PALAIOS*, v. 18, p. 459–468.  
434
- 435 KOWALEWSKI, M. and LABARBERA, M., 2004, Actualistic taphonomy: death, decay, and  
436 disintegration in contemporary settings, *PALAIOS*, v. 19, p. 423–427.  
437

438 KOWSMANN, R.O. and COSTA, M.P.A., 1979, Sedimentação Quaternária da margem  
439 continental Brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRAS, Rio de Janeiro, Projeto  
440 REMAC Series 8.

441  
442 KOWSMANN, R.O., COSTA, M.P.A., VICALVI, M.A., COUTINHO, M.G.M. and GAMBÔA, L.A.P.,  
443 1977, Modelo da sedimentação holocênica na plataforma continental sul brasileira, Série  
444 Projeto REMAC, v. 2, p. 7–26.

445  
446 LESCINSKY, H.D., EDINGER, E. and RISK, M.J., 2002, Mollusc Shell Encrustation and  
447 Bioerosion Rates in a Modern Epeiric Sea: Taphonomy Experiments in the Java Sea, Indonesia,  
448 PALAIOS, v. 17, p. 171–191.

449  
450 LOCKWOOD, R. and WORK, L.A.Q., 2006, Quantifying taphonomic bias in molluscan death  
451 assemblages from the upper Chesapeake Bay: patterns of shell damage, PALAIOS, v. 21, p.  
452 442–450.

453  
454 MAO CHE, L., LE CAMPION-ALSUMARD, T. L., BOURY-ESNAULT, N., PAYRI, C., GOLUBIC, S.  
455 and BÉZAC, C., 1996, Biodegradation of shells of the black pearl oyster, *Pinctada margaritifera*  
456 var. *Cumingii*, by microborers and sponges of French Polynesia, Marine Biology, v. 126, p.  
457 509–519.

458  
459 MAYORAL, E., 1988, *Pennatichnus* nov. icnogen.; *Penaceocladichnus* nov. icnogen. e *Iramena*.  
460 Huellas de bioerosión debidas a bryozoa perforantes (ctenostomata, plioceno inferior) en la  
461 cuenca del Bajo Guadalquivir, Revista Española de Paleontología, v. 3, p. 13–22.

462

- 463 MIKKAELSEN, P.M. and BIELER, R., 2008, Seashells of Southern Florida - Living marine  
464 mollusks of the Florida keys and adjacent regions, 1 Ed, Princeton University Press, New  
465 Jersey, p. 496.
- 466
- 467 MÖLLER, O.O., PIOLA, A. R., FREITAS, A.C. and CAMPOS, E.J.D., 2008, The effects of river  
468 discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America, *Continental Shelf*  
469 *Research*, v. 28, p. 1607–1624.
- 470
- 471 PANTAZIDOU, A., LOUVROU, I. and ECONOMOU-AMILLI, A., 2006, Euendolithic shell boring  
472 cyanobacteria and chlorophytes from the saline lagoon Ahivadolimni on Milos Island, Greece,  
473 *Eur. J. Phycol*, v. 41(2), p. 189–200.
- 474
- 475 PARSONS-HUBBARD, K.M., 2005, Molluscan taphofacies in Recent carbonate reef/lagoon  
476 systems and their application to sub-fossil samples from reef cores, *PALAIOS*, v. 20, p. 175–  
477 191.
- 478
- 479 PARSONS, K.M. and BRETT, C.E., 1991, Taphonomic processes and biases in modern marine  
480 environments: an actualistic perspective on fossil assemblage preservation, *in* Donovan, S.K.,  
481 (ed.), *The Processes of Fossilization*: Columbia University Press, p. 22–65.
- 482
- 483 PERRY, C.T. and MACDONALD, I.A., 2002, Impacts of light penetration on the bathymetry of  
484 reef microboring communities: implications for the development of microendolithic trace  
485 assemblages, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 186, p. 101–113.
- 486

487 PIMPÃO, D.M., 2004., Moluscos bivalves da Plataforma Externa e Talude Superior ao largo de  
488 Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil, Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) UFRGS,  
489 Porto Alegre, p. 204.

490

491 RADTKE, G. and GOLUBIC, S., 2005, Microborings in mollusk shells, Bay of Safaga, Egypt:  
492 Morphometry and ichnology, *Facies*, v. 51, p. 118–134.

493

494 RAZIK, S., CHIESSI, C. M., ROMERO, O. E. and DOBENECK, T., 2013, Interaction of the South  
495 American Monsoon System and the Southern Westerly Wind Belt during the last 14 kyr,  
496 *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 374, p. 28–40. doi:  
497 10.1016/j.palaeo.2012.12.022.

498

499 RITTER, M.N., 2018, Padrões espaço-temporais do registro fóssil com base em acumulações de  
500 moluscos da plataforma continental do sul do Brasil, Tese (Doutorado em Geociências) Instituto  
501 de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 193.

502

503 RITTER, M.N. and ERTHAL, F., 2015, Time-averaging e suas implicações para o registro fóssil  
504 marinho, *Terrae Didática*, v. 12(2), p. 81–103.

505

506 RITTER, M.N., ERTHAL, F., and COIMBRA, J.C., 2019, Depth as an overarching environmental  
507 variable modulating preservation potential and temporal resolution of shelly taphofacies,  
508 *Lethaia*, v. 52, p. 44–56.

509

510 RODRIGUES, S.C., 2006, Tafonomia de Moluscos Bivalves e Braquiópodes das Enseadas de  
511 Ubatuba e Picinguaba, Norte do Estado de São Paulo: Implicações do Uso de Assinaturas



512 Tafonômicas no Reconhecimento de Gradientes Ambientais, Tese (Doutorado em  
513 Geociências), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 118.

514

515 RUGGIERO, E.T. and RAIA, P., 2010, Bioerosion structures and their distribution on shells of  
516 the Lower Pleistocene terebratulid brachiopod *Gryphus minor*, *Palaeogeography,*  
517 *Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 293, p. 157–166.

518

519 SANTOS, A. and MAYORAL, E., 2008, Bioerosion versus colonisation on *Bivalvia*: a case study  
520 from the Upper Miocene of Cacela (southeast Portugal), *Geobios*, v. 41, p. 43–59.

521 SOUZA, R.B. and ROBINSON, I.S., 2004, Lagrangian and satellite observations of the Brazilian  
522 Coastal Current, *Continental Shelf Research*, v. 24, p. 241–262.

523

524 SPEYER, S.E. and BRETT, C.E., 1988, Taphofacies models for epeiric sea environments: middle  
525 Paleozoic examples, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 63, p. 225–262.

526

527 SMITH, A.M. and NELSON, C., 2003, Effects of early seafloor processes on the Taphonomy of  
528 temperate shelf skeletal carbonate deposits, *Earth-Science Reviews*, v. 63, p. 1–31.

529

530 TAYLOR, T.N., KRINGS, M. and TAYLOR, E.L., 2015, *Fossil Fungi*, 1 Ed. London, San Diego,  
531 Waltham and Oxford. Elsevier.

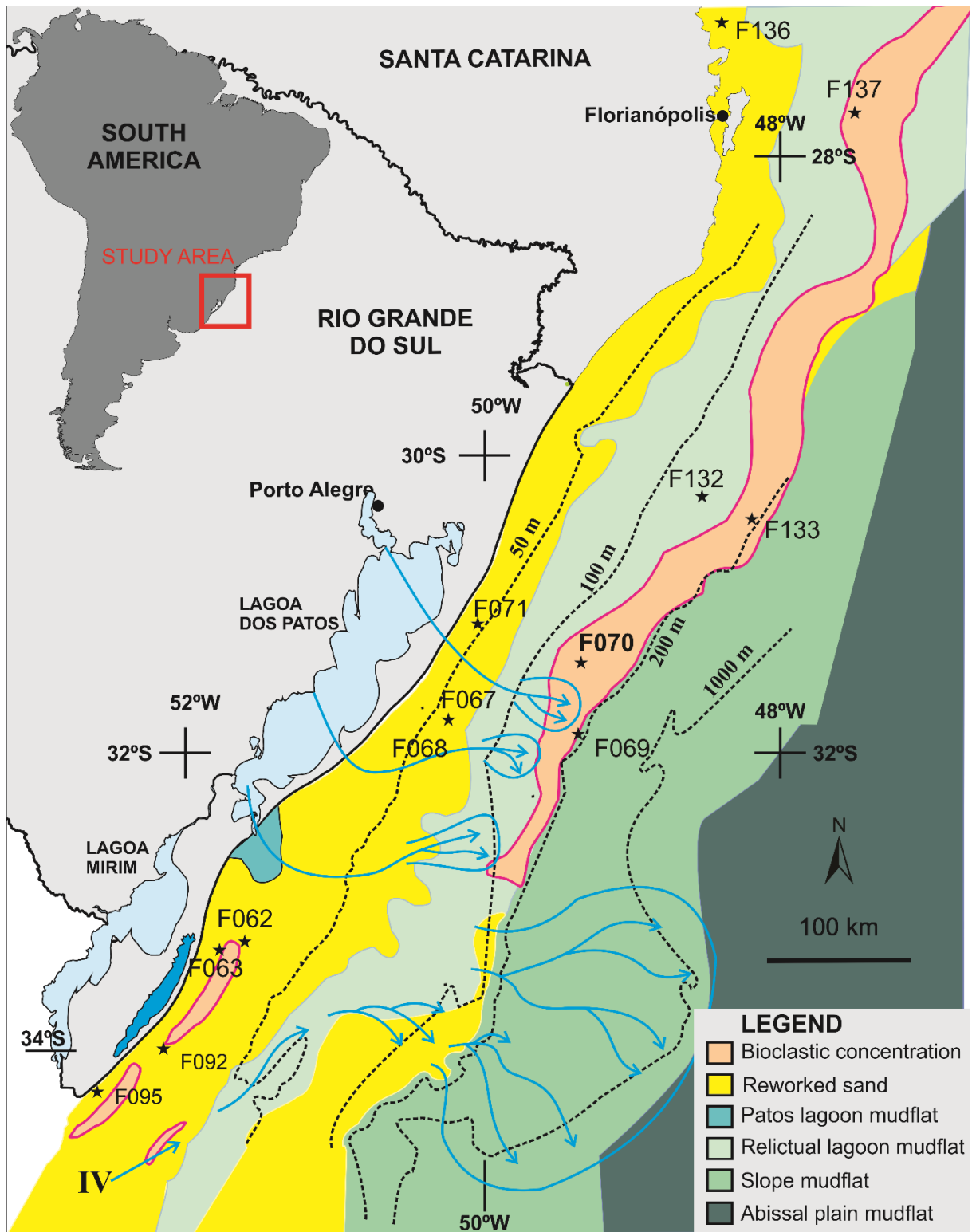
532

533 TAYLOR, P.D. and WILSON, M.A., 2003, Palaeoecology and evolution of marine hard substrate  
534 communities, *Earth-Science Reviews*, v. 62, p. 1–103.

535

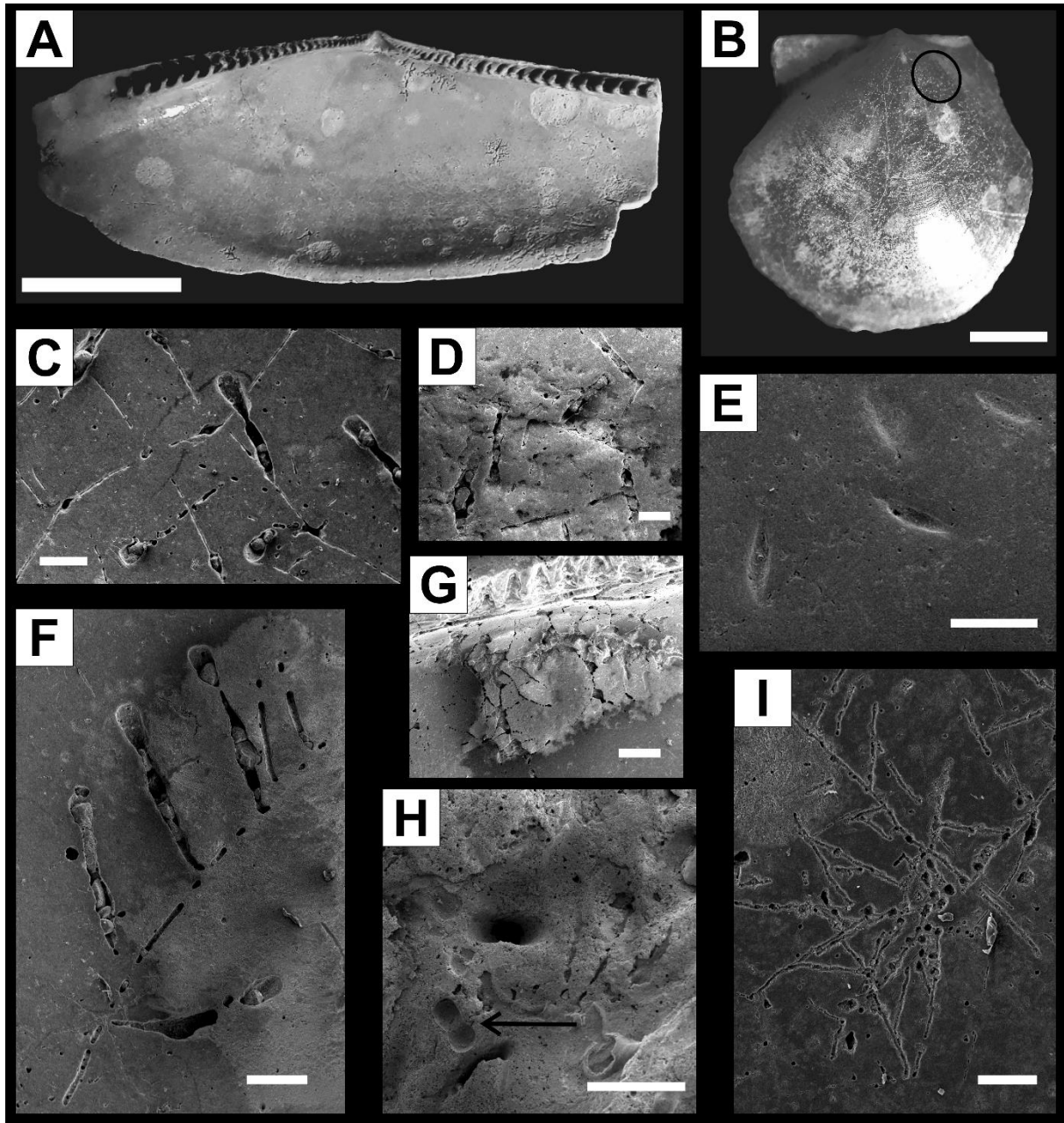
- 536 TOMASOVYCH, A., and ZUSCHIN, M., 2009, Variation in brachiopod preservation along a  
537 carbonate shelf-basin transect (Red Sea and Gulf of Aden): Environmental sensitivity of  
538 taphofacies, *PALAIOS*, v. 24(10), p. 697–716.
- 539
- 540 TOMAZELLI, L.J. and VILLWOCK, J.A., 2000, O Cenozoico no Rio Grande do Sul: Geologia da  
541 Planície Costeira, in Holz, M., De Ros, L.F. (eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul:*  
542 *CIGO/UFRGS*, p. 375–406.
- 543
- 544 VEIGA, F.A., ANGULO, R.J., MARONE, E. and BRANDINI, F.P., 2004, Características  
545 sedimentológicas da plataforma continental interna rasa na porção central do litoral Paranaense,  
546 *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 55, p. 67–75.
- 547
- 548 VICALVI, M.A., 1977, Sedimentos quaternários da plataforma continental e talude do sul do  
549 Brasil: estratigrafia e curvas paleoclimáticas, PETROBRAS, Rio de Janeiro, Série Projeto  
550 REMAC, v. 2, p. 27–76.
- 551
- 552 VILLWOCK, J.A. and TOMAZELLI, L.J., 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul, *Notas*  
553 *Técnicas*, v. 8, p. 1–45.
- 554
- 555 VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J., LOSS, E.L., DEHNHARDT, E.A., HORN FILHO, N.O., BACHI,  
556 F.A. and DEHNHARDT, B.A., 1986, Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province, *Quat*  
557 *South Am Antarct Pen*, v. 4, p. 79–97.
- 558
- 559 VOGEL, K., and BRETT, C.E., 2009, Record of microendoliths in different facies of the Upper  
560 Ordovician in the Cincinnati Arch region USA: The early history of light-related

