



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

JAIRO GABRIEL DA SILVA NASCIMENTO

**ANÁLISE TAFONÔMICA DOS DEPÓSITOS CARBONÁTICOS-
SILICICLÁSTICOS DA FORMAÇÃO PIAUÍ (PENSILVANIANO), BACIA DO
PARNAÍBA E SUAS IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS**

CAMPINAS

2023

JAIRO GABRIEL DA SILVA NASCIMENTO

**ANÁLISE TAFONÔMICA DOS DEPÓSITOS CARBONÁTICOS-
SILICICLÁSTICOS DA FORMAÇÃO PIAUÍ (PENSILVANIANO), BACIA DO
PARNAÍBA E SUAS IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO INSTITUTO
DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE CAMPINAS PARA OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOCIÊNCIAS NA
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

ORIENTADOR(A): PROF(A). DR(A) CAROLINA ZABINI.

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA DISSERTAÇÃO APRESENTADA
PELO ALUNO JAIRO GABRIEL DA SILVA
NASCIMENTO E ORIENTADA PELA Prof.^a. DR.^a.
CAROLINA ZABINI**

CAMPINAS

2023

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Marta dos Santos - CRB 8/5892

N17a Nascimento, Jairo Gabriel da Silva, 1996-
Análise tafonômica dos depósitos carbonáticos siliciclásticos da formação Piauí e (Pensilvaniano), Bacia do Parnaíba e suas implicações paleoambientais / Jairo Gabriel da Silva Nascimento. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Carolina Zabini.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Tafonomia. 2. Plataforma carbonática. 3. Rochas carbonáticas. 4. Paleontologia – Carbonífero. I. Zabini, Carolina, 1983-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Taphonomic analysis of carbonate-clastic deposits of Piauí Formation (Pennsylvanian), Parnaíba Basin and its palaeoecological implications

Palavras-chave em inglês:

Taphonomy

Carbonate platform

Carbonate rocks

Paleontology - Carboniferous

Área de concentração: Geologia e Recursos Naturais

Titulação: Mestre em Geociências

Banca examinadora:

Carolina Zabini [Orientador]

Ariel Milani Martine

William Mikio Kurita Matsumura

Data de defesa: 29-09-2023

Programa de Pós-Graduação: Geociências

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-0397-3153>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/1212484978899062>



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

AUTOR: Jairo Gabriel da Silva Nascimento

**ANÁLISE TAFONÔMICA DOS DEPÓSITOS
CARBONÁTICOSSILICICLÁSTICOS DA FORMAÇÃO PIAUÍ
(PENNSYLVANIANO), BACIA DO PARNAÍBA E SUAS IMPLICAÇÕES
PALEOAMBIENTAIS**

**TAPHONOMIC ANALYSIS OF CARBONATE-CLASTIC DEPOSITS OF PIAUÍ
FORMATION (PENNSYLVANIAN), PARNAÍBA BASIN AND ITS
PALAEOECOLOGICAL IMPLICATIONS**

ORIENTADOR: PROFA. DRA. CAROLINA ZABINI

Aprovada em: 29/09/2023

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Carolina Zabini - Presidente

Prof. Dr. Ariel Milani Martine

Prof. Dr. William Mikio Kurita Matsumura

A Ata de Defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora consta no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 29 de setembro de 2023.

SÚMULA/BIOGRAFIA

Mestrando em Geociências no Instituto de Geociências (IG)/ UNICAMP, atualmente investigando sobre a gênese e processos tafonômicos dos depósitos carbonático-siliclásticos da porção superior da Formação Piauí (borda Leste) na Bacia do Parnaíba. Como foco secundário estuda paleozoologia e reconstrução paleoecológica da fauna preservada nas referidas acumulações bioclásticas, explorando a dimensão morfológico-funcional a fim de compreender adaptações aos ambientes durante o Carbonífero Superior e possíveis padrões ecológicos. É graduado (2019) em Ciências Biológicas (Licenciatura) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí- IFPI- Campus Teresina Central, trabalhou no desenvolvimento de modelos didáticos no ensino de Biologia para alunos de ensino básico e alunos deficientes visuais. Ex-bolsista CAPES de Iniciação à Docência (ID) no ano de 2016, atuando no ensino de genética: metodologias e propostas de ensino contemporâneas. Ex-bolsista de Iniciação científica (IC)/CNPq (2017) trabalhando com invertebrados neocarboníferos da Formação Piauí- superior- na Bacia do Parnaíba, atuando ainda como monitor do Laboratório de Geologia e Paleontologia do IFPI-CTC (2018) e desenvolvendo trabalhos na área de Paleoinvertebrados e ensino de Paleontologia. Entre os anos de 2020 e 2021 contribuí com propostas de oficinas para ensino de Paleontologia e formação de professores de ciências junto ao Programa Tempo Profundo, focando na acurácia científica e *misconceptions* contidas nos filmes e produções destinadas a crianças e juvenis, tais como A era do gelo e Pokémon. Tem atuado como consultor ambiental realizando acompanhamentos ambientais e atualmente professor substituto EBTT do Instituto Federal do Maranhão (IFMA) – *Campus* Itapecuru na área de Biologia/Meio Ambiente.

EPÍGRAFE

“Nature is full of infinite causes that have never occurred in experience.”

Leonardo Da Vinci

AGRADECIMENTO

A presente pesquisa de Mestrado foi realizada graças ao apoio financeiro vindo primeiramente pelo Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com a concessão da bolsa de estudos pelo PROEX pelo código de Financiamento 001, ainda foi de extrema importância o financiamento parcial através do projeto Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) 2017/10956-5 'Taxonomia e análise fóssil-diagenética dos lingulídeos paleozoicos das Bacias do Paraná e Parnaíba', à Prefeitura de José de Freitas-PI, pelo auxílio de acomodações, veículo e alimentação durante a execução dos trabalhos de campo realizado em Setembro de 2019. Ainda gostaria de agradecer enormemente à orientação e paciência da minha Orientadora Prof^a Dr^a Carolina Zabini, que questionou, melhorou e me motivou em diversos momentos desse percurso e ao meu orientador da graduação, Prof^o Dr^o Érico Gomes por toda ajuda na logística de campo. Ainda agradeço à minha família, meus pais: Carlos Jorge Nascimento e Charlene Leite da Silva Nascimento que me deram todo o apoio para poder prosseguir em busca dos meus sonhos e aos meus irmãos Gustavo e Júlia. No decorrer do caminho surgiram pessoas incríveis que pude construir amizade e crescer pessoalmente e profissionalmente, como meus amigos a Sara Memória, Alexandre Ribeiro. As supergeólogas que pude compartilhar meus momentos em casa: Laryssa Carneiro, Laís Novaes e Kamilla Fernandes, os amigos Felipe Holanda e Ana Clara Souza. Nos momentos de loucuras e viagens a Natália Benini, Karla Silva. Aos professores do Instituto de Geociências que tive o privilégio de aprender e me aprofundar nesse fantástico mundo da Geologia, aos técnicos de Laboratório que sempre estiveram disponíveis para auxiliar. Às bancas examinadoras de qualificação e da defesa, em especial aos professores Frésia Ricardi-Branco, Alessandro Batezelli e Ariel Martine. Ainda gostaria de agradecer e mencionar os queridos amigos de grupo de pesquisa que pude me aproximar nessa jornada: Ana Beatriz Carvalho-Furtado, Rafael Ribeiro e Alysson Mazoni pela paciência por me ensinar sobre programação e análises de dados. Por último, mas muito importante gostaria ainda de agradecer à equipe do SAPPE/UNICAMP por todo o apoio imprescindível e essencial durante parte dessa caminhada.

RESUMO

O Carbonífero é marcado por uma série de mudanças que levam à transição de um Icehouse-Greenhouse, responsável pelo aumento eustático dos oceanos gerando uma série de transgressões marinhas nos ambientes continentais. O estabelecimento de mares epicontinentais levou à dispersão e estabelecimento de sistemas carbonáticos no Norte da América do Sul, sendo o registro mais interno dessa incursão marinha, os depósitos carbonático-siliciclásticos da Formação Piauí, que abriga uma diversa fauna preservada nas referidas concentrações esqueléticas. Essas concentrações têm sido estudadas por mais de 20 anos, de maneira individualizada. Na presente dissertação são estudados 4 (quatro) depósitos e proposto um modelo ambiental e de tafofácies, com base na análise tafonômica e taxonômica dos depósitos e de seus bioclastos. A análise das assinaturas tafonômicas permitiu a distinção de duas tafofácies, sendo a tafofácies 1 correspondente a um ambiente marginal da plataforma carbonática, dominado por moluscos bivalves e gastrópodes, intensamente fragmentados e desarticulados. Enquanto a tafofácies 2, encontra-se na porção central da plataforma, com concentrações dispostas em superfícies, e que se constituem de braquiópodes reorientados que são progressivamente substituídos por moluscos com corrosão e abrasão, demonstrando aumento da diversidade da base para o topo e evidenciando efeitos de ciclos de raseamento e sucessão faunística nos diferentes níveis.

Palavras-chave: Tafofácies; Bioestratinomia; Gênese Carbonática; Plataforma Carbonática; Carbonífero Superior.