- 561 microendolithic zonation, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 281(1-2), p.  
562 1–24.
- 563
- 564 WESCHENFELDER, J., BAITELLI, R., CORRÊA, I.C.S., BORTOLIN, E.C. and SANTOS, C.B., 2014,  
565 Quaternary incised valleys in Southern Brazil coastal zone, *J South Am Earth Sci*, v. 55, p. 83–  
566 93.
- 567
- 568 WISSHAK, M., TRIBOLLET, A., GOLUBIC, S., JAKOBSEN, J., and FREIWALD, A., 2011, Temperate  
569 bioerosion: ichnodiversity and biodiversity from intertidal to bathyal depths (Azores),  
570 *Geobiology*, v. 9(6), p. 492–520.
- 571
- 572 WISSHAK, M., KNAUST, D. and BERTLING, M., 2019, Bioerosion ichnotaxa: review and  
573 annotated list, *Facies*, v. 65, p 24.
- 574
- 575 WISSHAK, M., GEKTIDIS, M., FREIWALD, A. and LUNDÄLV, T., 2005, Bioerosion along a  
576 bathymetric gradient in cold-temperate setting (Kosterfjord, SW Sweden): an experimental  
577 study, *Facies*, v. 51, p. 93–117.
- 578
- 579 WISSHAK, M. and TAPANILA, L., 2008, *Current Developments in Bioerosion – Erlangen Earth*  
580 *Conference Series*, Springer, Springer, 1 Ed, p. 499.



581  
 582 **Figure 1**— Location of the study area and sampling sites, with indication of main  
 583 geomorphological and sedimentary features. Blue arrows indicate possible paelodrainages  
 584 (map modified from Figueiredo 1975; Vicalvi 1977; Kowsmann and Costa 1979; Kowsmann

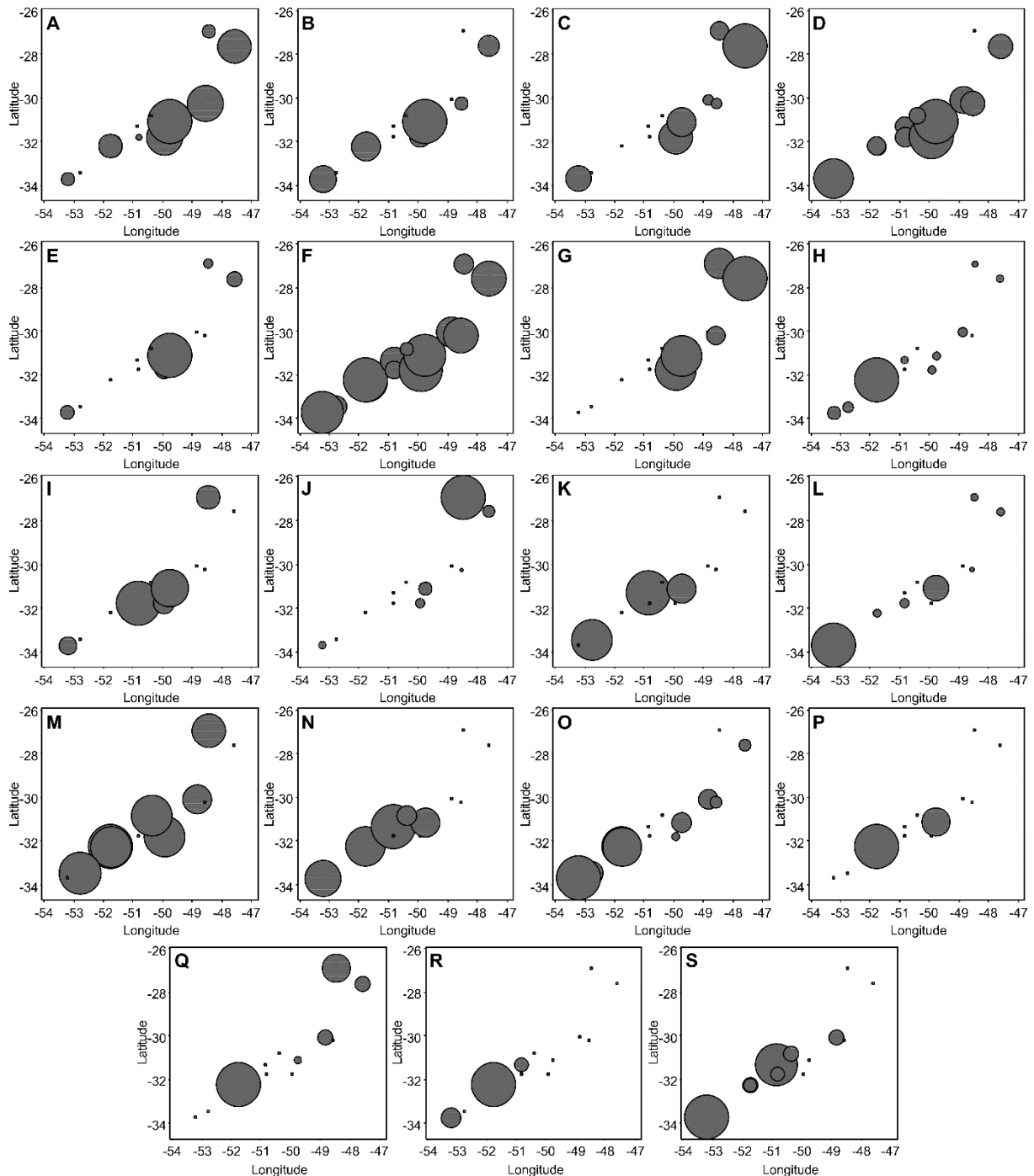
585 et al. 1977; Villwock and Tomazelli 1995; Corrêa 1996; Tomazelli and Vilwock 2000; Corrêa  
 586 et al. 2014; Dillenburg and Barboza 2014; Weschenfelder et al. 2014)  
 587



588

589 **Figure 2**— Bioerosion traces (microendolytic traces) present on the continental shelf of Rio  
 590 Grande do Sul. A) *Ropalía* isp. (scale = 4mm) B) *Phytophora* isp. (scale = 1mm) C)  
 591 *Pinaceocladichnus onubensis* and *Pennatichnus moguerenica* (scale = 200 micrometers) D)  
 592 Indeterminate bryozoan (scale = 200 micrometers) E) *Iramena* isp. (scale=500 micrometers)

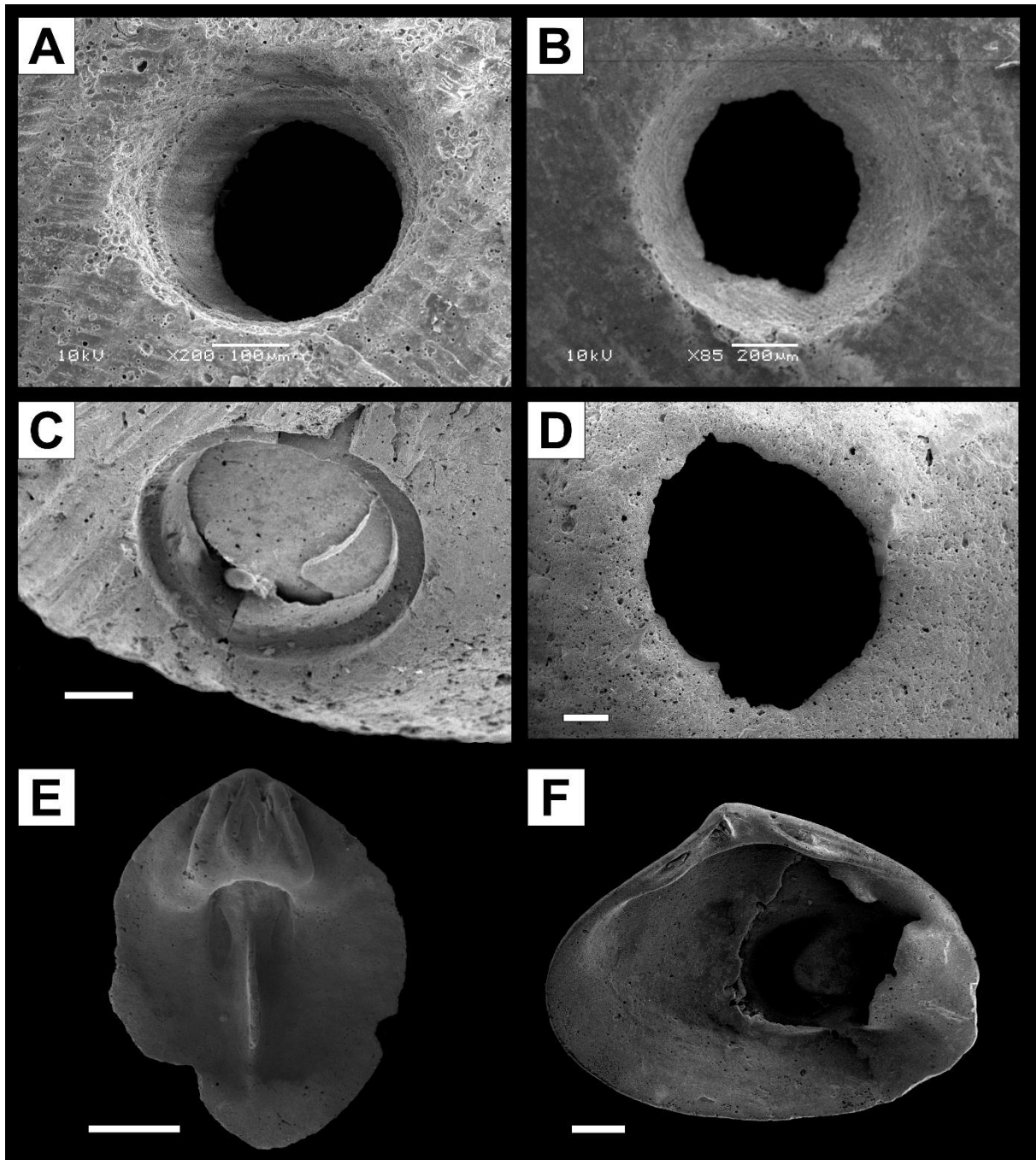
593 F) *Pennatichnus moguerenica* (scale=200 micrometers) G) *Phormidium* isp. (scale = 200  
594 micrometers) H) *Gastrochaenolites* isp. (scale = 1mm) I) *Phormidium* isp. (scale = 50  
595 micrometers)  
596  
597  
598



599

600 **Figure 3**— Relative proportion of selected damages. A) *Phytophthora* isp. 1. B) *Rhopalia* isp.x.601 C) *Sarcomorpha* isp.. D) *Phytophthora* isp. 2. E) *O. lineares*. F) *Phormidium* isp. G) *O.*602 *fusiferum* H) *Entobia* isp. I) *Fascichnus*isp. J) *Scolesia filosa* K) *Raduchinus* isp. L)603 *?Pyrodendrina* isp. M) Worm indeterminate N) *Pennatichuns* isp. 1 O) *Pinnaceocladichnus*

604 isp. P) *Pennaticchuns* isp. 2 Q) *Pennaticchuns luceni*. R) *Iramena* isp. S) Bryozoan  
 605 indeterminate.



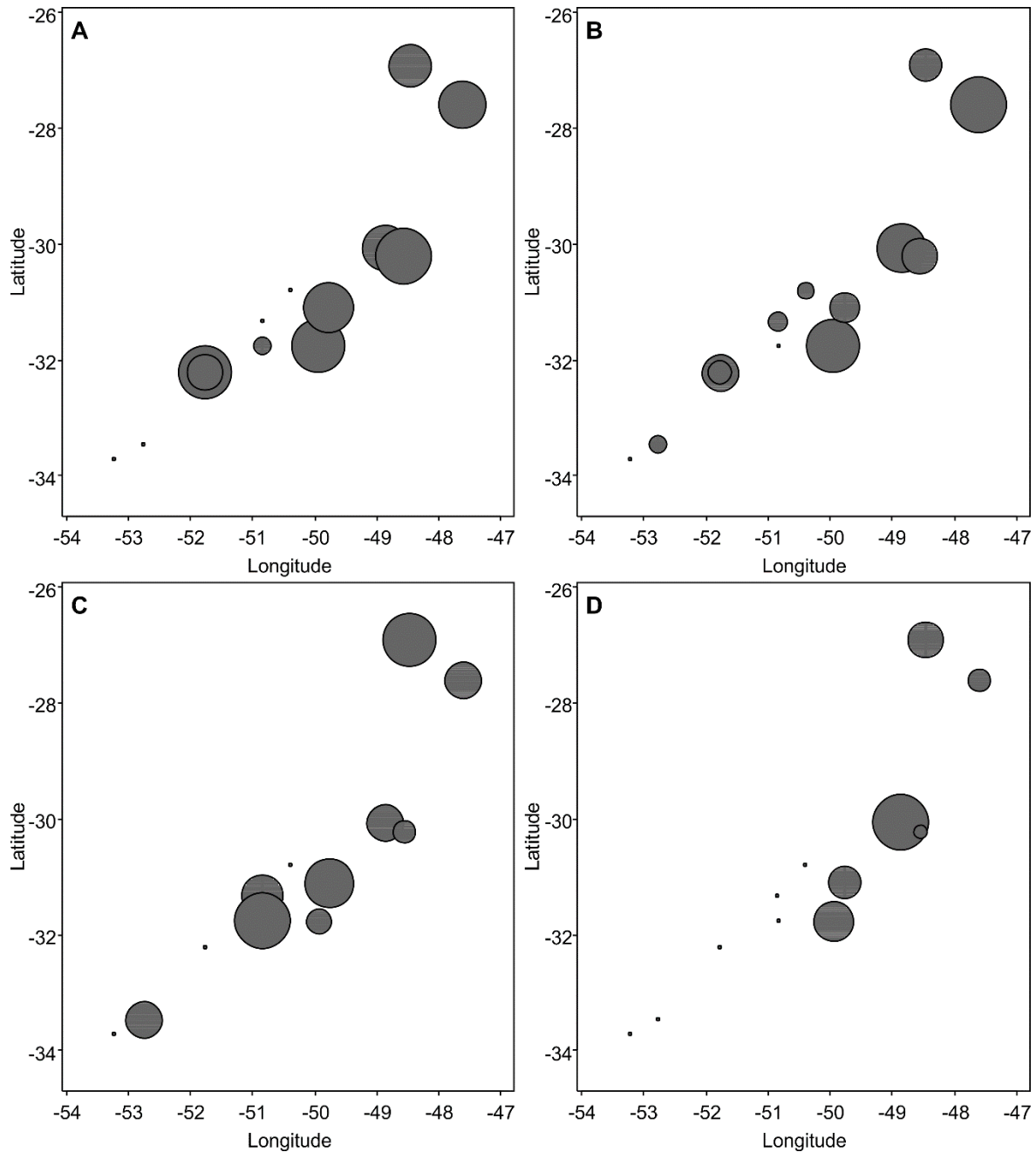
606

607 **Figure 4**—Traces of predation and parasitism present on the continental shelf of Rio Grande  
 608 do Sul. A) *Oichuns simplex* (scale = 100 micrometers) B) *Oichuns paraboloids* (scale = 200  
 609 micrometers) C) incomplete predation (scale = 200 micrometers) D) Predation with erosion



610 E) *Bouchardia* sp. (Rhynchonellida brachiopod) (scale = 1mm) F) *Maetra* sp. (bivalve) with  
 611 parasitism mark (scale = 500 micrometers).

612

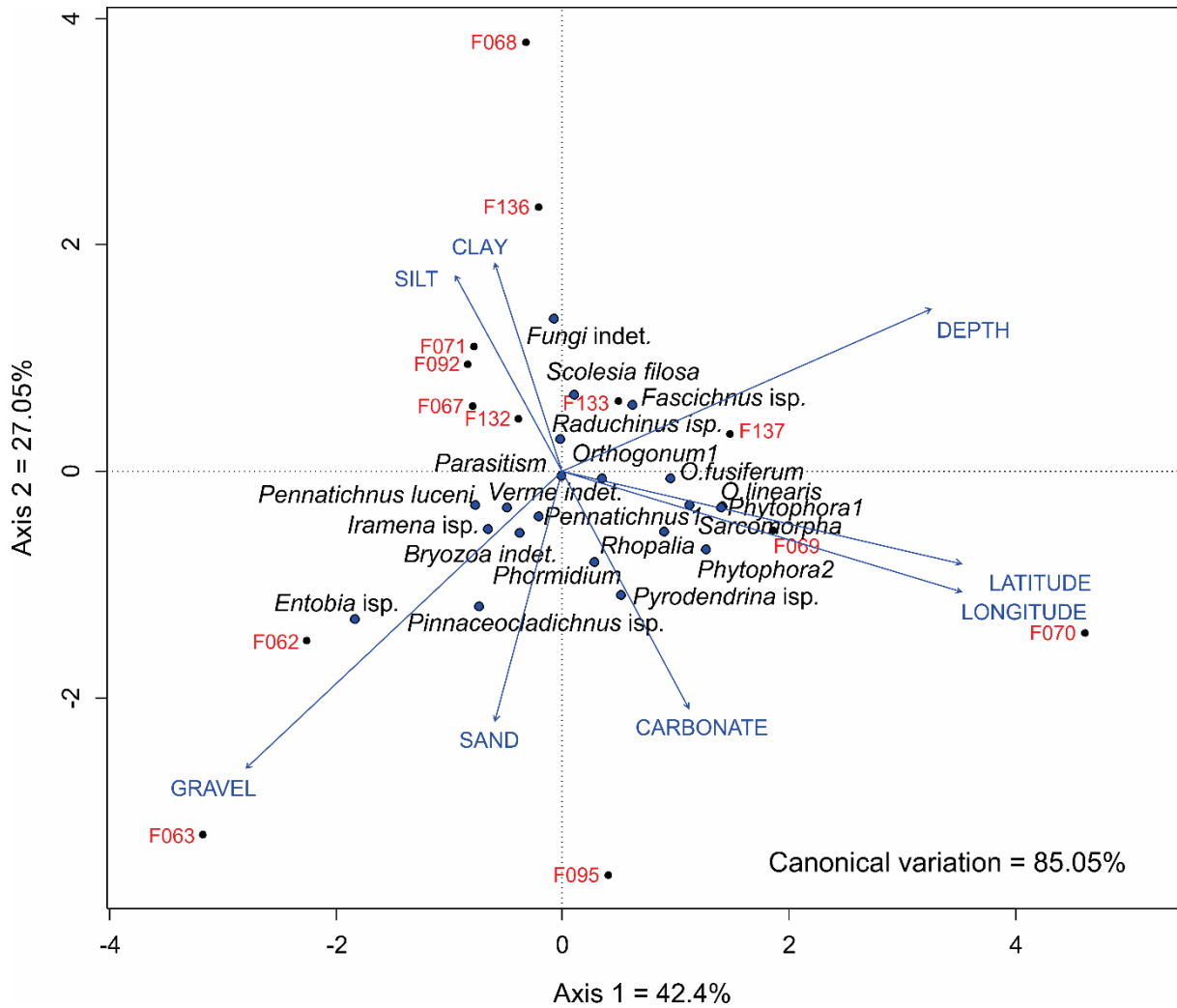


613

614 **Figure 5**—Relative proportion of predation in samples from other SBS. A) *Oichnus simplex*

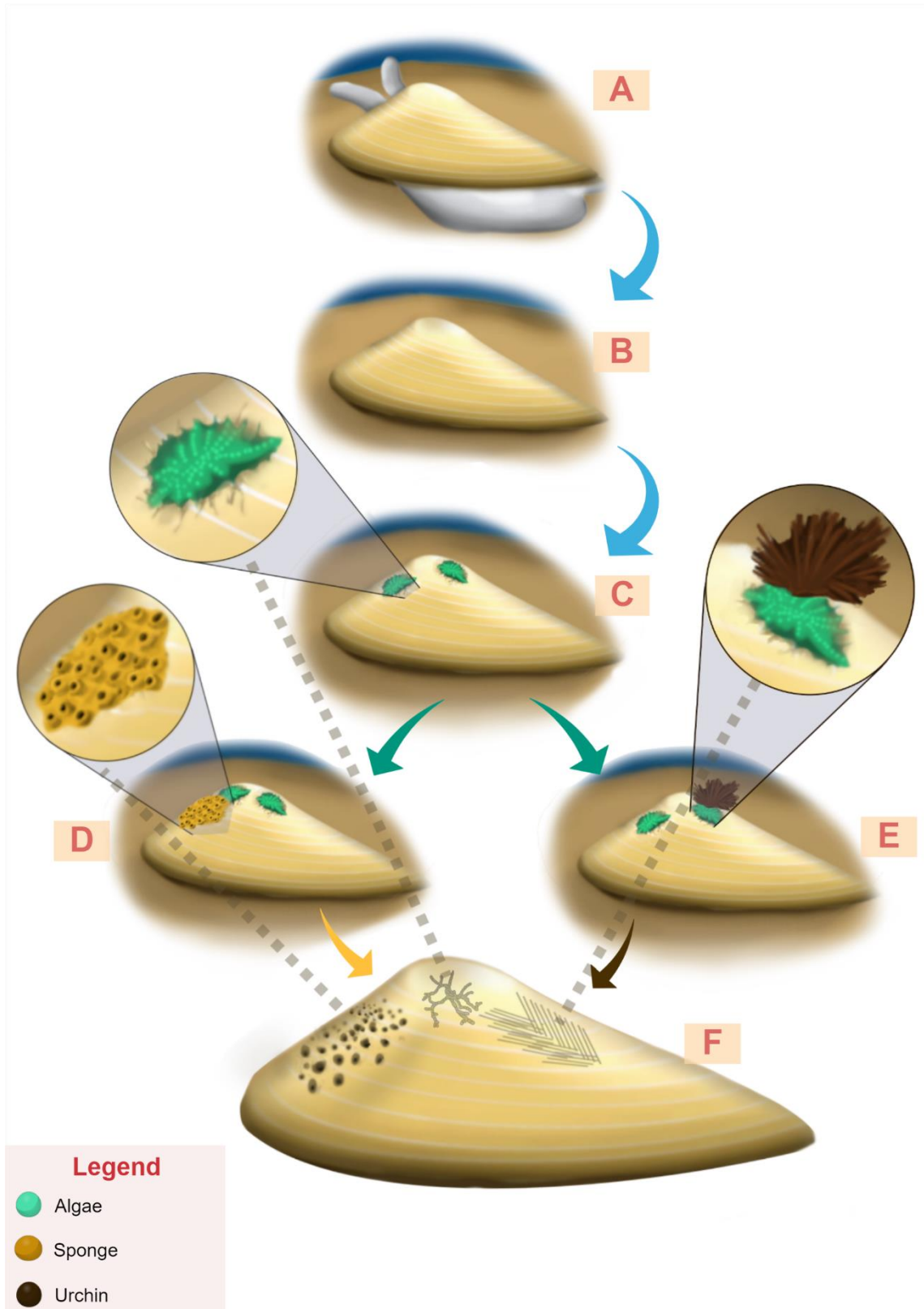
615 B) *Oichnus paraboloides* C) Incomplete predation D) Predation with erosion.

616



617

618 **Figure 6**— Canonical Proximity Analysis, excluding damage of biogenic origin with very  
 619 low frequencies. Axis 1 is significant using forward test for axes based on ANOVA model in  
 620 R (function `anova.cca`;  $F = 8.0502$ ,  $p < 0.05$ ).



621

622 **Figure 7**— Bio-time-averaging and icno-time-averaging. Several bioerosion signatures where

623 some successor traits can in fact obliterate the registration of previous traits and/or

624 accumulate at different times: A) An example of live bivalve mollusk still without any mark;  
 625 B) Bivalve molluscs already dead; C) Invasion by perforating microbes or algae; D) Invasion  
 626 by clionide sponges in the marks left by algae or cyanobacteria; E) Echinoid scrapings that  
 627 feed on algae that remain on the surface of hard substrates; F) Shell with marks of an  
 628 ecological succession arising from an overlap of different ichnospecies.

629  
 630  
 631  
 632  
 633 **Table 1**— Sample name, depth (meters), particle size (%), CaCO<sub>3</sub> (%), and temperature (°C)  
 634 and salinity (ppm).

LOCATION	DEPTH	PARTICLE SIZE	CaCO <sub>3</sub>	TEMPERATURE	SALINITY
F095	12	88 sand and 12 gravel	57	17,9092	30,8072
F092	19	51 sand and 49 gravel	0	17,7812	30,6574
F136	20	80 sand; 7 silt; 8 clay and 5 gravel	0	-	-
F067	24	61 sand; 25 silt; 6 clay and 8 gravel	0	18,9068	33,2119
F062	25	-	-	-	-
F063	25	-	-	-	-
F071	25	47 sand; 26 silt; 26 clay and 1 gravel	0	19,799	33,9122

F068	60	87 sand; 10 silt and 3 clay	0	18,9068	1
F137	130	61 sand; 8 silt; 11 clay and 20 gravel	0	-	-
F070	135	· sand and 26 gravel	0	18,869	33,1729
F132	150	48 sand; 28 silt; 15 clay and 9 gravel	53	19,892	35,4446
F069	186	-	-	-	-
F133	200	72 sand; 13 silt; 10 clay and 5 gravel	64	19,5756	35,4807

635  
636

637 **Table 2**—Some of the procedures performed and their steps

Stage	Procedures performed
A	The taxonomic classification of biological remains, when possible, had been classified up to genus, when it came to bivalves, for brachiopods this type of classification was not made. In this item, in particular, as a query, the bibliographical reference by <b>Pimpão</b> (2004) was used;

- B Revised with **Abbott** (1974) and **Mikkaelsen and Bieler** (2008);
- C Check if there are any types of predation marks;
- D Find out the color in which the bioclast could be found - natural, oxidized, reduced or white;
- E Degree of shell fragmentation - greater or less than 20%;
- F Types of bioerosion traces and their quantification on both sides of the bioclast;

638

639

640 **Table 3**— Name of the ichnofossil, its possible causative agent, occurrences and the references  
641 used for identification.

ICHNOFOSSILS	POSSIBLE CAUSING AGENT	OCCURRENCES	REFERENCES
<i>Phytophora</i> isp.1	Fungi	F62, 63, 68, 69, 70, 95, 132, 133, 136 e 137	Wisshak et al., 2005 and Taylor et al., 2015.
<i>Rhopalia</i> isp.	Cyanobacteria	F63, 69, 70, 95, 133 e 137	Radtke and Golubic, 2005.
<i>Eurygonum pennaforme</i>	Chlorophyte	F69 e F70	Wisshak et al., 2005.
<i>Sarcomorpha</i> isp.	Fungi	F69, 70, 95, 132, 133, 136 e 137	Wisshak et al., 2011 and Taylor et al., 2015.
<i>Phytophora</i> isp.2	Fungi	F62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 95, 132, 133 e 137	Wisshak et al., 2005 and Taylor et al., 2015.

<i>Orthogonum lineare</i>	Indeterminate heterotrophe	F69, 70, 95, 136 e 137	Wisshak et al., 2005.
<i>Orthogonum</i> isp.	Fungi	F70	Wisshak et al., 2005 and Taylor et al., 2015.
<i>Phormidium</i> isp.	Cyanobacteria	Todas	Wisshak and Tapanila, 2008.
<i>Orthogonum fusiferum</i>	Fungi	F69, 70, 133, 136 e 137	Vogel and Breh, 2009.
<i>Entobia</i> isp.	Poriferous	F62, 63, 67, 69, 70, 92, 95, 132, 133, 136 e 137	Wisshak and Tapanila, 2008.
<i>Fascichnus</i> isp.	Cyanobacteria	F67, 68, 69, 70, 95 e 136	Radtke and Golubic, 2005.
<i>Scolesia filosa</i>	Cyanobacteria	F69, 70, 95, 133, 136 e 137	Radtke and Golubic, 2005.
<i>Gnathichnus pentax</i>	Echinoderm	F70	Wisshak et al., 2011.
<i>Radulichnus</i> isp.	Gastropoda	F67, 70 e 92	Wisshak et al., 2011.
<i>Caulostrepsis</i> isp.	Polychaete	F63 e 70	Wisshak et al., 2011.
<i>Pyrodendrina</i> isp.	Undetermined	F63, 68, 70, 95, 133, 136 e 137	Wisshak and Tapanila, 2008.
<i>Caulostrepsis taeniola</i>	Polychaete	F69	Wisshak et al., 2011.
Fungo indeterminado	Fungi	F63, 68, 69, 70 e 133	-
Verme indeterminado	Polychaete	F62, 63, 69, 71, 92, 133 e 136	-
<i>Gnathichnus moguerenica</i>	Bryozoan	F62, 63, 67, 70, 71 e 95	Mayoral, 1988.