ABSTRACT

The late Carboniferous is marked by a series of changes that lead to the transition from an Icehouse-Greenhouse, which is responsible for the eustatic rise of the oceans, generating a series of marine transgressions in continental environments. The establishment of epicontinental seas led to the dispersion and establishment of carbonate systems in northern South America, with the most internal record of this marine incursion being the carbonate-siliciclastic deposits of the Piauí Formation, which harbors a diverse fauna preserved in the skeletal concentrations quarries. These concentrations have been studied for more than 20 years, on an individual basis. In the present dissertation, 4 (four) deposits are studied, and an environmental model is proposed based on the taphonomic analysis and proposition of taphofacies, according to differences in the processes undergone by such skeletal remnants. These deposits were grouped into two taphofacies, with taphofacies 1 corresponding to a marginal environment of the carbonate platform, dominated by mollusks: bivalves and Gastrópodes, where elements with intense fragmentation and disarticulated elements are observed, characterizing a high-energy episodic event. While the taphofacies 2, proposed here, is the central portion of the platform, with concentrations arranged in pavements Braquiópode-dominated and layers that suffer an increase in diversity from the base to the top, also showing the effects of shallowing cycles and faunal succession at different levels of the deposits. The present study also lists taphonomic and faunistic similarities with deposits of the same age in the Amazon Basin, making the relationships between these two systems and their connections even clearer.

Keywords: Taphofacies; Bioestratinomy; Carbonatic Genesis; Carbonatic Platform; Upper Carboniferous.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Critérios para secção dos blocos analisados tafonomicamente. Localização do bloco no afloramento P1 (A), bloco CP3/591 com demarcação de corte (B), vista lateral após o corte do bloco (C); localização do bloco no afloramento P3 (D), bloco CP3/594 com demarcação de corte (E), vista lateral após o corte do bloco (F); localização do bloco no afloramento P4 (G), bloco PIC/017 com demarcação de cortes (H) e vista lateral após o corte do bloco (I). 23
- Figura 2.** Localização das quadrículas (grids) nos afloramentos com pavimentos fossilíferos. Posicionamento da G3 (A) no P2 com indicação do norte e demarcação da grid pelo quadrado (30cm²) pontilhado em vermelho, em detalhe (B) molde de Braquiópode Productídeo encontrado na G3, indicando a orientação do umbo aferida. Posicionamento da G1 (C) no P3 com indicação do norte e demarcação da grid pelo quadrado pontilhado em vermelho, em detalhe (D) molde de Braquiópode Espiriferídeo encontrado na G1 indicando a orientação do umbo aferida. Posicionamento da G2 (E) no P3 com indicação do norte e demarcação da grid pelo quadrado pontilhado em vermelho, em detalhe (F) molde de Braquiópode Discinídeo encontrado na G2 indicando a orientação do lístrio aferida. 27
- Figura 3.** Localização da Província do Parnaíba. A) Localização da Província na Plataforma Sul-Americana. B) Subdivisão das Bacias que compõem a Província do Parnaíba (Modificado de Góes, 1995). 33
- Figura 4.** Representação esquemática da estrutura de Bacias intracratônicas do tipo SAG, como proposto para a Bacia do Parnaíba. A) Localização da Bacia do Parnaíba na Plataforma Sul-Americana. B) Mapa da Bacia do Parnaíba com seus limites e estrutura de embasamento. C) Visão superior da área da Bacia com seus limites. D) Estrutura da Bacia do Parnaíba em secção transversal (Modificado de Silva et al., 2013). 34
- Figura 5.** Carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba com destaque para a sequência Neocarbonífera-Eotriássica do Grupo Balsas (Modificado de Vaz et al, 2007). 37
- Figura 6.** Colunas estratigráficas relacionando a posições de discordâncias na porção inferior do paleozoico da Bacia do Parnaíba (Modificado de Lima Filho, 1991). 38
- Figura 7.** Mapa de localização geográfica dos pontos de coleta descritos para essa dissertação. A) Localização da Bacia do Parnaíba na Plataforma Sul-Americana. B) Área de distribuição da Formação Piauí na Bacia do Parnaíba. C) Localização geográfica dos pontos com coleta de amostras em campo e revisados da literatura, com detalhe para descrição das litologias próximas à região de coleta na porção Leste da Bacia do Parnaíba. 48
- Figura 8.** Perfis litológicos elaborados a partir dos afloramentos visitados na etapa de campo, com sua distribuição geográfica e topográfica no canto superior esquerdo e no

canto inferior esquerdo inserção litoestratigráfica dos perfis na litoestratigrafia do Grupo Balsas (Litoestratigrafia do grupo Balsas modificado de MEDEIROS, 2020). 49

Figura 9. Mapa de localização da área de coleta. A) Reconstrução paleogeográfica exibindo o estabelecimento do mar epicontinental; B) Localização geográfica da Bacia do Parnaíba; C) Área de distribuição da Formação Piauí na Bacia do Parnaíba; D) Pontos de coleta das rochas utilizadas no presente trabalho. 76

Figura 10. Critérios para secção dos blocos analisados tafonomicamente. Localização do bloco no afloramento P1 (A), bloco CP3/591 com demarcação de corte (B), vista lateral após o corte do bloco (C); localização do bloco no afloramento P3 (D), bloco CP3/594 com demarcação de corte (E), vista lateral após o corte do bloco (F); localização do bloco no afloramento P4 (G), bloco PIC/017 com demarcação de cortes (H) e vista lateral após o corte do bloco (I). 79

Figura 11. Modelos de processos tafonômicos que podem afetar as partes duras dos organismos e relevância da morfologia para cada tipo de formato. A) modelo de deposição de conchas de bivalves na lâmina d'água e posições de estabilidade hidrodinâmica das conchas; B) modelo de estabilidade de conchas de bivalves em ambiente com influência de corrente ou fluxos hidrodinâmicos; C) modelos de fragmentação e destruição de partes esqueléticas de crinoides com esqueleto multi-elementos e sua desagregação por influência de fluxos/correntes de fundo; D) influência de fluxos oscilatórios gerando orientação bimodal em conchas de gastrópodes e bivalves; E) modelo de orientações unidirecionais para ambientes com correntes; F) modelo de desagregação esquelética de briozoários e esqueletos ramosos por influência de correntes de alta energia. 82

Figura 12. Seções colunares obtidas em campo, com possível empilhamento entre os afloramentos P1 e P2 e correlação lateral entre os afloramentos P2, P3 e P4. 85

Figura 13. Visão em plano e seção dos blocos analisados do depósito P1 e suas respectivas assinaturas tafonômicas. **A, B.** Vista em seção da amostra CP3/586_A e ilustração destacando os bioclastos identificados e assinaturas tafonômicas. **C.** Detalhe da porção inferior da amostra CP3/586_A destacando com as setas em vermelho as assinaturas: convexidade, orientação e articulação. **D.** Vista externa da porção inferior da amostra CP3/587_A destacando assinaturas como convexidade e tipo de valva. **E, F.** Detalhe do bloco CP3/587_A evidenciando bioclastos fragmentados, tipo de valva e orientação bioclástica. **G.** Vista em seção do bloco CP3/589_A evidenciando grau de articulação e orientação bioclástica. **H.** Detalhe do bloco CP3/589_A exibindo as assinaturas associadas a um gastrópode e um bivalve. 91

Figura 14. Visão em plano e seção dos blocos (CP3/588) analisados do depósito P1 e suas respectivas assinaturas tafonômicas. 92

Figura 15. Área de coleta utilizando o método de grid, exibindo os fósseis encontrados e suas respectivas assinaturas tafonômicas do depósito P2, grid 3. 93

Figura 16. Parâmetros tafonômicos dos depósitos P1, P2, P3 e P4 da Formação Piauí. **A.** Histograma do comprimento das conchas. **B.** Histograma do grau de completude dos bioclastos. **C.** Histograma do grau de articulação das valvas. **D.** Histograma da proporção entre valvas esquerdas/braquiais e direitas/pediculares. **E.** Histograma da orientação de convexidade das conchas. **F.** Histograma da orientação preferencial dos bioclastos na matriz. 95

Figura 17. Área de coleta da grid 2 e bloco CP3/592. **A.** área delimitada para grid 2. **B.** molde de braquiópode. **C e D.** molde de bivalve *Oriocrassatella* sp. **E.** pavimento coletado do depósito P2. **F.** braquiópode indeterminado. **G.** molde de valva braquial de *Orbiculoidea* sp. **H.** ilustração esquemática do pavimento fossilífero coletado (CP3/592). **I e J.** rosetas de orientação azimutais medidas para os bioclastos encontrados dentro das grids 2 e 1, respectivamente. 96

Figura 18. Distribuição das assinaturas tafonômicas ao longo dos depósitos estudados e organizados por similaridade tafonômica em tafofácies 1 e tafofácies 2. A largura das caixas indica a prevalência numérica dessa assinatura, e aquelas em azul identificam assinaturas descritivas da TF1, enquanto aquelas em vermelho assinaturas descritivas da TF2. 99