<i>naceocladichnus onubensis</i>	Bryozoan	F62, 63, 69, 70, 92, 95, 132, 133 e 137	Mayoral, 1988.
<i>Pennatichnus</i> isp.	Bryozoan	F63 e 70	Mayoral, 1988.
<i>Pennatichnus luceni</i>	Bryozoan	F62, 63, 70, 132, 136 e 137	Mayoral, 1988.
<i>Iramena</i> isp.	Bryozoan	F62, 63, 67 e 95	Mayoral, 1988.
<i>astrochaenolites</i> isp. cf	Bivalvia	F67	Wisshak and Tapanila, 2008.
biozoário indeterminado	Bryozoan	F62, 63, 67, 68, 71, 92, 95 e 132	Mayoral, 1988.
bivalvia indeterminado	Bivalvia	F132	-
<i>Oichunus simplex</i>	Gastropod - Turricidae Rafinesque, 1815	F62, 63, 68, 69, 70, 132, 133, 136 e 137	Archuby and Gordillo, 2018.
<i>Oichunus paraboloides</i>	Gastropod - Naticidae Guilding, 1834	F62, 63, 67, 70, 71, 92, 132, 133, 136 e 137	Ruggiero and Raia, 2010.
Incomplete predation	Gastrópode	F67, 68, 69, 70, 92, 132, 133, 136 e 137	Archuby and Gordillo, 2018.
Predation with erosion	Gastrópode	F69, 70, 132, 133, 136 e 137	-
Parasitism	Trematode	F68	-



## PARTE III

## ANEXO I – Resumos publicados durante o período do curso de mestrado

ISSN 1807-2550

*Paleontologia  
em Destaque*

Edição especial • Outubro de 2019

**XXVI**  
Congresso Brasileiro  
de **Paleontologia**

O LEGADO DO TEMPO E AS LIÇÕES DOS FÓSSEIS

**21 a 25**  
outubro  
**2019**

UBERLÂNDIA - MG

*Editores*  
Hermínio Ismael de Araújo Júnior  
Douglas Riff  
Ana Clara Santos Riff  
Rafael Costa da Silva

*Boletim de Resumos*

## PREDICTABILIDADE DE TRAÇOS DE BIOEROSÃO EM AMBIENTES SEDIMENTARES MARINHOS SUBTROPICAIS

### PREDICTABILITY OF BIOEROSION TRACES IN SUBTROPICAL MARINE SEDIMENTARY ENVIRONMENTS

FILIFE BRASIL MEDEIROS SILVA<sup>1</sup>; FERNANDO ERTHAL<sup>1</sup> & MATIAS DO  
NASCIMENTO RITTER<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Programa de Pós-Graduação em Geociências, Campus do Vale - Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre, RS. <sup>2</sup>Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinheiros, Campus Litoral Norte, UFRGS. Av. Tramandaí, 976 - Imbé, RS.  
*filipebrasil2014@hotmail.com, fernando.ertal@ufrgs.br, matias.ritter@ufrgs.br*

A preservação da informação biológica em restos fossilizados depende de variados graus de influência ambiental, que frequentemente destrói o material completamente. Restos biomineralizados estão sujeitos a diferentes tipos de modificação tafonômica, que podem deixar marcas (assinaturas) quantificáveis. A *tafonomia atualística* (interpretação da origem das assinaturas tafonômicas em ambientes atuais) permite detalhar, de forma causativa, o quanto acumulações bioclásticas ainda não soterradas são afetadas por fatores ambientais. Na literatura há um limitado número de estudos sobre danos tafonômicos de origem biogênica em plataformas continentais de regiões subtropicais. Assim, este estudo objetivou quantificar e identificar os traços de bioerosão presentes em moluscos oriundos de depósitos bioclásticos da plataforma continental do sul do Brasil (PSB), para determinar a relação desses traços com alguns fatores ambientais. Foram selecionadas 13 amostras de sedimentos superficiais da PSB em diversas profundidades (12 a 200 metros) entre as latitudes ~28°S e ~34°S, coletadas durante as expedições GEOMAR e REVIZEE, utilizando-se amostradores do tipo Box-corer e do tipo Van-Veen. Os danos foram observados utilizando estereomicroscópio binocular em aumentos de 12x até 50x, considerando: fragmentação, alteração de cor; e tipos de marcas de bioerosão (traços de fungos, cianobactérias, esponjas, briozoários, poliquetos, além de traços com produtores indeterminados). Quando possível, foi realizada a identificação taxonômica dos bioclastos até gênero, utilizando-se literatura especializada. Foram analisados 2800 bioclastos chegando a mais de **30 gêneros de moluscos bivalves**, afora os braquiópodes e os fragmentos sem determinação. Os traços de bioerosão mais frequentes foram, respectivamente: *Phormidium* isp., *Phytophora* isp, *Entobia* isp., *Iramena* isp. e *Scolesia filosa*. O restante dos traços de bioerosão apresentou uma baixa frequência, inferior a 5%. Os traços microendolíticos como *Orthogonum lineare*, *Phytophora* isp. e *Sarcomorpha* isp. aparecem mais relacionados com variação na latitude, os danos *Scolesia filosa* e *Fascichnus* isp. estão relacionados com a profundidade. Outros danos tiveram alta correlação com o tipo de substrato, por exemplo, *Pinnaceocladichnus* isp., *Iramena* isp. e *Entobia* isp. tiveram mais correlação com cascalho e areia. *Phormidium* isp. e foraminíferos indeterminados tiveram uma correlação com áreas mais ricas em carbonato de cálcio. Uma caracterização mais aprofundada desses traços, associada com aspectos ambientais quantitativos é necessária para estabelecer a relação tafonômica atualística com maior rigor.

## TRAÇOS DE PREDACÃO EM MOLUSCOS BIVALVES MARINHOS INDICAM UMA ESTREITA RELAÇÃO COM SEUS HÁBITOS DE VIDA

### PREDATION TRACES ON MARINE BIVALVES MOLLUSKS INDICATE A STRAIGHTFORWARD RELATIONSHIP WITH THEIR LIFE HABITAT

FILIFE BRASIL MEDEIROS SILVA<sup>1</sup>; FERNANDO ERTHAL<sup>1</sup> & MATIAS DO  
NASCIMENTO RITTER<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Programa de Pós-Graduação em Geociências,  
Campus do Vale - Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre, RS. <sup>2</sup>Centro de Estudos  
Costeiros, Limnológicos e Marinhos, Campus Litoral Norte, UFRGS. Av. Tramandaí, 976 -  
Imbé, RS.

*filipebrasil2014@hotmail.com, fernando.ertal@ufrgs.br, matias.ritter@ufrgs.br*

A atividade alimentar de certos organismos pode ser perpetuada em uma rocha, sedimento ou mesmo em outro resto fóssil, sendo muito importante em interpretações paleoambientais e paleoecológicas. Os traços fósseis associados à predação mais comumente preservadas em moluscos bivalves marinhos são *Oichnus simplex* e *O. paraboloides*, causados respectivamente por gastrópodes das famílias Muricidae e Naticidae. Essas famílias predadoras apresentam algumas secreções ácidas oriundas de uma glândula especializada e também possuem uma rádula, capaz de gerar um furo característico para cada família, por onde então é sugada a massa visceral. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é identificar e quantificar os tipos de marcas predatórias presentes em conchas de moluscos bivalves recuperadas de depósitos bioclásticos de ambientes plataformais do sul do Brasil, apontando quais gêneros são mais predados e examinando uma possível relação entre a predação e o hábito de vida das presas. Treze amostras de sedimento superficial de várias profundidades foram coletadas durante as expedições GEOMAR e REVIZEE através de amostradores do tipo Box-corer e tipo Van-Veen, entre as latitudes ~28°S e ~34°S. Para distinguir marcas de predação foi utilizado estereomicroscópio binocular com aumento de 10-50 vezes. Foram examinados 2800 bioclastos pertencentes a mais de 30 gêneros (23 famílias) de bivalves. Destes, 20 gêneros tiveram indivíduos predados, além dos fragmentos indeterminados com predação. Os traços de predação *O. simplex* e *O. paraboloides*, somados, oscilaram em frequências entre 7% - 8%, totalizando 222 conchas predadas. Os gêneros mais predados foram: *Cyclocardia* (36), *Carditamera* (34), *Limopsis* (27) e *Crassinella* (19). É notável que todos os gêneros supracitados são infaunais não-sifonados suspensívoros, com exceção do *Limopsis* que é considerado seminafaunal. Os resultados ilustram uma possível preferência por grupos de bivalves que ficam mais próximos da interface sedimento-água, que foi confirmado por teste Qui-Quadrado,  $p < 0,05$ . Esse dado paleoecológico pode ser utilizado como ferramenta auxiliar para reconstruções paleoambientais do Holoceno e Pleistoceno em ambientes plataformais, visto que essas conchas apresentam tanto uma condensação espacial quanto temporal significativa.

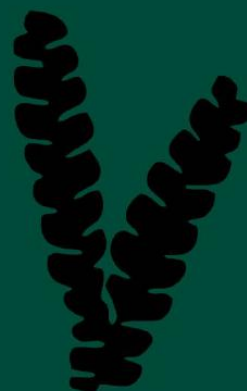
REUNIÃO ANUAL REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA

BOLETIM DE RESUMOS



# PaleoRS

Porto Alegre  
2020



## RELAÇÃO DO AMBIENTE ATUAL COM TRAÇOS DE BIOEROSÃO EM VALVAS DE MOLUSCOS BIVALVES RECENTES DA PLATAFORMA CONTINENTAL SUBTROPICAL DO SUL DO BRASIL

F. SILVA<sup>1</sup>, M.N. RITTER<sup>2</sup> & F. ERTHAL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Geociência, <sup>2</sup> Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinheiros, e <sup>3</sup> Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre, RS.  
*filipebrasil2014@hotmail.com, matias.ritter@ufrgs.br, fernando.ertal@ufrgs.br*

A qualidade da informação biológica em restos fossilizados depende de condições ambientais. Restos biomineralizados estão sujeitos a diferentes tipos de modificações, que deixam marcas quantificáveis. A interpretação destas assinaturas permite detalhar o quanto as acumulações bioclásticas não soterradas são afetadas por fatores ambientais. Estudos sobre danos tafonômicos de origem biogênica em plataformas continentais em regiões subtropicais são escassos. Aqui buscamos quantificar e identificar os traços de bioerosão presentes em moluscos de depósitos superficiais da plataforma continental do sul do Brasil (PSB), determinando a relação desses traços com variáveis ambientais. Foram selecionadas 13 amostras de sedimentos superficiais da PSB em diversas profundidades (12 a 200 metros) entre as latitudes ~28°S e ~34°S, coletadas durante as expedições GEOMAR e REVIZEE, utilizando-se amostradores do tipo Box-corer e do tipo Van-Veen. Os danos foram observados utilizando estereomicroscópio binocular em aumentos de 12x até 50x, considerando: fragmentação, alteração de cor; e tipos de marcas de bioerosão (traços de fungos, cianobactérias, esponjas, briozoários, poliquetos, além de traços com produtores indeterminados). Foram analisados 2800 bioclastos, totalizando mais de 30 gêneros de moluscos bivalves. Os vestígios de bioerosão mais frequentes foram, respectivamente: *Phormidium* isp., *Phytophthora* isp., *Entobia* isp., *Iramena* isp. e *Scolesia filosa*. Os demais traços de bioerosão apresentaram baixa frequência, abaixo de 5%. Os traços microendolíticos como *Orthogonum lineare*, *Phytophthora* isp. e *Sarcomorpha* isp. aparecem mais relacionados com variação na latitude. Outros danos tiveram alta correlação com o tipo de substrato, por exemplo, *Pinnaceocladichnus* isp., *Iramena* isp. e *Entobia* isp. tiveram mais correlação com cascalho e areia. *Phormidium* isp. e foraminíferos indeterminados tiveram uma correlação com áreas mais ricas em carbonato de cálcio. Já os danos *Scolesia filosa* e *Fascichnus* isp. estão relacionados com a profundidade. Porém, para atingir valores significativos, é necessária uma caracterização muito minuciosa dos tipos de bioerodidores, a fim de possibilitar correlações significativas dos traços com o ambiente. E como muitas rochas sedimentares como as coquinas têm origens semelhantes aos ambientes deposicionais aqui estudados, esse tipo de informação é de grande valia para auxiliar em reconstruções paleoambientais. [Órgão do fomento: CAPES]

ABSTRACTS



## TRAÇOS MICROENDOLÍTICOS EM CONCHAS DE BIVALVES DE AMBIENTES MARINHOS SUBTROPICAIS E SEU POTENCIAL EM RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL

**Filipe Brasil Medeiros Silva<sup>1</sup>, Fernando Erthal<sup>1</sup> & Matias do Nascimento Ritter<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Programa de Pós-Graduação em Geociências, Campus do Vale - Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre, RS. <sup>2</sup>Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinheiros, Campus Litoral Norte, UFRGS. Av. Tramandaí, 976 - Imbé, RS.  
*filipebrasil2014@hotmail.com, fernando.erthal@ufrgs.br, matias.ritter@ufrgs.br*

Interpretar as assinaturas tafonômicas em seus ambientes atuais permite detalhar o quanto as acumulações de bioclastos ainda não soterradas são afetadas por fatores ambientais. Até agora há um número limitado de estudos sobre danos tafonômicos de origem biogênica em conchas de plataformas continentais de regiões subtropicais. Neste estudo, o objetivo é identificar e quantificar os traços de bioerosão presentes em conchas oriundos de depósitos bioclásticos da plataforma continental do sul do Brasil (PSB), e verificar a relação desses traços com alguns fatores ambientais. Foram selecionadas 13 amostras de sedimentos superficiais da PSB em diversas profundidades (12 a 200 metros) entre as latitudes ~28°S e ~34°S, coletadas durante as expedições GEOMAR e REVIZEE. Os traços foram visualizados utilizando estereomicroscópio binocular e M.E.V, características analisadas: fragmentação, alteração de cor; e tipos de marcas de bioerosão (traços de fungos, cianobactérias, esponjas, briozoários, poliquetos, além de traços com produtores indeterminados). Em grande parte do material foi realizada, quando possível, a identificação taxonômica dos bioclastos até gênero. Foram analisados 2800 bioclastos chegando a mais de 30 gêneros de moluscos bivalves. Os traços de bioerosão mais frequentes foram, respectivamente: *Phormidium* isp., *Phytophora* isp, *Entobia* isp., *Iramena* isp. e *Scolesia filosa*. O restante dos traços de bioerosão apresentou uma baixa frequência, inferior a 5%. Os traços microendolíticos como *Orthogonum lineare*, *Phytophora* isp. e *Sarcomorpha* isp. aparecem mais relacionados com variação na latitude, os danos *Scolesia filosa* e *Fascichnus* isp. estão relacionados com a profundidade. Outros danos tiveram alta correlação com o tipo de substrato, por exemplo, *Pinnaceocladichnus* isp., *Iramena* isp. e *Entobia* isp. tiveram mais correlação com cascalho e areia. *Phormidium* isp. e foraminíferos indeterminados tiveram uma correlação com áreas mais ricas em carbonato de cálcio. Com a utilização da Análise Canônica de Proximidades e a Correlação de Spearman foi possível relacionar estas assinaturas tafonômicas de origem biológica com algumas características ambientais, tornando possível a utilização desse tipo de informação em interpretações paleoambientais de rochas sedimentares fossilíferas mais antigas, depositadas em condições ambientais (marinhas rasas subtropicais) equivalentes aos atuais

## ANEXO II - Normas para submissão de manuscritos para a revista PALAIOS

### PALAIOS

#### Author Instructions

##### STATEMENT OF PURPOSE

PALAIOS, founded in 1986, is a monthly online journal dedicated to emphasizing the impact of life on Earth's history as recorded in the paleontological and sedimentological records. PALAIOS disseminates information to an international spectrum of geologists and biologists interested in a broad range of topics, including, but not limited to: biogeochemistry, ichnology, paleontology, paleoclimatology, paleoecology, paleoceanography, sedimentology, stratigraphy, geomicrobiology, astrobiology, paleobiogeochemistry, paleobiogeography, macroevolution, and mass extinctions.

PALAIOS publishes papers at the interface of geology and biology that elucidate applications of paleontology for solving diverse geologic problems and for resolving biologic interactions in Earth systems through time. PALAIOS encourages submissions of papers that emphasize using all aspects of paleontology to answer any number of important geologic and biologic questions that further our understanding of Earth history. Accordingly, manuscripts whose subject matter and conclusions have broader geologic and paleontologic implications—rather than narrowly focused discourses—are much more likely to be selected for publication. Given that the purpose of PALAIOS is to generate enthusiasm for paleontology among a broad spectrum of readers, the editors request the following: titles that generate immediate interest; abstracts that emphasize important conclusions; illustrations of professional caliber used in place of words; and lively, yet scholarly, text.

PALAIOS welcomes submissions that have substantial original contributions to research. PALAIOS will reject submissions of papers that have had large parts of their conclusions or data published elsewhere or theoretical contributions without accompanying new data.

PALAIOS reserves the right to reject manuscripts on the basis of prior publication of substantial portions of text, data, or conclusions, including those published in a language other than English or through electronic media, such as websites.

##### PALAIOS GENERAL CONVENTIONS

1. PALAIOS publishes in US English only. Authors whose first language is not English are strongly urged to have a native English speaker review the manuscript prior to submission.
2. Spelling should conform to Webster's Third New International Dictionary (Unabridged).
3. For proper use of stratigraphic nomenclature, refer to the International Commission on Stratigraphy (<http://www.stratigraphy.org>) and the North American Stratigraphic Code, 2005, AAPG Bulletin, v. 89, no. 11, p. 1547–1591 ([http://nemdb.usgs.gov/info/NACSN/05\\_1547.pdf](http://nemdb.usgs.gov/info/NACSN/05_1547.pdf))
4. The metric system and SI units are required.
5. PALAIOS does not publish taxonomic reports or taxonomic descriptions. Any fossil specimen that is described or illustrated in a manuscript intended for publication must be formally accessioned into a permanent, accessible repository, where the specimen will be available for study by the scientific community. Long-term loans from private individuals or private organizations to repositories generally are not sufficient to ensure long-term access to fossils or reproducibility of results.
6. All Research Articles are peer reviewed.



## MANUSCRIPT CATEGORIES

PALAIOS has a varied format that accommodates several types of manuscripts, book reviews, and Comments and Replies.

### THE FOLLOWING MAY BE SUBMITTED ONLINE AS EITHER UNSOLICITED OR SOLICITED MANUSCRIPTS

1. **Research Article:** usually 10–15 published pages (25–45 ms pages, including references and figures), comprehensive research or review papers presenting new data or interpretations of data in areas of interest to the PALAIOS readership.

A former category, Research Note, is now considered a shorter Research Article, usually 3–10 published pages (10–25 ms pages, including references and usually no more than five figures), preliminary reports of significant discoveries, brief research notes on new methods or instrumentation, or short reports on topics of interest to the PALAIOS readership.

#### UPDATE 2020 Review Copy of a Research Article

This is the same as the above but is more relaxed with respect to formatting for the INITIAL submission ONLY. A cover letter and any supplemental files must be uploaded separately but the manuscript, figure, and table files may be uploaded as ONE PDF file for purposes of peer review. The manuscript file in the review copy must conform to journal formats EXCEPT for the references format: for the REVIEW copy only, references may be presented in any style that includes author(s), year, title, volume, page range, and/or DOI to facilitate submission before review.

Please note: All REVISED manuscripts submitted after peer review and the initial decision must conform to the formats below so they can be properly prepared for publication.

### THE FOLLOWING FORMATS ARE TO BE SUBMITTED ONLINE WITH EDITORIAL APPROVAL ONLY. Contact [palaios.editor@gmail.com](mailto:palaios.editor@gmail.com) for permission to use these submission categories.

1. **Spotlight:** usually 2–3 published pages (6–8 ms pages). This is an invited contribution, highlighting an issue that is of interest to the PALAIOS readership. These are published in PALAIOS issues preceding Research Articles for that issue.
2. **Book Review:** usually 1–3 published pages (6–8 ms pages); in-depth reviews of selected books solicited by the editor. These are published online only.
3. **Comment and Reply:** A Comment is a response to a recently published paper; the Reply is a response from the authors of the original article to critiques of their article as outlined in the Comment. Please contact the PALAIOS Editorial office if you wish to submit a Comment on a recent PALAIOS article. Comments must be submitted to the Editors for approval, and the Editors will solicit the Reply if the Comment is approved. These are published in print.

**MANUSCRIPT SUBMISSION PROCEDURE:**

After your manuscript and figures are properly formatted (see below), please submit all text, figures, tables, and supplementary data files electronically via Editorial Manager

<https://www.editorialmanager.com/SEPM-PALAIOS>

**COVER LETTER**

Include a cover letter in which the following points are addressed:

Title of paper

Author(s)' names

The significance of this paper (in a sentence or two only)

Statement of no conflict of interest (i.e., this manuscript is not published elsewhere or in review at another journal; list any related manuscripts in print elsewhere; potential reviewers or which reviewers to exclude and why).

Any other details pertinent to your manuscript (e.g., you have sent low-resolution photos for review, but have higher resolution images for final publication)

If you wish, you may submit a color image, either from your paper or closely related to your paper, via Editorial Manager, for consideration as an online cover image for the PALAIOS issue in which your paper may appear.

Use the list below to prepare your manuscript in PALAIOS style. Please follow all PALAIOS formatting guidelines. Contact the editorial office if you have any questions or for any items not covered below (e-mail: [palaios.editor@gmail.com](mailto:palaios.editor@gmail.com)).

**PALAIOS FORMAT CHECKLIST FOR CORRESPONDING AUTHORS****GENERAL RULES:**

- \_\_\_ Formats for text files: .doc, .rtf, and .txt. PLEASE follow formatting rules below.
- \_\_\_ Formats for figures: .tif, .pdf, and .eps.
- \_\_\_ Font for manuscripts must be in 12-point, Times New Roman.
- \_\_\_ DOUBLE SPACE ALL TEXT, including abstract, references, and figure and table captions.
- \_\_\_ *Italicize* only scientific names and non-English phrases (e.g., *in situ*). Do not use underlining.
- \_\_\_ Do not use bold type, except for abstract and figure and table caption headers (see below).
- \_\_\_ Metric units (SI) must be used throughout the manuscript. Convert English units to metric.
- \_\_\_ Do not quote other authors directly. Please paraphrase and cite the source.
- \_\_\_ The purpose of the paper must be stated early in the introduction.
- \_\_\_ All text should be left justified only, not full.
- \_\_\_ Specimen numbers and repository information for all specimens illustrated or used in the study must be included.

**ORGANIZATION OF MANUSCRIPT:**

- \_\_\_ Use 12-point, Times New Roman font.
- \_\_\_ Title of paper—in ALL CAPITAL LETTERS, CENTERED, BOLD.
- \_\_\_ Complete names of authors—in ALL CAPITAL LETTERS, CENTERED. Use superscript numbers to designate addresses if more than two authors.
- \_\_\_ Affiliation and full postal addresses of authors, separated by semicolons, in *Upper and Lower Case Italics*, centered.
- \_\_\_ Add email of corresponding author only.
- \_\_\_ Suggested running head, maximum of 60 characters, including spaces.  
Format as follows: *RRH: RUNNING HEAD, ITALICS CAPITAL LETTERS*
- \_\_\_ Left running head, author's last name.

Example: *LLH: P. S. SMITH ET AL.* or *F. R. JONES AND E. D. TAYLOR*

\_\_\_\_ Add continuous line numbers to manuscript file to make the reviewers' jobs easier (in Microsoft Word, from the Format menu, choose Document, then Layout, then Line Numbers, then Add Continuous Line Numbers).

#### PALAIOS SAMPLE TITLE PAGE:

LEARNING PALAIOS STYLE FROM THE EDITORIAL STAFF  
STEPHEN T. HASIOTIS,<sup>1</sup> EDITH L. TAYLOR,<sup>2</sup> and JILL M. HARDESTY<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*University of Kansas, Department of Geology, Lawrence, Kansas, 66049, USA*

<sup>2</sup>*University of Kansas, Department of Ecology and Evolutionary Biology, Lawrence, Kansas, 66049, USA*

<sup>3</sup>*University of Kansas, Paleontological Institute, Lawrence, Kansas, 66049, USA*

email: [hasiotis@ku.edu](mailto:hasiotis@ku.edu)

RRH: *NEW PALAIOS STYLE*

LRH: *S. T. HASIOTIS ET AL.*

#### ABSTRACT:

The abstract should be ~200–250 words and state the purpose and significant conclusions of the investigation. It should be suitable for separate publication and adequate for indexing.

\_\_\_\_ Abstract should be all one paragraph.

\_\_\_\_ Use bold for the complete abstract and heading.

\_\_\_\_ Do not use citations in the abstract.

\_\_\_\_ Do not use a page break after the abstract.

#### HEADINGS:

Headings in the text should be used as follows. Do not use bold for headings.

THIS IS A PRIMARY HEADING [Centered, capital letters, NOT bold]

This is a Secondary Heading [Centered, sentence caps, NOT bold]

*This is a Tertiary Heading.*—[Italicized, sentence caps, indented, period, em-dash, and then run into text. Note also that the period following the heading is italicized].

#### LISTS:

\_\_\_\_ Use only numbers for lists—no bullet points.

\_\_\_\_ Items presented as a list within a sentence (i.e., within the text) should be in the following format:

(1) this is the first item; (2) this is the second item, and, if there are commas within the listing, then you must use semicolons to separate list items; and (3) but if commas are not embedded in the listed items, commas may be used between items.

\_\_\_\_ Items presented in lists and numbered should be formatted as follows:

1. The first enumerated point should be indented and described. The second line should be formatted like the paragraphs in the rest of the text.

2. The second enumerated point should be indented and described.

#### ABBREVIATIONS:

\_\_\_\_ Where necessary, e.g., i.e., and et al. may be used within the text, but do not use italics.

\_\_\_\_ Commas follow e.g., and i.e., with no spaces in the abbreviation.

\_\_\_\_ To cite personal communications, unpublished data, or personal observations, spell out and include author initials, last name, and year (B.A. Brown personal communication 2004).

**AUTHOR CITATIONS WITHIN TEXT:**

- \_\_\_\_ Citations must be by the last name(s) of the author(s) and date (Smith 1991). No comma between name and year of publication
- \_\_\_\_ Use a semicolon to separate multiple citations used in the text, unless the same author is cited for multiple works (e.g., Smith 1991; Jones 1993, 1995).
- \_\_\_\_ Citations should be listed in chronological order, not alphabetical order (by year, oldest first).
- \_\_\_\_ Use "et al." for three or more authors in the text (Jones et al. 1993), in plain text, not italics.

Examples of citations within the text: This technique, first used by Smith and Jones (1895), was utilized subsequently in many classic investigations (e.g., Charles and Turner 1945; Chang 1946; Peters 1950, 1955). Additional work in this area (Jones 1999a, 1999b; Pratt and Taylor 2002, 2003) has shown the relevance of these studies.

**REFERENCE FORMATTING AND EXAMPLES:**

NOTE: If you have a specific question about a reference style, please contact the PALAIOS office (palaios.editor@gmail.com).

- \_\_\_\_ Remove any coding or linking within the manuscript that results from the use of such software as Endnote.
- \_\_\_\_ Use SMALL CAPS in reference list for author last names, except for the word 'and.'
- \_\_\_\_ References must be spelled out completely, no abbreviations in article or journal titles.
- \_\_\_\_ Multiple references of the same author(s) must be spelled out fully.
- \_\_\_\_ Do not use spaces between author or editor initials.
- \_\_\_\_ Wherever possible, try to avoid citing unpublished theses, dissertations, or published abstracts.
- \_\_\_\_ If you know an article's DOI, cite it after a comma at the end of the full reference; for example: PALAIOS, v. 21, p. 496–498, doi: 4598uog-45pu02. Online journals that have no page numbers must have the DOI listed.

**Journal article:** Note commas after authors' names and date, and colon after article title. No capital letters in article title except proper names. Use commas after the source and volume number (abbreviate as v.). Use a space after v. and p. Do not use pp.

RICHARDSON, J.G. and BABCOCK, L.E., 2002, Weird things from the Middle Ordovician of North America interpreted as conulariid fragments: *Journal of Paleontology*, v. 76, p. 391–393, doi: 396583J04-Q0244.

**Article in edited volume:** As above, but use comma after article title, followed by *in* (italicized), then editor(s) name(s), first/middle initials, last name, abbreviate ed. or eds., followed by a comma. Capitalize title of volume, follow with colon, publisher, city of publication, and page number(s) of article. Do not use pp.

HESS, H., 1999, Scyphocrinoids from the Silurian–Devonian boundary of Morocco, *in* H. Hess, W.I. Ausich, C.E. Brett, and M.J. Simms (eds.), *Fossil Crinoids*: Cambridge University Press, Cambridge, p. 93–102.

**Book citation:** As above, use colon after book title, include publisher, city of publication, and total number of pages.

SUDD, J.H., 1967, *An Introduction to the Behavior of Ants*: Edward Arnold, London, 200 p.

**Thesis/Dissertation citation:** Author, year, title, cite as unpublished M.S. thesis or Ph.D dissertation,

institute, city, total number of pages.

VAN ALSTINE, J.E., 2002, Field analysis of an exposure surface within the King Hill Shale Member (Upper Pennsylvanian Leocompton Limestone), Midcontinent USA: Unpublished M.S. thesis, Indiana University, Bloomington, 225 p.

**Electronic Journals:** As for journal article, but use size of file if page numbers are unavailable; include article web address (<http://www.sitename.org/journal/article/name.htm>) after size of file. Add date checked after site name (e.g., Checked month year)

GILDNER, R.F., 2003, A Fourier method to describe and compare suture patterns: *Palaeontologia Electronica*, v. 6, number 1, 4.1 MB, [http://palaeo-electronica.org/2003\\_1/suture/issue1\\_03.htm](http://palaeo-electronica.org/2003_1/suture/issue1_03.htm). Checked November 2006.

**On-line data citation, Web page citation:** As above, cite author, year, title of article, site name (e.g., <http://www.sitename.com/dataset.pdf>). Add date checked after site name (e.g., Checked month year)

FAUNMAP, 1994, A database documenting Late Quaternary distributions of mammal species in the United States, updated March 21, 1996, <http://www.museum.state.il.us/research/faunmap/aboutfaunmap.html>. Checked October 2005.

**Software:** Software company name, year of release, name of software program, version, city, state, country.

Microsoft Corporation, 2000, Microsoft Office 2000 [CD-ROM]: Redmond, Washington, USA.

#### FIGURE AND TABLE CITATIONS IN TEXT:

Each figure and table must be referred to in the text, in order of appearance, spelled out in full or, when in parentheses, abbreviated. Cites within a figure are singular (e.g., Fig. 2C, 2F, 2M) and plural for multiple figures (e.g., Figs. 2C, 3D, 5F). Use en-dash to indicate inclusive range.