Figura 19. **A)** Localização da TF1 na plataforma carbonática Piauí, sua proximidade a depósitos de campos de dunas, **B)** seguindo para modelo da provável biocenose e detalhe no quadrado em vermelho para geometria e **C)** estrutura final do depósito, através da representação esquemática do bloco CP3/588. 104

Figura 20. Modelo de deposição carbonática e raseamento da TF2, com foco à sucessão faunística e aumento da diversidade da base em direção ao topo. 110

Figura 21. Modelo de processos tafonômicos focados em táxons estudados em outros estudos. **A)** localização dos depósitos na plataforma carbonática. **B)** modelo de remoção de *Lingularia?* de seus terrier e preservação paralelo à camada. **C)** modelo de transporte diferencial com seleção de valvas braquiais de *Orbiculoidea*. 111

Figura 22. Análises de agrupamento e correlação realizadas para compreender o agrupamento de dados. **A)** Índice de similaridade Euclidiano, com eixo de alta dissimilaridade na distância de 80 pontos (linha tracejada em vermelho). **B)** Matriz de distribuição das assinaturas por depósito e tafofácies apresentadas anteriormente. 114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Códigos categóricos atribuídos às assinaturas tafonômicas e seus estados de caráter.	80
Tabela 2. Descrição das litofácies.	85
Tabela 3. Percentagem das assinaturas tafonômicas para cada depósito, associado a uma tafofácies.	89
Tabela 4. Descrição tafonômica e taxonômica dos fósseis e riqueza de espécies relativa de cada afloramento, associado às fácies sedimentares previamente descritas. Note que as descrições são dadas do topo para a base (P1-P2) e as respectivas correlações laterais dos afloramentos (P2-P3-P4, vide Figura 12).	98
Tabela 5. Resultados das análises de variância para o banco de dados da presente dissertação.	113

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Apresentação	16
1.2. Problemática	17
1.3. Objetivos	18
2. MATERIAIS E MÉTODOS	19
2.1. Amostragem de Conteúdo Fossilífero	19
2.1.1. Amostras Examinadas em Coleções Científicas	19
2.1.2. Material coletado para estudo	19
2.2. Aspectos gerais do Trabalho de Campo	20
2.2.1. Trabalho de Campo	20
2.2.2. Amostragem de dados	21
2.3. Análise das Concentrações Esqueléticas	22
2.3.1. Análise de blocos	22
2.3.2. Análise de <i>Point-counter (Grid)</i>	26
2.3.3. Taxonomia dos Invertebrados Fósseis	28
2.3.4. Análise estatística	29
3. GEOLOGIA REGIONAL	31
3.1. Bacia do Parnaíba	31
3.2. Supersequência Neocarbonífera-Eotriássica: O Grupo Balsas	35
3.3. Formação Piauí: Geologia e idade	39
3.4. Estratigrafia e ambiente na porção Superior da Formação Piauí	40
3.5. Geologia Local: Afloramentos, Litologias e Estruturas sedimentares	41
Ponto 1 (Afloramento Mocambo)	42
Ponto 2 (Afloramento Esperança)	43
Ponto 3 (Afloramento Mina Icará)	44
Ponto 4 (Afloramento Passagem do Carmo)	45
Ponto 5 (Afloramento Mina Icará- Corais)	46
Ponto 6 (Afloramento Mina Icará- Icnofósseis)	46
Ponto 7 (Afloramento Meruóca)	46
Ponto 8 (Afloramento Contendas)	47
4. ABORDAGEM TAFONÔMICA	50
4.1. Tafonomia como uma abordagem científica	50

4.2. Aspectos Bioestratinômicos	53
4.2.1. Definições	53
4.3. PROCESSO DE MORTE	55
4.4. NECRÓLISE	56
4.5. PROCESSOS DESTRUTIVOS	58
4.5.1. Desarticulação	58
4.5.2. Fragmentação	59
4.5.3. Bioerosão	61
4.5.4. Transporte	62
4.5.5. Soterramento Final	65
REFERÊNCIAS	66
5. TAFOFÁCIES E RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL DO MAR EPICONTINENTAL PIAUÍ NA PORÇÃO OCIDENTAL DO GONDWANA (BACIA DO PARNAÍBA) DURANTE O PENSILVANIANO	71
REFERÊNCIAS	116
6. DISCUSSÃO GERAL	122
7. CONCLUSÃO GERAL	123
8. BIBLIOGRAFIA GERAL	124
APÊNDICES	
APÊNDICE A	130
APÊNDICE B	133
APÊNDICE C	134
APÊNDICE D	138
APÊNDICE D	151

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

As rochas carbonáticas aflorantes da Formação Piauí (Carbonífero Superior) ocorrem nas bordas Leste, Nordeste e Sudeste da Bacia do Parnaíba, preservando uma rica assembleia fossilífera composta por invertebrados marinhos. Essa rica fauna vem sendo estudada desde 1936 (Duarte), após a expansão do programa de sondagem por petróleo em bacias intracratônicas brasileiras com potencial de exploração de óleo e gás (DUARTE, 1936; LIMA FILHO, 1991; SANTOS, 2004). Desde os primeiros achados, essa fauna tem se demonstrado como indicadores de importantes eventos geológicos e climáticos ao longo do Neopaleozoico (ANELLI, 1999; MEDEIROS, 2015; MEDEIROS, 2020). Estas rochas foram posteriormente analisadas por Oliveira (1934), Paiva e Miranda (1937) e Kegel (1952) os quais identificaram restos de vegetais, bivalves, gastrópodes, cefalópodes, braquiópodes e trilobitas encontrados tanto em furos de sondagem quanto em rochas aflorantes na região Leste do Piauí e Sul do Maranhão.

Somente em 1999 mais estudos foram conduzidos por Anelli (1994; 1999) a fim de conhecer e reportar a taxonomia dos respectivos organismos, levando. Nesses estudos foi possível avançar na identificação e iniciar correlações com fósseis similares encontrados em outras bacias da América do Sul e América do Norte, levando a uma primeira delimitação temporal alocando essas rochas ao Neocarbonífero, com forte afinidade com a fauna Pensilvaniana do *Mid-Continent* Norte-americano. Os estudos conduzidos por Anelli (1999) indicou que a fauna da Fm. Piauí é a segunda mais diversificada e abundante do Neopaleozoico no território Brasileiro.

Apesar dos avanços quanto ao conhecimento taxonômico da assembleia Pensilvaniana da Bacia do Parnaíba, mais estudos foram conduzidos a fim de delimitar um arcabouço estratigráfico e paleoambiental, relacionando tanto os fatores biológicos quanto sedimentológicos dessa importante unidade estratigráfica. As principais contribuições são atribuídas a Lima Filho (1991; 1998) que descreveu as fácies carbonáticas alocando as sequências estratigráficas e delimitando o modelo deposicional como ambiente marinho raso com recorrentes eventos de tempestade e deposição carbonática.

Após um intervalo entre os supracitados trabalhos, a Fm. Piauí voltou a ser estudada por Medeiros (2015; 2020) e Medeiros *et al.* (2019) que utilizou técnicas de associação de fácies trazendo luz a novas informações, pouco tratadas anteriormente. Medeiros *et al.* (2019) consideram que os registros da Fm. Piauí se deram no contexto transgressivo, com variações glacio-eustático afetando os mares Neopaleozóicos, gerando assim estruturas de mares epicontinentais na forma de plataformas carbonáticas na porção interna dos paleocontinentes, sendo a Fm. Piauí o registro mais interno desse mar epicontinental na América do Sul. Para Medeiros (2020) a sucessão de rochas encontradas na Fm. Piauí consistem de ciclotemas que registram a ciclicidade dos eventos deposicionais que foram repetitivos ao longo da transição *Icehouse-Greenhouse* registrada para o Bashkiriano (ISBELL, 2003).

O ambiente anteriormente reconhecido por Lima Filho (1991), como sendo um ambiente marinho raso associado a eventos de tempestade é reconhecido atualmente como uma plataforma de sedimentação carbonática, com pouca associação a eventos de alta energia, porém associada a um campo de dunas e posteriormente substituído por estruturas flúvio-lacustres com presença de deltas/barras de desembocadura (MEDEIROS *et al.*, 2019).

1.2. Problemática

Os estudos prévios levam a uma compreensão paleoambiental, paleoclimática e até paleogeográfica considerando desde aspectos sedimentares a fatores biológicos, como estudos morfofuncionais dos organismos que dão fortes indícios de processos preservacionais. Contudo esses mesmos estudos pouco são considerados os aspectos tafonômicos que levam à preservação dos organismos e gênese do depósito, sendo necessário assim um estudo que considere esses aspectos. Nunes (2003) realizou a caracterização tafonômica do depósito Esperança, o qual é dominado por moldes de braquiópodes, apontando em suas conclusões aspectos paleoecológicos e paleoambientais que levaram à gênese do referido depósito. Dessa maneira é percebido que alguns trabalhos se concentram, ora em escala local ora em escala regional. Identificou-se a partir desse contexto a necessidade de um estudo integrativo, considerando aspectos sedimentológicos, taxonômicos, tafonômicos e paleoecológicos a fim de compreender os processos que atuaram sob a plataforma carbonática da Fm. Piauí, associando as informações dos distintos depósitos, suas características paleontológicas a fim de compreender a variação ambiental dentro da

plataforma, considerando a distribuição geográfica e estratigráfica (quando possível) dos depósitos que compõem a sucessão carbonático-siliciclástica em questão.