Example: "Thirty sites were sampled on the western margin of the island (Fig. 1). Table 1 shows the percent fragmentation of crinoids at the sites. The trends illustrated in Figure 2 are manifested in bivariate plots (Fig. 3A, 3B), time-series (Figs. 4–7), and surface trends (Figs. 8A, 9C, Table 2)."

Format for citing figures or tables in other papers: (Smith et al. 2003, fig. 10)

#### TABLES AND TABLE CAPTION FORMAT:

Each table should be uploaded to Editorial Manager as a separate file, not included in the manuscript file.

All tables must be cited in order in the text.

Table captions should be succinct. Any discussion should take place within the text.

Table captions should be part of manuscript file, listed after figure captions, NOT as part of the table itself.

Table caption numbers are formatted in small cap letters, followed by a period and em-dash.

Example: TABLE 1.—Results for ANOVA, Site 1.

Tables that are larger than one page may be placed in the online data repository maintained by SEPM due to size restraints of the journal. See below for more information or contact the editorial office ([palaios.editor@gmail.com](mailto:palaios.editor@gmail.com)).

**FIGURE CAPTION FORMAT:**

- \_\_\_\_\_ Each figure should be uploaded to Editorial Manager as a separate file, not included in the manuscript file.
- \_\_\_\_\_ All figures must be cited in order in the text.
- \_\_\_\_\_ Figure captions should be succinct. Any discussion should take place within the text.
- \_\_\_\_\_ List figure captions immediately following the references.
- \_\_\_\_\_ Figure caption numbers are formatted in small cap letters, followed by an em-dash.  
Example: FIG. 1.—Location of study area.
- \_\_\_\_\_ Phrasing for a compound figure caption must include an introductory sentence and use **BOLD** capital letters for parts within figure captions, a single parenthesis after each designation, and periods between each part. Example: FIG. 1.—Schematic map of the study area. A) Regional map. B) Location of the 30 sample sites. See text for further explanation.
- \_\_\_\_\_ Use equal signs to explain abbreviations or symbols used in figure. For example: Symbols: solid circle = trilobites; open circle = brachiopods.

**FIGURE COMPOSITION:**

The editors of PALAIOS expect exceptionally high quality in all submitted figures. Guidelines must be followed or you will be asked to revise your figures. Figures should be used in place of words wherever possible, but must be essential to the aim of the paper. See below for examples of figures.

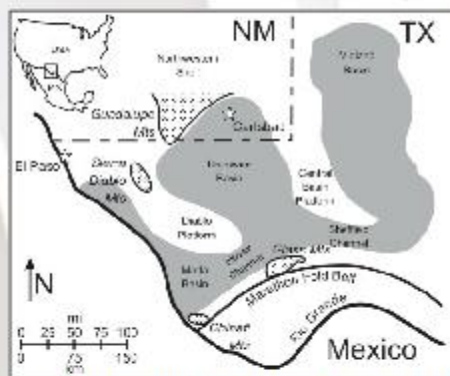
- \_\_\_\_\_ All electronic figures must be saved as either .tif, .pdf, or .eps files and each should be uploaded to Editorial Manager as a separate file.
- \_\_\_\_\_ Gray-scale or color photos must be taken (or scanned) and saved at 450 dpi minimum (600 dpi preferred).
- \_\_\_\_\_ Line drawings (both color and black and white) must be created (or scanned) and saved at 450 dpi minimum (600 dpi preferred).
- \_\_\_\_\_ When a locality map is provided, include an inset map with the continent and country labeled, as well as the locality area marked with a box or highlighting.
- \_\_\_\_\_ All labels on figures should be in sentence caps and black type, no italic or bold unless special formatting has a meaning that is explained in figure explanation, for example, Sandstone and siltstone, Oolitic limestone.
- \_\_\_\_\_ Submit figures at final size, either 1 column [3.4" (8.6 cm)] or 2 column [7" (17.7 cm)], page length 8.5" (24 cm), including caption.
- \_\_\_\_\_ Figures in which more than one part is used should be labeled with capital letters (e.g., A, B, C, etc.) and submitted as one integrated figure, not separately.
- \_\_\_\_\_ Each part should be labeled with a black letter in a white box tucked in the upper left-hand corner, using only the letter, not the number (i.e., do not use Fig. 3A, Fig. 3B as labels on figure; rather, use A and B). See below for examples.
- \_\_\_\_\_ Figures with more than one part should be separated by a white line or space no wider than 2 mm, and all spaces in all figures should be the same width.
- \_\_\_\_\_ Authors are responsible for obtaining permission to reprint previously published illustrations and should submit a copy of this permission with the copyrighted figure to be printed.
- \_\_\_\_\_ Scale bars should be no thicker than 3 point lines.

**USE OF COLOR:**

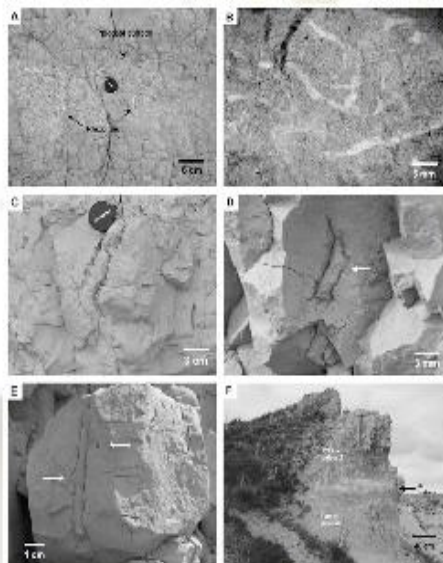
- \_\_\_\_\_ PALAIOS doesn't charge extra for color figures.

**SUPPLEMENTAL DATA OR APPENDICES:**

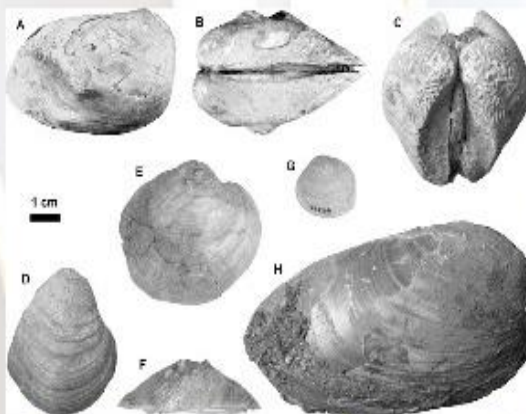
The PALAIOS editorial office maintains a home page with access to electronic data from published PALAIOS articles ([www.sepm.org](http://www.sepm.org)). Authors are encouraged to submit supplementary material to be placed on the website that may not be easily accommodated in print format (owing to space and technological limitations). These supplemental materials could include, but are not limited to: large data tables, color graphics, animation, or interactive tools. Files should be formatted following the same guidelines listed above. Acceptable formats are .doc, .rtf, .pdf, .xls, .mov.

**EXAMPLE FIGURES:**

Olszewski, Thomas D., and Erwin, Douglas H., 2009, Change and stability in Permian brachiopod communities from western Texas: *PALAIOS*, v. 24, p. 27–40.



Hembree, D., and Hasiotis, S.T., 2006, Paleosols and ichnofossils of the White River Formation of Colorado: Insight into soil ecosystems of the North American midcontinent during the Eocene-Oligocene transition: *PALAIOS*, v. 22, p. 123–140, fig. 3.



Scholz, H., and Hartman, J.H., 2006, Paleoenvironmental reconstruction of the Late Cretaceous Hell Creek Formation of the Williston Basin, Montana, USA: Implications from the quantitative analysis of unionoid bivalve taxonomic diversity and morphologic disparity: *PALAIOS*, v. 22, p. 24–34, fig. 5



**ANEXO III - Confirmação de submissão do artigo - BIOEROSION IN RELICTUAL BIOCLASTS FROM SOUTHERN BRAZIL SHELF AS INDICATORS OF DEPTH AND SEDIMENT GRAIN SIZE VARIATION à revista PALAIOS.**

13/08/2021

Outlook

**Submission Confirmation for BIOEROSION IN RELICTUAL BIOCLASTS FROM SOUTHERN BRAZIL SHELF AS INDICATORS OF DEPTH AND SEDIMENT GRAIN SIZE VARIATION**

PALAIOS <em@editorialmanager.com>

Sex, 13/08/2021 00:45

Para: Filipe Brasil Medeiros Silva <brasildestruidor@hotmail.com>

CC: palaios.editor@gmail.com

Dear Mr. Silva,

Your submission entitled "BIOEROSION IN RELICTUAL BIOCLASTS FROM SOUTHERN BRAZIL SHELF AS INDICATORS OF DEPTH AND SEDIMENT GRAIN SIZE VARIATION" has been received by journal PALAIOS

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an author. The URL is <https://www.editorialmanager.com/sepm-palaios/>.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

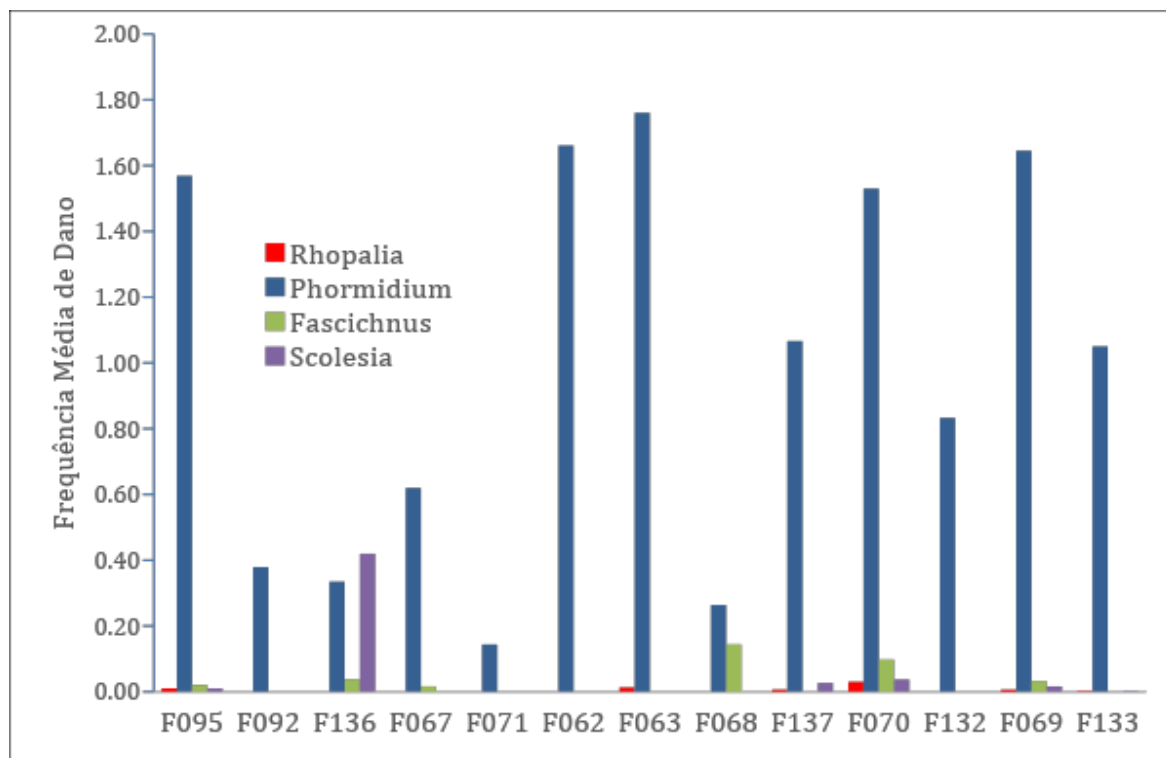
Kind regards,

PALAIOS

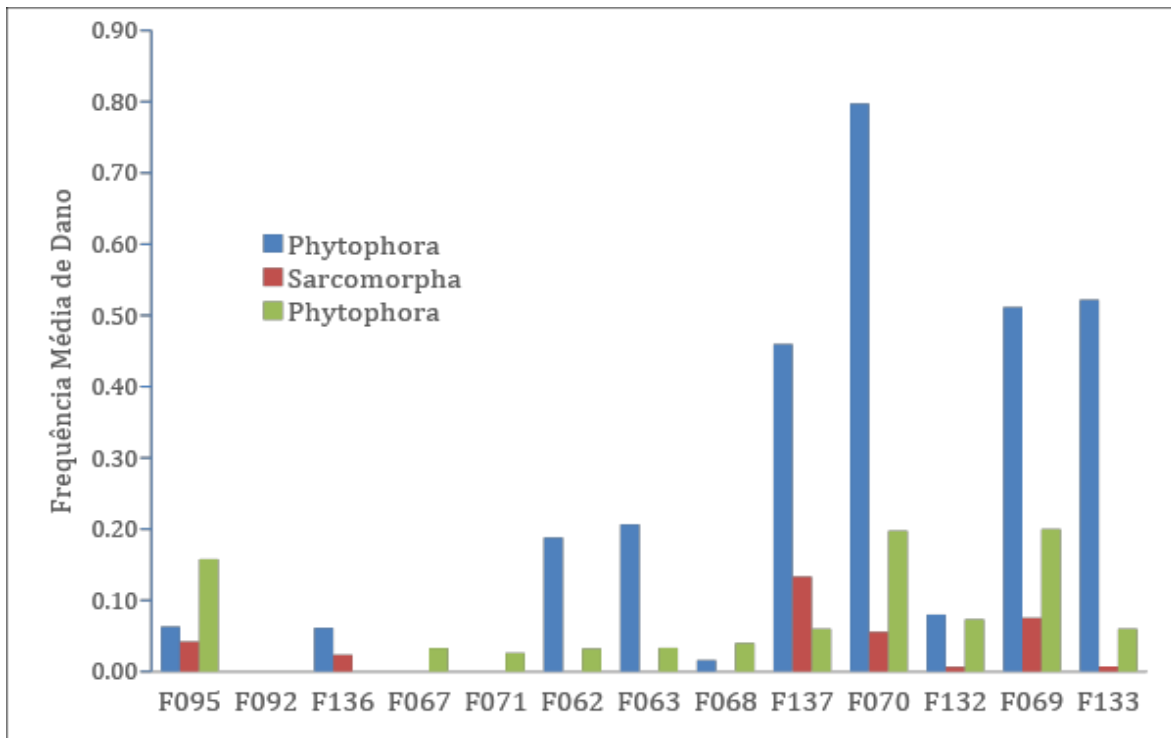
---

*In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. ([Remove my information/details](#)). Please contact the publication office if you have any questions.*

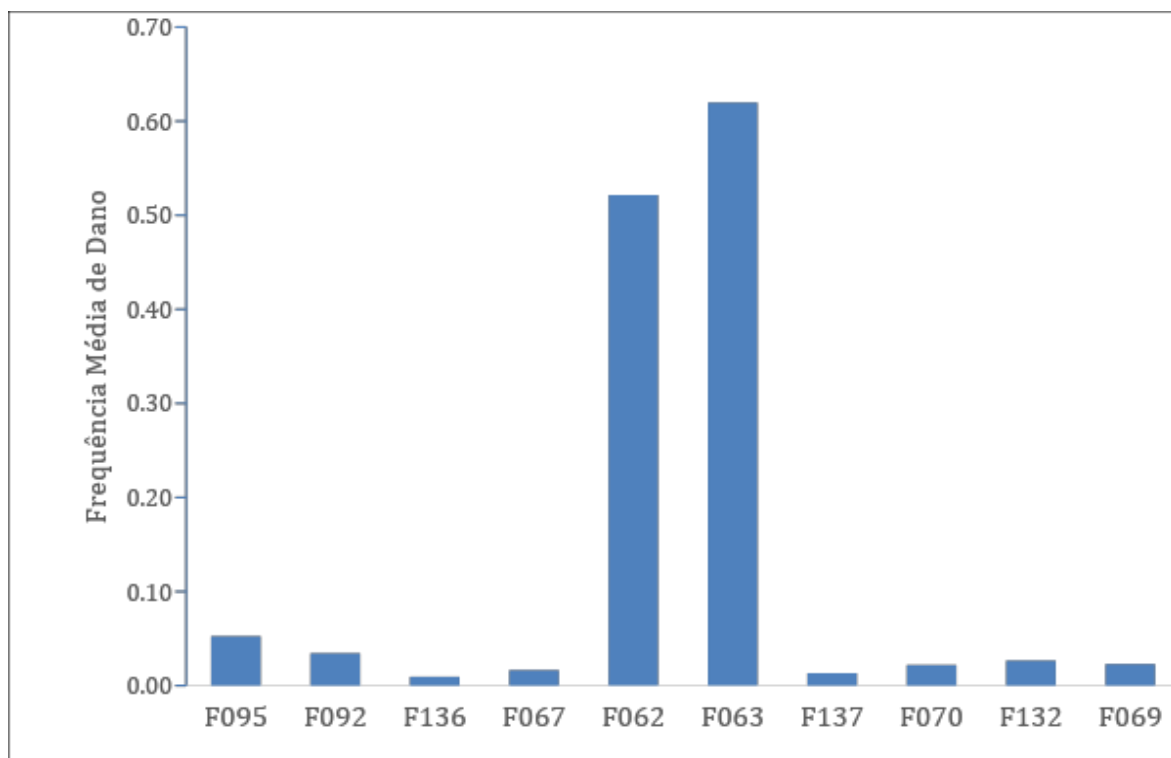
**APÊNDICE I. Frequência relativa dos danos de origem biogênica (bioerosões).**



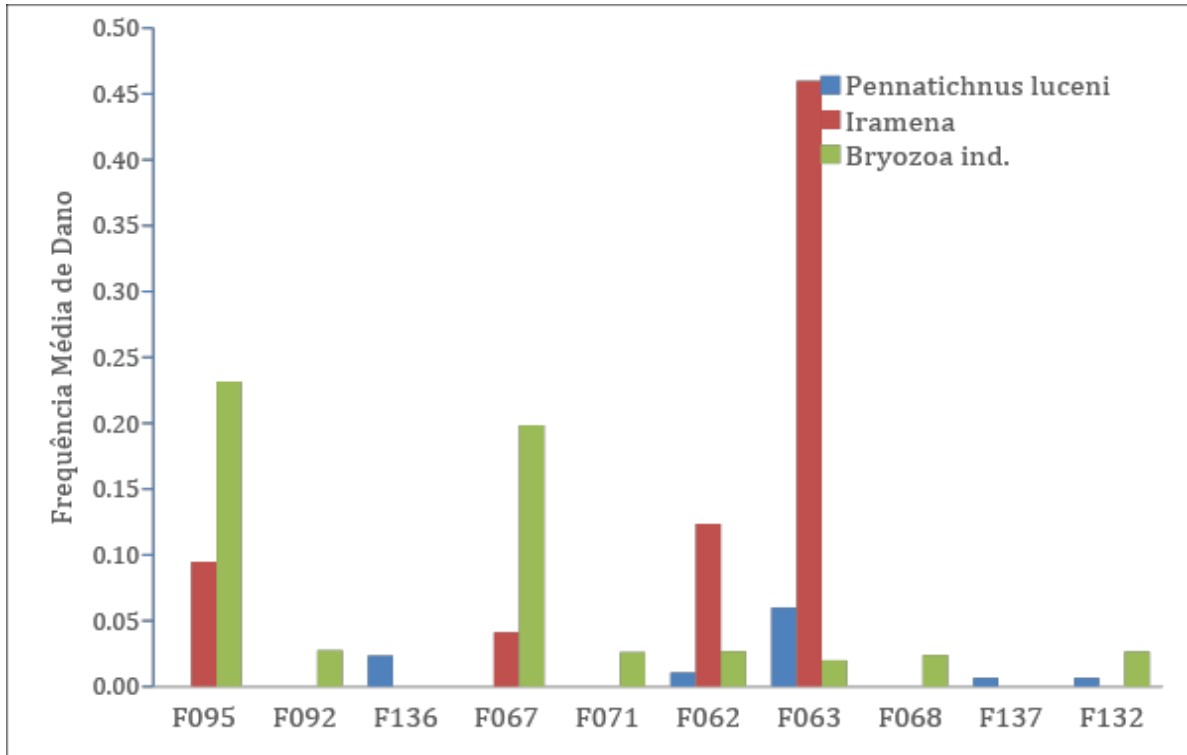
**Figura 8.** Frequência relativa dos traços de cianobactérias presentes na área de estudo.



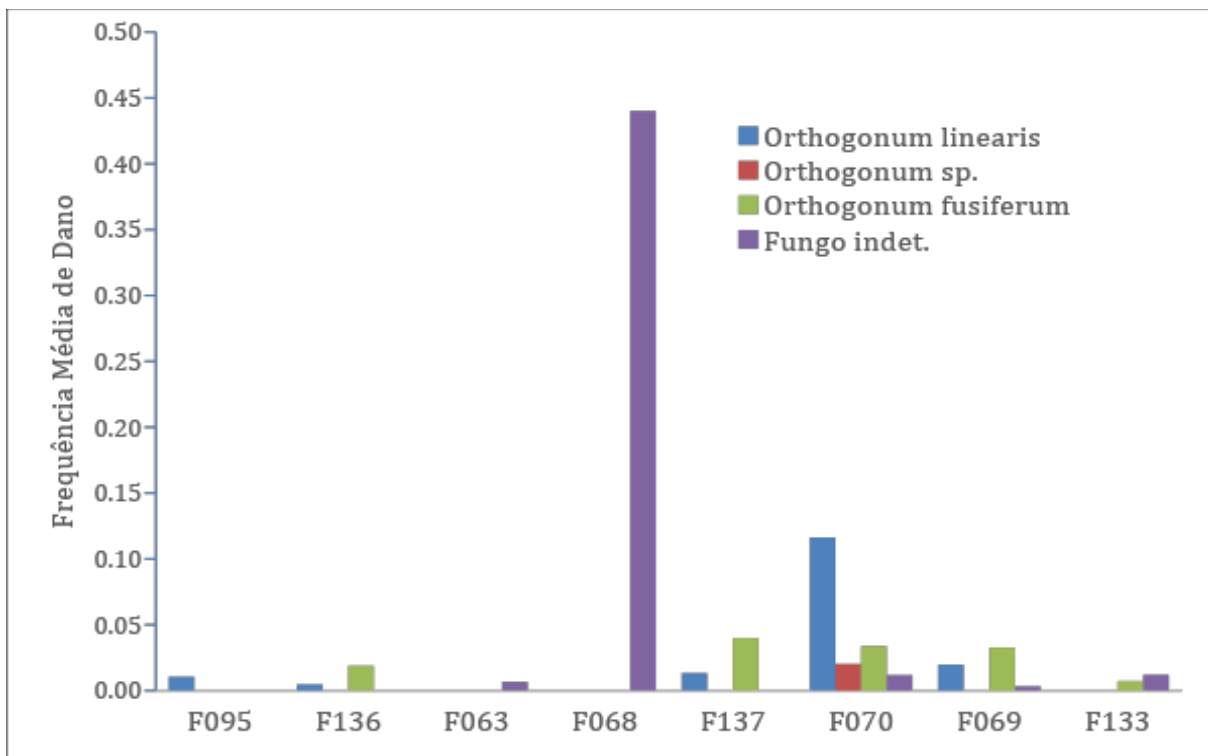
**Figura 9.** Frequência relativa de alguns dos traços de fungos.



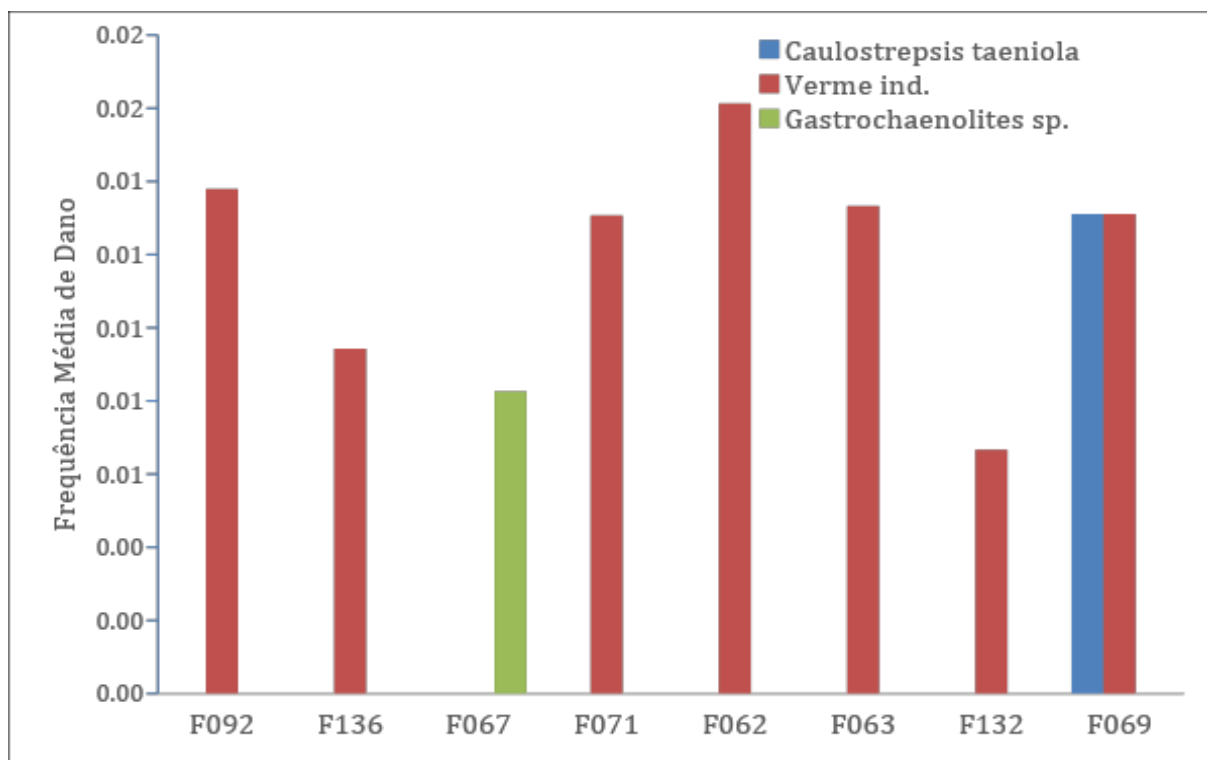
**Figura 10.** Frequência relativa do icnoespécie *Entobia isp.*



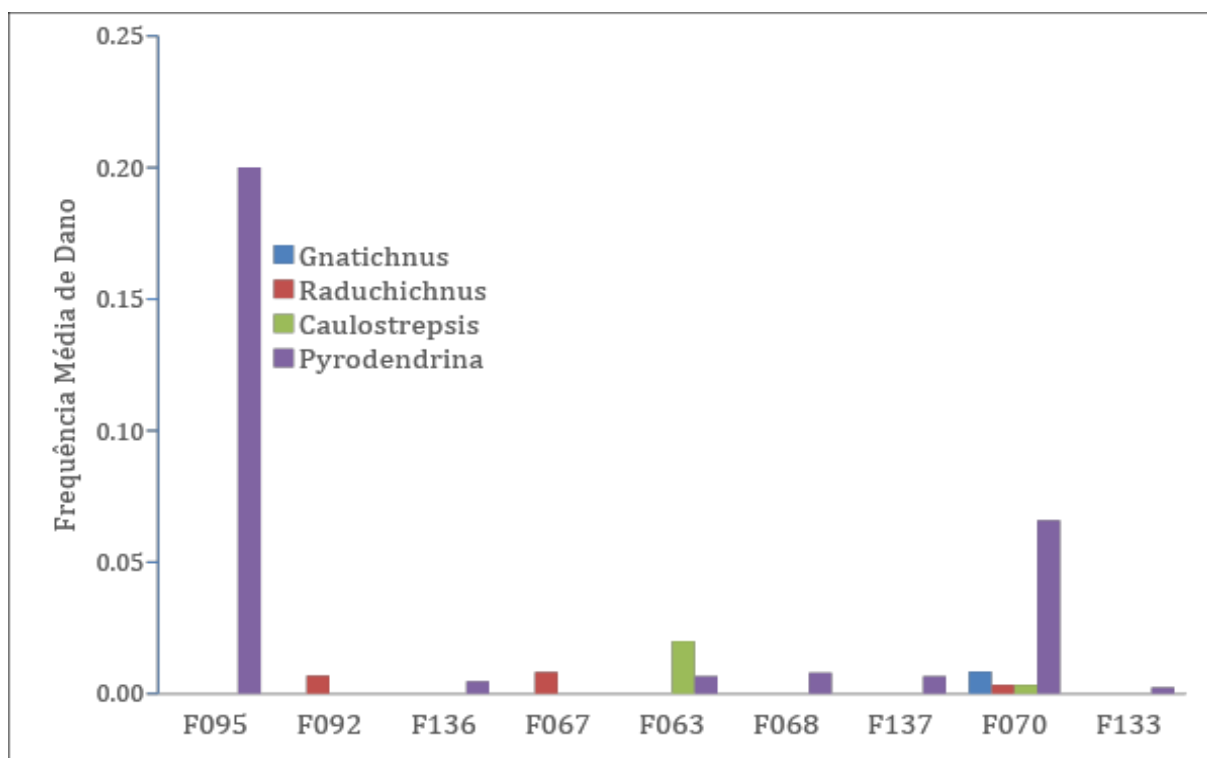
**Figura 11.** Frequência relativa de alguns dos traços de briozoários.