Por conseguinte, um estudo bioestratinômico leva ao entendimento de processos tanto anteriores quanto concomitantes à gênese dos depósitos, como também da preservação dos organismos que compõem a assembleia fossilífera.

1.3. Objetivos

Na presente proposta busca-se analisar e entender como se deu a gênese das acumulações de bioclastos preservadas na sucessão carbonática da Formação Piauí, considerando seu conteúdo bioclástico.

Dessa maneira, os objetivos dessa pesquisa se concentram em compreender a gênese e a diversidade das rochas aflorantes nos depósitos carbonáticos selecionados e descritos na seção Geologia local. A presente dissertação consiste em:

- a. Levantar o conteúdo fossilífero, litológico e estruturas sedimentares dos supracitados afloramentos;
- b. Analisar a tafonomia (em termos bioestratinômicos) o conteúdo fóssil preservado nas rochas aflorantes;
- c. Unificar os dados adquiridos das análises (*vide* materiais e métodos) das etapas anteriores a fim de obter interpretações tafonômicas e paleoambientais que auxiliem na elucidação da presente pesquisa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Amostragem de Conteúdo Fossilífero

Os material de estudo para a presente dissertação é composto de moldes internos e externos de moluscos e braquiópodes provenientes da Bacia do Parnaíba, que vem sendo estudados desde a década de 80. O material é composto por 42 espécies de moluscos e 10 gêneros de braquiópodes que puderam ser amostrados em afloramentos ou examinados em coleções.

Para o estudo tafonômico dos depósitos carbonáticos (Subseção 1.3), foram individualizados 25 blocos para análise do arcabouço carbonático e análise da concentração esqueléticas dos depósitos em estudo.

2.1.1. Amostras Examinadas em Coleções Científicas

O material analisado em laboratório totaliza 229 espécimes de moluscos (e.g. Bivalvia, Gastrópode e Cefalopoda) e braquiópodes (e.g. Linguliformea, Craniiformea e Rhyconelliformea) alocados na coleção científica de invertebrados da Universidade Estadual de Campinas (IGe/UNICAMP). Os invertebrados estudados são provenientes de afloramentos que compreendem a Formação Piauí, na borda Leste da Bacia do Parnaíba.

Foram analisados ainda 229 amostras de moldes internos e externos de invertebrados e 14 blocos de calcário, alocados no acervo científico do laboratório de Paleohidrogeologia do Departamento de Geologia e Recursos Naturais do Instituto de Geociências da UNICAMP, os quais possuem sigla **CP3/nº**, essas amostras são provenientes do trabalho de campo descrito nas Subseções 1.2.2 e Seção 1.3.

2.1.2. Material coletado para estudo

O trabalho de campo resultou na coleta de 380 Kg de Calcário fossilífero de 4 localidades (*vide* Subseção 1.2.1), tendo sido coletado para realização de análise tafonômica examinando a composição da biofábrica, arranjo interno dos bioclastos e assinaturas tafonômicas (mais detalhes de análise serão tratados na Subseção 1.3.1). As amostras foram coletadas com sua orientação

azimutal, em tamanhos variados na forma de blocos, porém totalizando 2m³ de cada afloramento.

Os blocos coletados foram retirados de diferentes porções do afloramento, tanto vertical quanto horizontalmente, a fim de ter uma coleta de dados o mais próximo possível da realidade do depósito, totalizando cerca de 25 blocos para análise (*vide* Subseção 1.2.2 e Seção 1.3).

2.2. Aspectos gerais do Trabalho de Campo

2.2.1. Trabalho de Campo

As rochas carbonáticas examinadas são provenientes de 4 afloramentos localizados nos limites do município de José de Freitas-PI (4°53'41.60" S 42°35'42.64" O), localizada a 60Km de Teresina. Os afloramentos constituem seções tipos previamente estudadas com outras finalidades e uma nova ocorrência, em que foi possível levantar informações referentes à litologia, estruturas sedimentares, conteúdo fossilífero e relação horizontal entre os referidos pontos (Seção 3.5).

Dentre os pontos estudados previamente estão o Ponto 1 (Mocambo: 4°53'40.66"S e 42°35'50.51"O), Ponto 2 (Esperança: 4°43'19.04"S e 42°41'18.06"O) e Ponto 3 (Mina Icaraí: 4°43'24.17" e 42°41'46.82"O) essas ocorrências foram estudadas, respectivamente, por Lima-Filho (1991; 1998), Anelli (1996; 1999; 2002; 1997; 2006; 2009; 2012), Nunes (2002) e Medeiros *et al.* (2019), a nova ocorrência carbonática se refere ao Ponto 4 (Mina Passagem do Carmo: 4°47'23.58"S e 42°42'6.34"O). Com fins de padronização os afloramentos serão tratados na Seção 3.5 pelas siglas Ponto 1 (P1), Ponto 2 (P2), Ponto 3 (P3) e Ponto 4 (P4).

Para a realização das coletas contamos com o apoio logístico do Instituto Federal do Piauí (em Teresina); o recurso financeiro foi adquirido através de recursos destinados a atividades de campo do PPGGEO/IGe-UNICAMP, reserva técnica de projeto vinculado a esta pesquisa pela FAPESP (2017/10956-5) e o apoio logístico e financeiro da Prefeitura do Município de José de Freitas.

2.2.2. Amostragem de dados

As coletas foram realizadas, em sua maioria, seguindo o protocolo proposto por Simões e Ghillardi (2000). Em campo, os perfis litológicos foram levantados (Seção 3.5), e a coleta de blocos orientados foi realizada, enquanto que a metodologia de *point-counter* (Subseção 1.3.2) foi utilizada também para amostragem de dados em pavimentos fossilíferos, quando possível.

O método usado para a coleta contou com a remoção da concentração fossilífera na forma de blocos orientados (topo x base), com o estabelecimento de áreas que totalizem 2m³. Durante o campo foram coletados 25 blocos, que são representativos de toda a extensão dos carbonatos aflorantes de maneira que foi levantado uma boa representatividade da distribuição espacial (vertical e lateral) das acumulações bioclásticas.

Os respectivos blocos foram extraídos com uso de martetele rompedor, serra sabre circular, martelo e marreta com proporções aproximadamente semelhantes. O transporte do material até o IGe/UNICAMP foi realizado por transportadora.

Para o caso de afloramentos com pavimentos, ou naqueles em que a coleta seja impossibilitada por algum fator natural, foi possível coletar as informações de densidade fossilífera, diversidade e abundância pela metodologia de *point counter (grid)*, sem remoção de blocos. Para tal, uma placa transparente com 30cm² foi colocada sobre os pavimentos seguindo metodologia desenvolvida por COSTA (2017).

Nas *grids*, as interseções com 5 cm de largura são perfuradas e organizadas horizontalmente (1 a 16) e verticalmente (A-P). A ocorrência de organismos em cada interseção foi anotada numa planilha e transferida para uma versão digital no Excel®. Dessa maneira que foram obtidos dados tafonômicos de cada bioclasto situado dentro da quadrícula, bem como foi possível realizar uma avaliação da densidade fossilífera entre as *grids* realizadas e comparar entre afloramentos a fim de obter resoluções ambientais, tais como direção de paleocorrentes, fluxos e transporte bioclástico considerando aspectos tafonômicos e sedimentares.

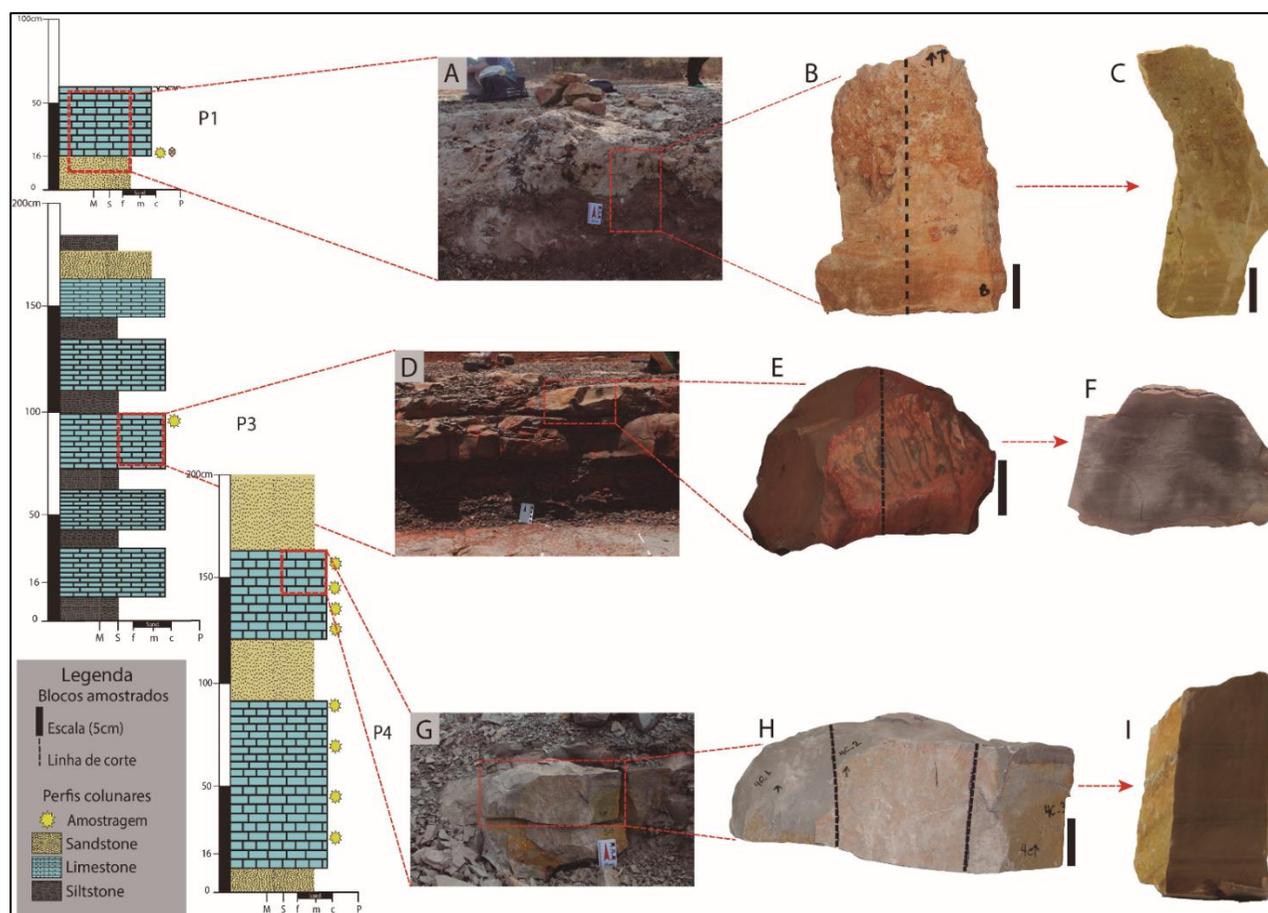
2.3. Análise das Concentrações Esqueléticas

2.3.1. Análise de blocos

A análise tafonômica dos blocos, coletados em campo, sucederam à realização de cortes verticais (Figura 1), dividindo o bloco em duas porções (quando tinha um comprimento de até 25 cm) e em três porções (quando possuía entre 25cm e 45cm), padronizando a quantidade de cortes por tamanho de blocos.

Os blocos foram, portanto, analisados em cortes de seção (internamente) para detectar as características concernentes à biofábrica, arranjo, orientação preferencial dos clastos, e estrutura interna do bloco (*sensu* Kidwell, 1986; BRETT; BAIRD, 1986). O bloco também foi analisado externamente para descrição da biofábrica, composição taxonômica (*vide* Subseção 1.3.3), mensuramentos de bioclastos, modelo de acumulação na matriz.

Figura 1. Critérios para secção dos blocos analisados tafonomicamente. Localização do bloco no afloramento P1 (A), bloco CP3/591 com demarcação de corte (B), vista lateral após o corte do bloco (C); localização do bloco no afloramento P3 (D), bloco CP3/594 com demarcação de corte (E), vista lateral após o corte do bloco (F); localização do bloco no afloramento P4 (G), bloco PIC/017 com demarcação de cortes (H) e vista lateral após o corte do bloco (I).



Para refinar a análise dos blocos considerou-se a biofábrica (e.g. análise tridimensional do arranjo bioclástico), a partir dos critérios de classificação descritiva de Kidwell (1986) para acumulações bioclásticas modernas e fósseis em ambientes *onshore* e *offshore*:

a) Composição taxonômica: se refere ao tipo de esquelético encontrado numa dada acumulação e ao uma classificação taxonômica geral, considerando monotípica as concentrações que possuem um tipo esquelético (e.g. bivalve ou ostra) ou um taxa (e.g. *Crassostera virginica*) compondo a acumulação, enquanto as acumulações polítípicas consistem de dois (2) ou mais tipos esqueléticos e/ou espécies.

b) Empacotamento: se refere à composição estrutural da concentração fossilífera, em que a matriz pode ser suportada por bioclastos, onde a porcentagem de matriz sedimentar (e.g. carbonato) é maior que a quantidade de bioclastos, ou quando o bioclasto suporta a matriz sedimentar, ou seja, a composição da fábrica é puramente bioclástica (e.g. coquinas jurássicas).

c) Geometria: se refere à maneira como a acumulação de partes duras foi depositada e se encontra num afloramento, podendo ter acumulações em duas dimensões (2d) sendo pavimentos ou *stringers*, ou ainda em três dimensões (3d) como lentes, preenchimentos de fissuras, acamamento tabular (*bed*), lente em truncamentos (*wedge*), aglomerados (*clumps*) e *pods*. A definição de geometria é realizada considerando a totalidade aflorante do depósito, sendo uma observação estrutural durante a etapa de campo (*vide* Seção 1.2).

d) Orientação preferencial dos bioclastos: se relaciona à maneira como os bioclastos estão dispostos na matriz tanto em plano quanto em seção transversal. A orientação em plano consiste em analisar a orientação da porção bioclástica estável das conchas (e.g. umbo de moluscos e braquiópodes), classificando a direção em unidirecional, quando há direção preferencial majoritária dos bioclastos, bidirecional quando há duas direções preferenciais ou aleatória (e.g. *Randomized*) quando há múltiplas direções. A orientação bioclástica em seção transversal consiste em verificar a deposição da partícula bioclástica em relação ao plano de acamamento, sendo concordante/paralela quando está no mesmo sentido de sedimentação da matriz sedimentar, oblíquo

quando o bioclasto está disposto obliquamente (ângulo entre 0° e 90°) em relação ao acamamento e perpendicularmente quando está disposto em um ângulo de 90° em relação ao plano de acamamento. A classificação de orientação em seção gera uma classificação para o modelo de acumulação formada pelos bioclastos, podendo estar imbricados (obliquamente ou *edgewise*), empilhados (com convexidade para cima ou para baixo), aninhados ou em padrão de encaixe telescópico (e.g. *telescoping*).

e) Estrutura interna: se relaciona ao conjunto de informações obtidas anteriormente, considerando estruturas internas simples quando possuem homogeneidade com uma tendência de concentração monotípica e fatores topográficos do depósito, enquanto as estruturas internas complexas exibem horizontes alternados, com variedade de estilos preservacionais, articulação dos bioclastos em proporções distintas e/ou amalgamações laterais e/ou verticais.

f) dados tafonômicos adicionais: quanto aos dados adicionais foi possível mensurar biometria bioclástica (comprimento, altura, largura), grau de seleção, posição *in situ* de algumas espécies, atividade biológica (e.g. bioturbação) e articulação de valvas.

As aquisições de dados contam com análises tanto internas quanto externas dos supracitados blocos, visto que estas amostras já tinham sido removidas mecanicamente do afloramento. Além disso informações tafonômicas tais como: a) articulação entre valvas, b) reorientação, c) fragmentação, d) tipo de preservação, e) preferência azimutal e outras informações adicionais foram obtidas a partir tanto dos blocos internamente quanto externamente. Os bioclastos foram analisados individualmente a fim de detectar as assinaturas tafonômicas (e.g. fragmentação, orientação do bioclasto, proporção de valvas, identificação taxonômica, biometria e articulação).

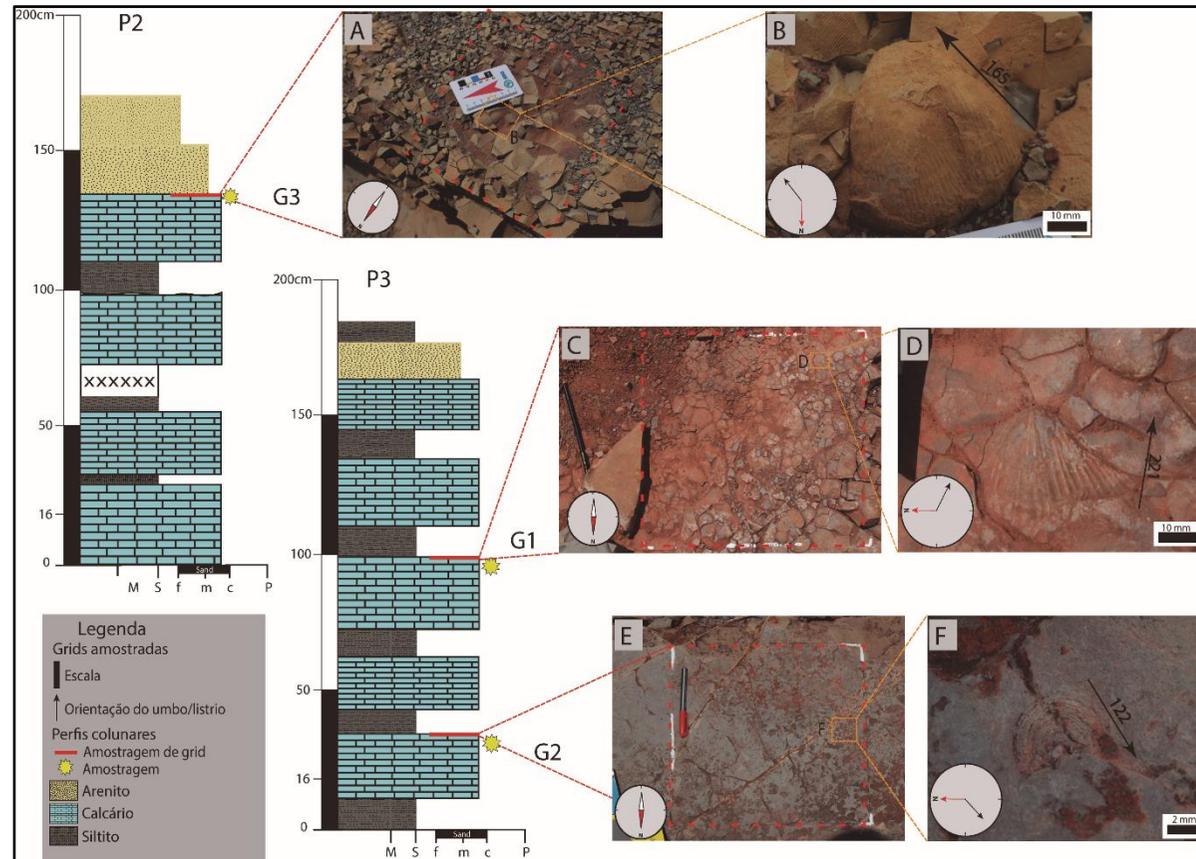
2.3.2. Análise de *Point-counter* (*Grid*)

A análise de *point-counter* (*grid*) é bastante utilizada para contagem de componentes sedimentares numa determinada rocha, sendo bastante utilizada para petrografia sedimentar (FLÜGEL, 2004). Contudo esse método foi transposto como uma ferramenta de análise tafonômica como proposto por Simões e Ghillardi (2000), com o uso de quadrículas pré-definidas (3m³) que visam estabelecer um padrão de amostragem comum entre pontos distintos, estabelecendo um eixo vertical (y) e um eixo horizontal (x), com demarcações internas a fim de avaliar tafonomicamente uma área, o método utilizado para quaisquer concentrações esqueléticas.

No entanto o método aqui utilizado consta do uso de uma placa de 30cm², com eixos definidos com um código alfanumérico (*vide* Subseção 1.2.2) como utilizado por Costa (2017). Para a presente dissertação convencionou-se utilizar o método de *grid* para analisar pavimentos fossilíferos, considerando obter assinaturas tafonômicas dos componentes bioclásticos, avaliando a distribuição desses bioclastos dentro da área de *point-counter*, a fim de comparar a densidade fossilífera entre os afloramentos e se há algum *trend* de distribuição bioclástica entre os distintos níveis estratigráficos dos afloramentos.

A análise adotada para a *grid* durante a coleta de dados contou com a anotação das assinaturas tafonômicas, orientação azimutal e classificação taxonômica dos bioclastos, quando possível, em ordem crescente (0-16 e A-P). A orientação azimutal foi mensurada com base no umbo das conchas (Figura 2) tanto de moluscos quanto de braquiópodes, medidas com o uso de bússola *Clar*, por conseguinte foram inseridos em arquivo de dados no formato de texto (txt.) e tratados com o uso do *software OpenStereo*® para gerar diagramas de rosetas. Os dados tafonômicos planilhados em campo foram inseridos em planilhas do Excel® para que pudessem ser tratadas para geração de gráficos, onde foram obtidas informações acerca de bioclastos inteiros e fragmentados, articulados e desarticulados, convexidade das conchas e relação do bioclasto com o acamamento.

Figura 2. Localização das quadrículas (grids) nos afloramentos com pavimentos fossilíferos. Posicionamento da G3 (A) no P2 com indicação do norte e demarcação da grid pelo quadrado (30cm²) pontilhado em vermelho, em detalhe (B) molde de Braquiópode Productídeo encontrado na G3, indicando a orientação do umbo aferida. Posicionamento da G1 (C) no P3 com indicação do norte e demarcação da grid pelo quadrado pontilhado em vermelho, em detalhe (D) molde de Braquiópode Espiriferídeo encontrado na G1 indicando a orientação do umbo aferida. Posicionamento da G2 (E) no P3 com indicação do norte e demarcação da grid pelo quadrado pontilhado em vermelho, em detalhe (F) molde de Braquiópode Discinídeo encontrado na G2 indicando a orientação do lístrio aferida.



A posição dos bioclastos dentro da *grid* também foi considerada como um resultado, em que foi plotada uma projeção digital (*vide* Capítulo 5) com a ocupação relativa e total da área, onde foi possível aferir *grids* com maior densidade em determinados níveis e correlacionado níveis com similaridade tafonômica e de densidade fossilífera. A integração dos dados sedimentológicos, tafonômicos e de densidade fornecem uma resolução ambiental que define processos de transporte e correntes dentro dos subambientes estudados, auxiliando a elucidar elementos da gênese dos depósitos e densidade dos mesmos.

2.3.3. Taxonomia dos Invertebrados Fósseis

A identificação taxonômica dos invertebrados analisados na Formação Piauí, foram identificados quando possível, principalmente devido ao seu grau de preservação e alto grau de fragmentação, tendo sido utilizado os moldes extraídos das concentrações fossilíferas, bem como moldes em látex e em massa premo.

Por não se tratar do escopo deste trabalho, a taxonomia dos invertebrados não seguiu uma identificação taxonômica tradicional a nível específico, tendo sido considerado suficiente para o presente trabalho o nível genérico principalmente para os Braquiópodes, Cefalópodes e Gastrópodes, conforme proposto por Best e Kidwell (2000).

Para a identificação seguiu-se os parâmetros taxonômicos do Tratado de Paleontologia de Invertebrados (*Treatise on Invertebrate Paleontology*), respectivamente Parte H (Braquiópodes), Parte J (Gastrópodes Paleozoicos) e Parte M (Cefalópodes). Além do *Treatise on Invertebrate Paleontology* como referência básica de taxonomia, foram utilizados artigos científicos e dissertações com identificações preliminares da localidade de trabalho (ANELLI, 1994; ANELLI, 1999; NUNES, 2002; ZABINI *et al.*, 2017).

Os bivalves por se tratarem de um táxon bem estudado na região, foram categorizados em níveis específicos, foram revisados com a utilização de artigos científicos indexados em bases de dados e holótipos armazenados na coleção de invertebrados do IGc/USP, baseado nas identificações de Anelli e colaboradores (ANELLI, 1994; ANELLI, 1999; ANELLI *et al.*, 2002; ANELLI; ROCHA-CAMPOS; SIMÕES, 2002; ANELLI *et al.*, 2006; ANELLI *et al.*, 2009; ANELLI *et al.*, 2012).

Sob aspectos estritamente tafonômicos, a classificação taxonômica de uma concentração não é tida como objeto primário, considerando que classificar fósseis em níveis inferiores a gênero é uma impossibilidade, dado o tipo de preservação e grau de fragmentação do espécime (GHILLARDI, 2004).

Optou-se, portanto, por categorizar os bioclastos (quando possível) ao nível genérico, para que pudesse ser estabelecido padrões faunísticos, tafonômicos e sedimentares dos afloramentos citados anteriormente (Subseção 1.2.1), como também conjecturar questões acerca do ambiente e de caracterizações dos depósitos (e.g. autóctone, parautóctone, alóctone e de sufocamento [*sensu* Kidwell, 1986; Brett, 1995; Simões *et al.*, 2002]), com a utilização de espécimes preservadas *in situ*, classificando de maneira adequada tanto os depósitos quanto os bioclastos e seus modos de vida.

2.3.4. Análise estatística

Os dados tafonômicos (e.g. fragmentação, orientação do bioclasto, proporção de valvas, identificação taxonômica, biometria e articulação) obtidos em campo e em laboratório foram armazenados em bancos de dados digitais, em planilhas Excel®, em que os fósseis e suas informações taxonômicas e tafonômicas são colocadas de acordo com seu aparecimento durante análise em campo ou laboratório, seguindo uma preferência do topo para a base, nesta dissertação.

Para os 229 espécimes coletados em campo e armazenados em acervos, foram propostas análises estatísticas a fim de compreender as razões em que os caracteres (e.g. assinaturas tafonômicas) analisados apareciam nos depósitos. Para isso o tratamento desses dados estatísticos foi realizado no Excel®, com elaboração de gráficos (e.g. nível de fragmentação, orientação do bioclasto na matriz, convexidade da concha, etc.), para posteriormente ser analisado, interpretado e discutido (*vide* Capítulo 5).

Os tratamentos relativos às análises multivariadas foram tratados e plotados através da linguagem de programação Python (versão 3.5.7) e do *Software* R, com uso de pacotes de análises de dados e relação entre os parâmetros tafonômicos, tendo sido interpretado o transporte e grau de remobilização que os remanescentes esqueléticos sofreram durante a gênese do depósito (BRETT;

BAIRD, 1986; BRETT, 1993; SIMÕES; GHILARDI, 2000; GHILARD, 2004; QUAGLIO *et al.*, 2014). As análises estatísticas ainda poderão contar com análises de componentes principais e análise de variância a fim de verificar quais fatores podem ter sido determinantes durante o processo bioestratinômico dos organismos nas respectivas concentrações fossilíferas (ERTHAL *et al.*, 2017) e como cada assinatura ou processo contribuiu para gênese dos referidos carbonatos.

3. GEOLOGIA REGIONAL

3.1. Bacia do Parnaíba

A Bacia do Parnaíba é uma bacia intracratônica localizada na porção Nordeste do Brasil (Figura 3), limitada ao Leste pela Província do Borborema, ao Sul pelo Cráton São Francisco, Oeste pelo cinturão do Araguaia e ao Norte pelo Arco Ferrer-Urbano Santos (SILVA *et al.*, 2003; IBANEZ *et al.*, 2017; COELHO *et al.*, 2018).

Assim como as demais bacias intracratônicas Brasileiras, a Bacia do Parnaíba está situada no interior continental (tectonicamente estável) da plataforma Sul-Americana. Outros caracteres-chave que incluem esta Bacia dentro da classificação das bacias intracratônicas são: a) área acima de 100.000 Km², b) possuir forma de circular a subcircular (Figura 3), c) recobrir a crosta Pré-cambriana com significativa inconformidade, exibir erosão na margem da bacia e d) ser submetida a uma lenta e prolongada subsidência (MESNER; WOOLDRIDGE, 1964; SILVA *et al.*, 2003; VAZ *et al.*, 2007; MENZIES; CARTER; MACDONALD, 2018; ABRANTES *et al.*, 2019).

A Bacia do Parnaíba compõe a Província Sedimentar do Meio-Norte (Figura 3), que posteriormente foi proposta como homônima por Góes (1995), pois notou dificuldades na compreensão dos aspectos tectono-sedimentares no contexto de uma bacia única, principalmente pela evolução policíclica desta província, que conduziu sua divisão em sub-bacias, em que a maior área é ocupada pela Bacia do Parnaíba (SILVA *et al.*, 2003; MENZIES; CARTER; MACDONALD, 2018).

A Bacia é preenchida por sedimentos do Ordoviciano ao Cretáceo, refletindo uma sedimentação multe episódica com proveniência dos sedimentos de ambientes marinho, flúvio-deltaico, desértico e fluxos basálticos (MESNER; WOOLDRIDGE, 1964; SILVA *et al.*, 2003; VAZ *et al.*, 2007; IBANEZ *et al.*, 2017; MENZIES; CARTER; MACDONALD, 2018; ABRANTES *et al.*, 2019).

Caputo e Soares (2016) articulam que as Bacias Paleozoicas do Amazonas e Parnaíba estiveram ligadas entre si e com outras Bacias do continente Africano durante o início do Paleozoico. Discutindo que o evento tectônico do Gurupá, foi o responsável por destruir a continuidade física entre essas Bacias do Amazonas e

Parnaíba, formando entre as supracitadas Bacias Paleozoicas Brasileiras o Arco do Gurupá, que é o soerguimento do embasamento pré-cambriano na porção Oriental durante a ruptura do Gondwana ao longo da orogenia Herciniana (GÓES; FEIJÓ, 1994; CAPUTO; SOARES, 2016).

Muitos autores descrevem que a gênese da Bacia do Parnaíba tem sido atrelada ao período de estabilização da Plataforma Sul-Americana, com seu embasamento dividido entre a Província do Borborema e a Faixa Tocantins-Araguaia, compostas principalmente por rochas metamórficas, ígneas e sedimentares oriundas de processos tectono-magmáticos com idades que abrangem o intervalo Arqueano-Ordoviciano (MESNER; WOOLDRIDGE, 1964; GÓES; FEIJÓ, 1994; VAZ *et al.*, 2007; TOZER; WATTS; DALY, 2017; IBANEZ *et al.*, 2017; MENZIES; CARTER; MACDONALD, 2018; COELHO, 2018; HOLLANDA; GÓES; NEGRI, 2018). A evolução tectônica se deu por associações entre falhas produzidas por esforços distensivos e depressão interior causada por movimentos verticais que culminaram estruturalmente em uma sinéclise (Figura 4) dando um formato circular à Bacia (SILVA *et al.*, 2003; TOZER; WATTS; DALY, 2017).

Vaz e colaboradores (2007) ainda pontuam que a influência da reativação de um megassistema de falhas. A orogenia Brasiliana reativou os lineamentos do embasamento, condicionando subsidência crustal pós-orogênica e conduzindo ainda o deslocamento do depocentro para a porção central da bacia durante o intervalo Neocarbonífero-Jurássico, gerando na Bacia um espesso pacote sedimentar com 3.500m de comprimento (GÓES; FEIJÓ, 1994; VAZ *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2003; MENZIES; CARTER; MACDONALD, 2018; COELHO *et al.*, 2018).

Por conta da influência tectônica durante a evolução da Bacia do Parnaíba, o contexto sedimentar é dividido em cinco supersequências: (1) Siluriana, (2) Mesodevoniana, (3) Eocarbonífera, (4) Neocarbonífero-Eotriássica, (5) Jurássico-Cretáceo, que são delimitadas por discordâncias regionais, que se estendem por toda a bacia, dentre as sequências descritas nos pacotes sedimentares da Bacia do Parnaíba as quatro primeiras são do Paleozoico e a última referente ao Mesozoico (GÓES; FEIJÓ, 1994; VAZ *et al.*, 2007; JAJU, 2018; MENZIES; CARTER; MACDONALD, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Figura 3. Localização da Província do Parnaíba. A) Localização da Província na Plataforma Sul-Americana. B) Subdivisão das Bacias que compõem a Província do Parnaíba (Modificado de Góes, 1995).

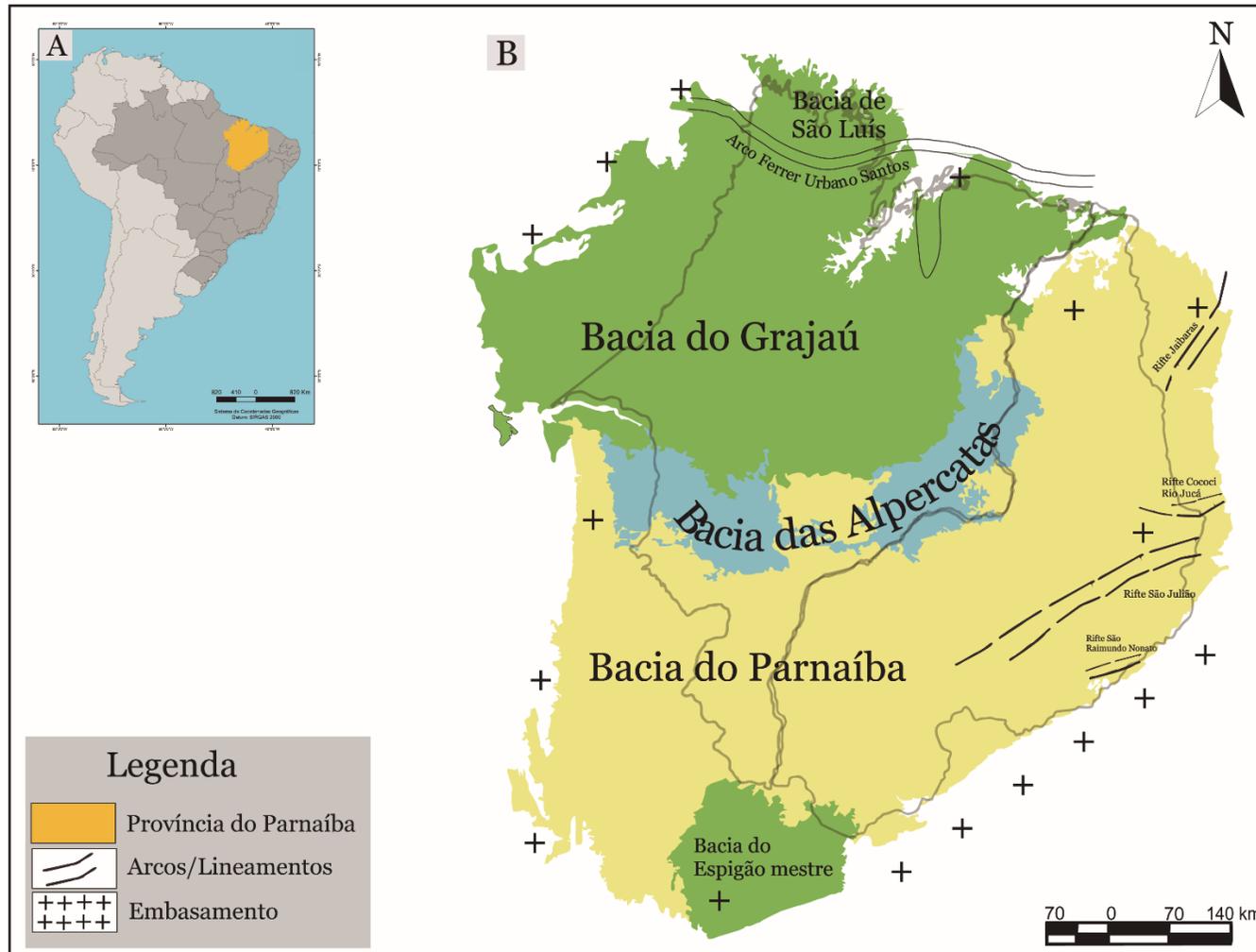
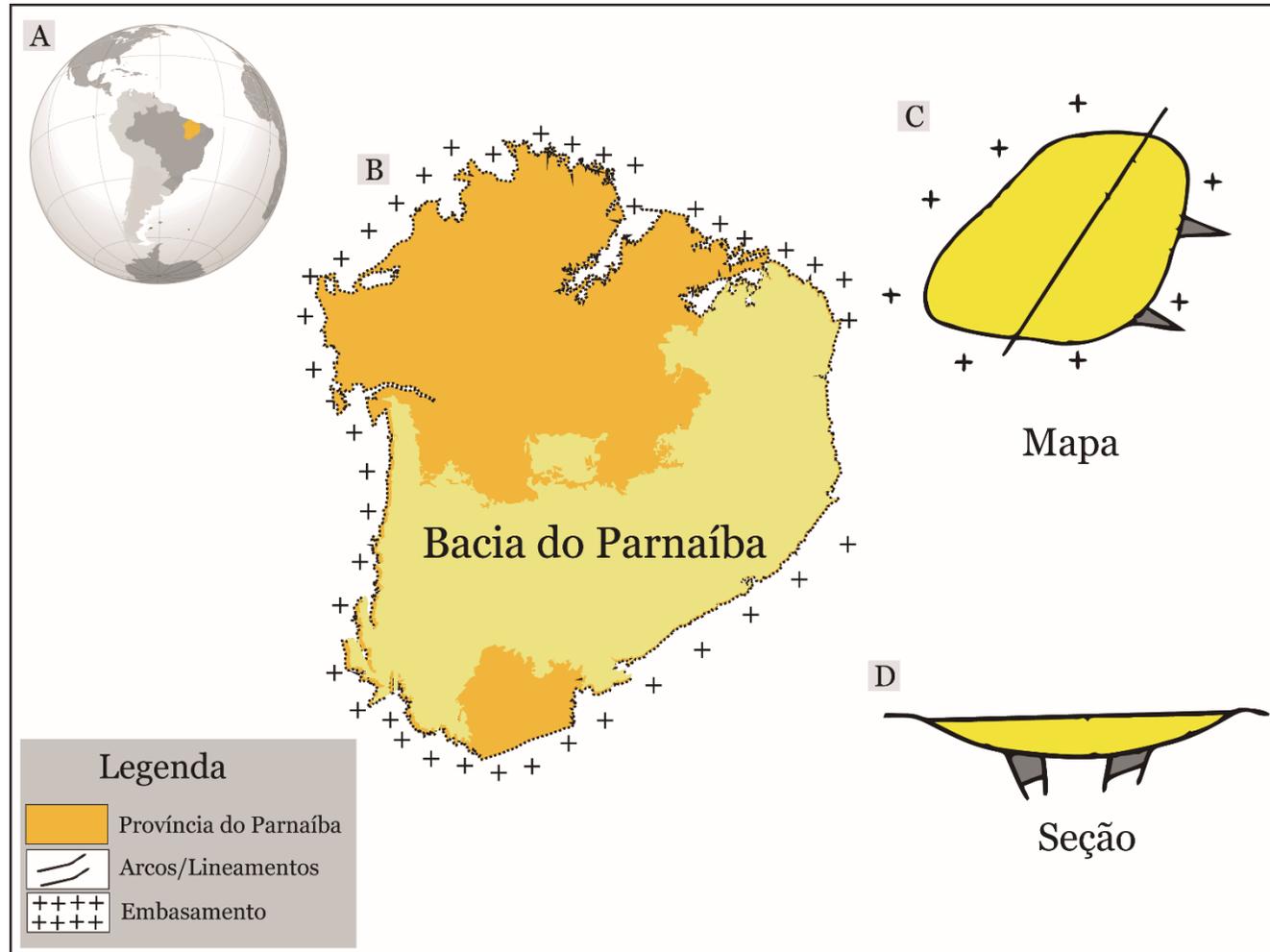


Figura 4. Representação esquemática da estrutura de Bacias intracratônicas do tipo SAG, como proposto para a Bacia do Parnaíba. A) Localização da Bacia do Parnaíba na Plataforma Sul-Americana. B) Mapa da Bacia do Parnaíba com seus limites e estrutura de embasamento. C) Visão superior da área da Bacia com seus limites. D) Estrutura da Bacia do Parnaíba em seção transversal (Modificado de Silva et al., 2013).



3.2. Supersequência Neocarbonífera-Eotriássica: O Grupo Balsas

As supersequências registradas na Bacia do Parnaíba foram definidas como processos deposicionais de segunda ordem, tendo suas gêneses ligadas ao preenchimento da Bacia com ciclos tectônicos correlacionáveis e de caráter global (GÓES; FEIJÓ, 1995; MENZIER; CARTER; MACDONALD, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018). A sequência Neocarbonífera-Eotriássica foi primeiramente descrita por Small (1914) como série Piauí, respectiva a toda a sequência Paleozoica da então conhecida Bacia do Maranhão, posteriormente nomeada de Bacia do Parnaíba por Góes e Feijó (1994).

A definição do nome Piauí para os estratos de idade pensilvaniana ocorreu após descrições realizadas por Duarte (1936) e Oliveira & Leonardo (1943). Esta seção de idade Pensilvaniana compreendia o pacote sedimentar entre duas discordâncias (VAZ *et al.*, 2007; SANTOS; CARVALHO, 2004). A primeira discordância localizada na porção inferior, apresentando contato com a sequência Mississipiana do Carbonífero Inferior (Fm. Poti) e outra discordância na porção superior em que a sequência Neocarbonífera-Eotriássica está sotoposta aos derrames basálticos Eotriássico-Jurássico (Fm. Mosquito), segundo a proposta de Vaz *et al.* (2007) na carta estratigráfica (Figura 5) da Bacia do Parnaíba (HEILBRON *et al.* 2018; TOZER; WATTS; DALY, 2017; JAJU *et al.* 2018; OLIVEIRA *et al.* 2018).

A problemática da posição em que as discordâncias (Figura 5), que definem tais sequências, são alocadas na coluna estratigráfica passou por mudanças por algumas interpretações ao longo dos estudos realizados na Bacia do Parnaíba, principalmente para a porção paleozoica e mais basal da Bacia (LIMA FILHO, 1991; BARBOSA; CÓRDOBA; SOUSA, 2016; MENZIER; CARTER; MACDONALD, 2018).

A Formação Piauí, no entanto, esteve definida com poucas variações em sua posição, tendo sido descrita como a formação que compõe a base da sequência Neocarbonífera (Figura 6). Após os primeiros estudos foram reconhecidas características que individualizaram outras formações com diferentes idades na supracitada sequência: um estrato composto por sílex e troncos de *Psaronius* rolados nomeada Pedra de Fogo. Esta formação é atribuída ao Permiano e é sotoposta à Fm. Piauí, compreendendo a porção de idade neocarbonífera (PLUMMER, 1946;

MESNER; WOODRIDGE, 1964; LIMA FILHO, 1991; ARAÚJO *et al.*, 2015; ABRANTES *et al.* 2018; ABELHA *et al.*, 2018; JAJU *et al.*, 2018; MEDEIROS *et al.*, 2019).

Sobrepondo a Fm. Pedra de Fogo, Plummer (1946) também descreve folhelhos avermelhados com finas sobreposições de anidrita e calcários como Formação Motuca, compondo a terceira unidade; e para a quarta unidade desta sequência já compreendendo a porção eotriássica (CONCEIÇÃO *et al.*, 2016; IANUZZI *et al.*, 2018; ABRANTES; NOGUEIRA; SOARES, 2016; ABRANTES *et al.* 2018; ABRANTES *et al.* 2019). Mesner e Wooldridge (1964) discutem a dificuldade na distinção entre as camadas e definem como Formação Sambaíba para os arenitos eólicos que formam mesetas (SANTOS; CARVALHO, 2004; VAZ *et al.*, 2007; JAJU *et al.*, 2018; ABELHA *et al.*, 2018).

Esta sequência da Bacia do Parnaíba foi nomeada como Grupo Balsas e é definida por ciclos clástico-evaporíticos durante períodos de distribuição de mares abertos, clima quente e variações nos níveis eustáticos do mar, condicionados por sequências transgressivo-regressivas, geração de mares epicontinentais que gradam para sistemas desérticos, com a consequente continentalização na Bacia do Parnaíba (GÓES; FEIJÓ, 1994; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016; IANUZZI *et al.*, 2018; ABRANTES; NOGUEIRA, 2013; ABRANTES; NOGUEIRA; SOARES, 2016; ABRANTES *et al.* 2018; ABRANTES *et al.* 2019; MEDEIROS *et al.*, 2019).

Figura 5. Carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba com destaque para a sequência Neocarbonífera-Eotriássica do Grupo Balsas (Modificado de Vaz et al, 2007).