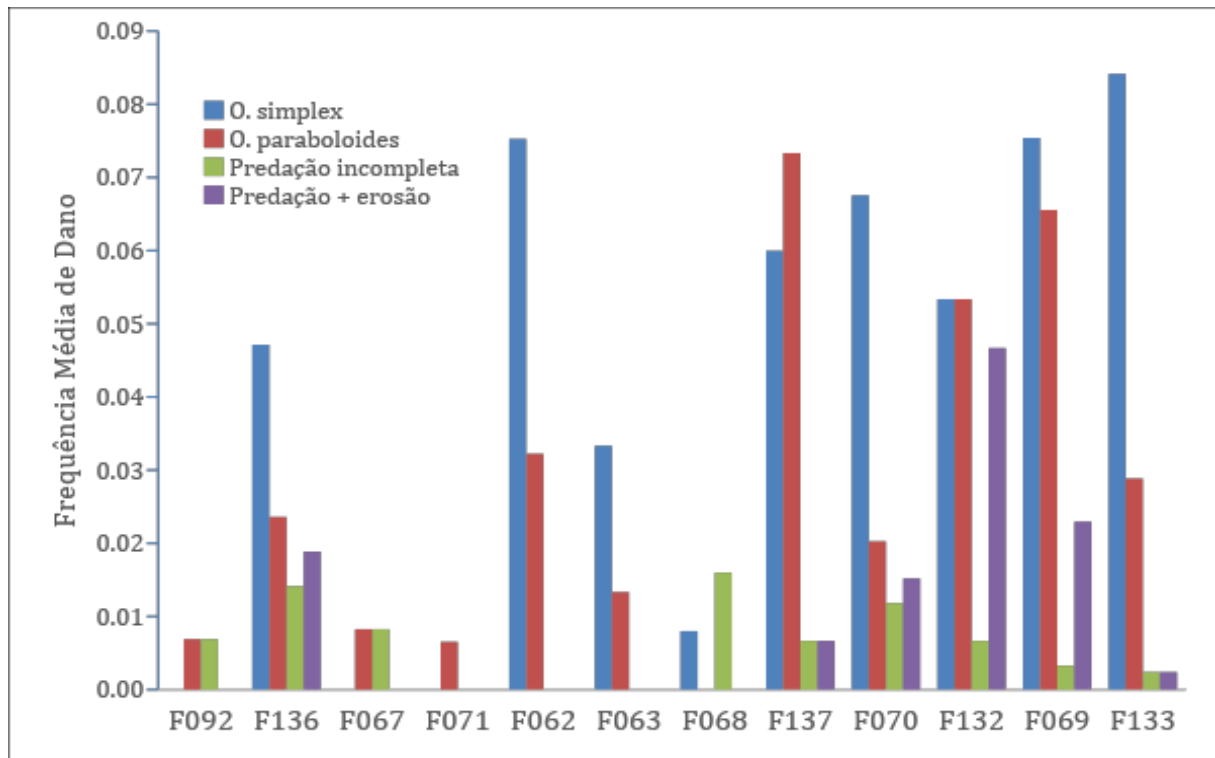
**Figura 12.** Frequência relativa de alguns dos traços de fungos observados na área de estudo.



**Figura 13.** Frequência relativa de alguns dos traços de vermes (*Caulostrepsis taeniola* e verme indeterminado) e bivalve (*Gastrochaenolites isp.*)



**Figura 14.** Frequência relativa de alguns dos traços de verme (*Caulostrepsis isp.*), equinodermata (*Gnatichnus pentax*), gastropoda (*Raduchichnus isp.*) e indeterminado (*Pyrodendrina isp.*).



**Figura 15.** Frequência relativa dos tipos de predação.

**ANEXO I**

Título da Dissertação/Tese:

**“DANOS DE BIOEROSÃO EM BIOCLASTOS COMO INDICADORES PALEOAMBIENTAIS EM ZONA PLATAFORMAL”**

Área de Concentração: Paleontologia

Autor: **FILIFE BRASIL MEDEIROS SILVA** □

Orientador: Prof. Dr. Fernando Erthal

Examinador: Profa. Dra. Sabrina Coelho Rodrigues

Data: 15/09/2021


Conceito: A

**PARECER:**

A redação da dissertação está clara, apresentando pequenos erros gramaticais, os quais não comprometem a fluidez da leitura. O tema estudado é de grande relevância, com contribuição significativa ao avanço do conhecimento da área em Paleontologia. Cumpre ressaltar que o candidato desenvolveu sua pesquisa nos anos da maior crise sanitária que já tivemos conhecimento, o que certamente trouxe maior dificuldade ao bom andamento da pesquisa e escrita da dissertação. Mesmo assim, o aluno finalizou sua pesquisa, apresentando resultados de impacto no contexto de discussão internacional tendo submetido o artigo para publicação, e participou de 3 eventos científicos (1 regional, 1 nacional e 1 internacional). Dessa maneira, atribuo conceito A para Filipe Brasil Medeiros Silva.

Segue ainda, meus comentários visando contribuir com o artigo. **GERAL-** Os resultados apresentados e discutidos mostram claramente correlação entre dano biótico e condições ambientais, o que torna a análise atrativa do ponto de vista de sua compreensão e aplicação ao registro sedimentar. Algumas bioerosões por microendolíticos correlacionam positivamente aos fatores latitude e longitude, enquanto outros tipos à profundidade de tipo de sedimento de fundo. Esse padrão parece ser em resposta aos requisitos ecológicos do agente produtor do traço e apresentam aplicabilidade à análise paleoambiental. Acho interessante a discussão sobre um dado bioclasto testemunhar mudanças no nível do mar, e todas as variáveis ambientais envolvidas no processo, porém senti falta de discussão de outras

possibilidades. Por exemplo, os autores poderiam argumentar que os bioclastos não mostram evidências de erosão, que poderiam sustentar a hipótese do bioclasto viajado, invés de bioclasto testemunha temporal. Como estão as correntes marinhas nessa localidade? As baixas taxas de sedimentação já são indícios da calmaria, visto que as acumulações ocorrem acima do nível de base de ondas de tempestade. Nesse contexto, eu sugeriria alteração no termo “predação com erosão”. Não acredito que seja erosão, e sim dissolução, o bioclasto ilustrado mostra textura superficial granular (conforme Rodrigues & Simões, 2010). Essa feição corrobora a interpretação de que o bioclasto é testemunha dos agentes que atuaram ao longo do tempo (icno e bio-time-averaging). **ESPECÍFICO**- Figura 4. Sugiro revisão na predação com erosão, conforme ilustrado em D. Em E não há menção de qual traço está ilustrado na concha de *Bouchardia*. Minha opinião é que não há traço algum. Talvez um traço de predação na margem (em forma de meia lua), porém como a margem está muito irregular, tenho dúvidas quanto o seu reconhecimento. Table 3. Necessita de revisão, pois existe termo em português. Necessário revisar referências, existem títulos listados que não foram citados no artigo.

Assinatura: 

Data: 15/09/2021

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:



**ANEXO I**

Título da Dissertação/Tese:

**“DANOS DE BIOEROSÃO EM BIOCLASTOS COMO INDICADORES PALEOAMBIENTAIS EM ZONA PLATAFORMAL”**

Área de Concentração: **Paleontologia**

Autor: **FILIPE BRASIL MEDEIROS SILVA** □

Orientador: **Prof. Dr. Fernando Erthal**

Examinador: **Prof. Dr. Matias do Nascimento Ritter**

Data: **14/09/2021**

Conceito: **B**

**PARECER:**

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo primário avaliar como traços de origem biológica – preservados em conchas de moluscos – podem ser utilizados como indicadores de variáveis ambientais, tais como profundidade, temperatura, sedimentologia dentre outros. Esse tema é de importância internacionalmente reconhecida, uma vez que a preservação de traços permite avaliar interações ecológicas, i.e., relações positivas, negativas ou neutras entre os organismos. Devido à natureza do registro fóssil e o grupo alvo da dissertação, moluscos, esse volume abrange aspectos que carecem de maiores detalhamentos e estudos, despeito sua citada importância. Nesse sentido, essa dissertação tem em seu escopo ineditismo relevante e, conseqüentemente, tem seu mérito científico aqui reconhecido.

Na minha opinião, esse trabalho tem seu maior valor em reconhecer que os traços preservados carregam consigo uma história ambiental de mistura de gerações e ambientes, em consonância como o passado geológico recente de oscilações eustáticas da área de estudo. Essa conclusão não é inédita por si só, mas foi muito bem reforçada nesse trabalho com o emprego de dois novos termos na literatura.

Por outro lado, a dissertação apresenta certos aspectos que carecem de maior atenção e revisão, em especial aquelas apresentadas no artigo submetido. O manuscrito falha em construir uma redação lógica e focada na principal contribuição dessa dissertação (*op. cit.*). Uma vez que trabalhos prévios já demonstraram que a profundidade – variável ambiental preditora a qual abrange uma complexidade espaço-temporal –, seria esperado que o trabalho em tela partisse dessa premissa. Assim, poderia ter se focado na mistura de gerações de traços, apresentando ao leitor disparidades entre traços sob o aspecto ambiental em questão. Logo, esse resultado, se mais bem apresentado e discutido, poderia lançar luz sobre como essas novas informações poderiam ser interpretadas no que tange às peculiaridades do registro fóssil marinho.

Não obstante, diversos outros aspectos, como bibliografias não consultadas, lógica e circularidade de estruturação do texto, bem como sugestões, foram apontados diretamente na dissertação, os quais serão compartilhados com o orientador.

Por último, mas não menos importante, reforço que a dissertação cumpre os requisitos do fazer científico, da análise crítica e na proposição de novos conhecimentos e interpretações em uma área carente na Paleontologia. Essa temática envolve uma série de habilidades e competências por abranger múltiplas áreas da ciência, desde Geologia até Ecologia e Estatística. Desse modo, considero a dissertação aprovada, com indicação do meu conceito abaixo.

Atenciosamente,

Assinatura:

Data: **14/09/2021**

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

## ANEXO I

Título da Dissertação/Tese:

**“DANOS DE BIOEROSÃO EM BIOCLASTOS COMO INDICADORES  
PALEOAMBIENTAIS EM ZONA PLATAFORMAL”**

Área de Concentração: Paleontologia

Autor: **FILIPE BRASIL MEDEIROS SILVA**

Orientador: Prof. Dr. Fernando Erthal

Examinador: Profa. Dra. Maria Alejandra Gómez Pivel

Data: 31/08/2021

Conceito: B

### PARECER:

O aluno apresentou um trabalho muito interessante sobre tafonomia atualística estudando os danos de bioerosão em bioclastos de moluscos e braquiópodes da plataforma continental sul brasileira. O trabalho realizado é monumental em termos do volume de material triado e grau de detalhe das observações. Se bem a relevância do ponto de vista científico é indiscutível, o trabalho deixa um tanto a desejar em aspectos de forma. Em alguns casos frases longas demais, pequenos (mas frequentes), erros de escrita/digitação dificultam a leitura.

O texto integrador que antecede o artigo abrange todos os temas relevantes para contextualizar o trabalho. Ele tanto fornece um sólido embasamento teórico como auxilia na compreensão da relevância do trabalho realizado. A hipótese de trabalho é clara e o objetivo geral também. Já, nos objetivos específicos, a redação poderia ser mais clara.

Os materiais escolhidos para desenvolver o estudo são apropriados para responder as perguntas da pesquisa. A estratégia metodológica adotada é clara e pertinente. Porém, a apresentação destas informações na seção de Materiais e Métodos poderia ser aprimorada. Há informações como as de temperatura e salinidade no momento de coleta que são pouco relevantes para o estudo em si. Tais informações valem mais como mera curiosidade do que como um dado real, até porque, como o próprio autor menciona, existe uma grande variabilidade sazonal em termos de condições oceanográficas. Se houvesse interesse em comparar os danos às variáveis ambientais de temperatura e salinidade da água, seria melhor extrair dados de médias anuais e médias sazonais do *World Ocean Atlas* para cada ponto amostral.

Ainda sobre os métodos, acredito que o menor aumento informado esteja equivocado, já que sendo as oculares comumente de 10x, não teria como se ter trabalhado com um aumento de 6x.

Também na seção dos métodos, a Tabela 4 lista as etapas de trabalho, mas de maneira um pouco confusa. As etapas ficariam mais claramente apresentadas na forma de um fluxograma ou, então, na forma de texto escrito. Não há por que apresentar as etapas na forma de uma tabela sendo que a informação relevante consta em apenas uma coluna.

A apresentação dos resultados também poderia ser mais clara, principalmente em relação às Tabelas. Por exemplo, as Tabelas 5 e 6, embora cumpram o requisito obrigatório de apresentar os resultados, deixam a informação pouco acessível para os leitores. Estas Tabelas seriam muito mais informativas se fossem divididas em duas. No caso da divisão da Tabela 5 em duas, a primeira delas listaria os táxons e as informações de

mineralogia/microarquitetura e o hábito de cada um. A segunda Tabela apenas listaria a ocorrência de cada gênero, mas de forma mais gráfica, por exemplo, incluindo treze colunas estreitas (uma para cada amostra, talvez organizadas por latitude ou por profundidade) e sombreando as células das amostras onde cada gênero foi identificado. Da mesma forma, a Tabela 6 poderia ser desmembrada em duas com a primeira apresentando as informações dos icnofósseis, seus possíveis agentes e as referências correspondentes. Na segunda Tabela se apresentariam os dados de ocorrência de cada icnofóssil, também de maneira gráfica como sugerido para a Tabela 5.

Quanto à argumentação, ela é interessante e bem fundamentada. As figuras de síntese são muito ilustrativas. Apenas a Fig. 6 parece acrescentar pouco em termos gráficos (o texto é mais claro que os desenhos ao lado direito da figura). As imagens de MEV ilustrando os diferentes traços são de excelente qualidade.

Ainda sobre a argumentação, no texto se menciona a correlação entre diversos traços e a longitude e latitude. É fácil enxergar a possível correlação com a latitude, uma vez que existem gradientes ambientais e oceanográficos claros ao longo da margem sul-brasileira. Porém, faltou uma explicação da correlação com a longitude. Esta correlação poderia ser apenas fruto da variação de profundidade que aumenta de oeste para leste, sobreposta ao próprio efeito da latitude, já que quanto mais ao norte, mais ao leste será a quebra de plataforma. Enfim, como a longitude - como fator ambiental - não parece ter um significado "próprio" que possa controlar as variações nos icnotraços, não ficou claro porque foi feito o teste de correlação. De qualquer maneira, uma vez feito o teste e apresentada a correlação significativa, deveria se explorar este resultado e explicar os prováveis motivos.

Quanto ao artigo submetido, ele se adequa bem ao escopo do periódico *Palaos*. A maior parte das observações sobre o artigo são as mesmas apontadas para o texto integrador. Apenas gostaria de acrescentar que a Confluência Brasil-Malvinas se encontra ao sul da Bacia de Pelotas e, portanto, atualmente fora da área de estudo. É possível que no Último Máximo Glacial (UMG), com a compressão da Zona Tropical, a Confluência tenha migrado para norte atingindo a área de estudo. Porém, o que hoje tem na área de estudo é a extensão costeira do que seria a Confluência, mas que corresponde à Frente Subtropical de Plataforma, e não à Confluência em si. Por isso, as massas d'água presentes na plataforma também não correspondem à Água Tropical (transportada pela Corrente do Brasil) e à Água Subtropical (pela Corrente das Malvinas). Estas fluem mais *offshore*. Sobre a plataforma tem a influência indireta dessas massas d'água que se misturam às águas de drenagem continental formando respectivamente as águas Subtropical de Plataforma, Subantártica de Plataforma (mais ao sul) além da Pluma do Rio da Prata (ver trabalho de Möller et al., 2008 – citado na dissertação).

Ainda sobre o UMG, a idade de 17,5 mil anos AP seria posterior ao evento. Por exemplo, uma das definições mais utilizadas para o UMG é do Projeto EPILOG que o define como tendo ocorrido entre 23 e 19 mil anos AP.

Para concluir, considero que se trata de um bom trabalho de mestrado e manifesto o desejo de que seja dada continuidade à pesquisa no futuro.

Assinatura:



Data: 31/08/2021

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno: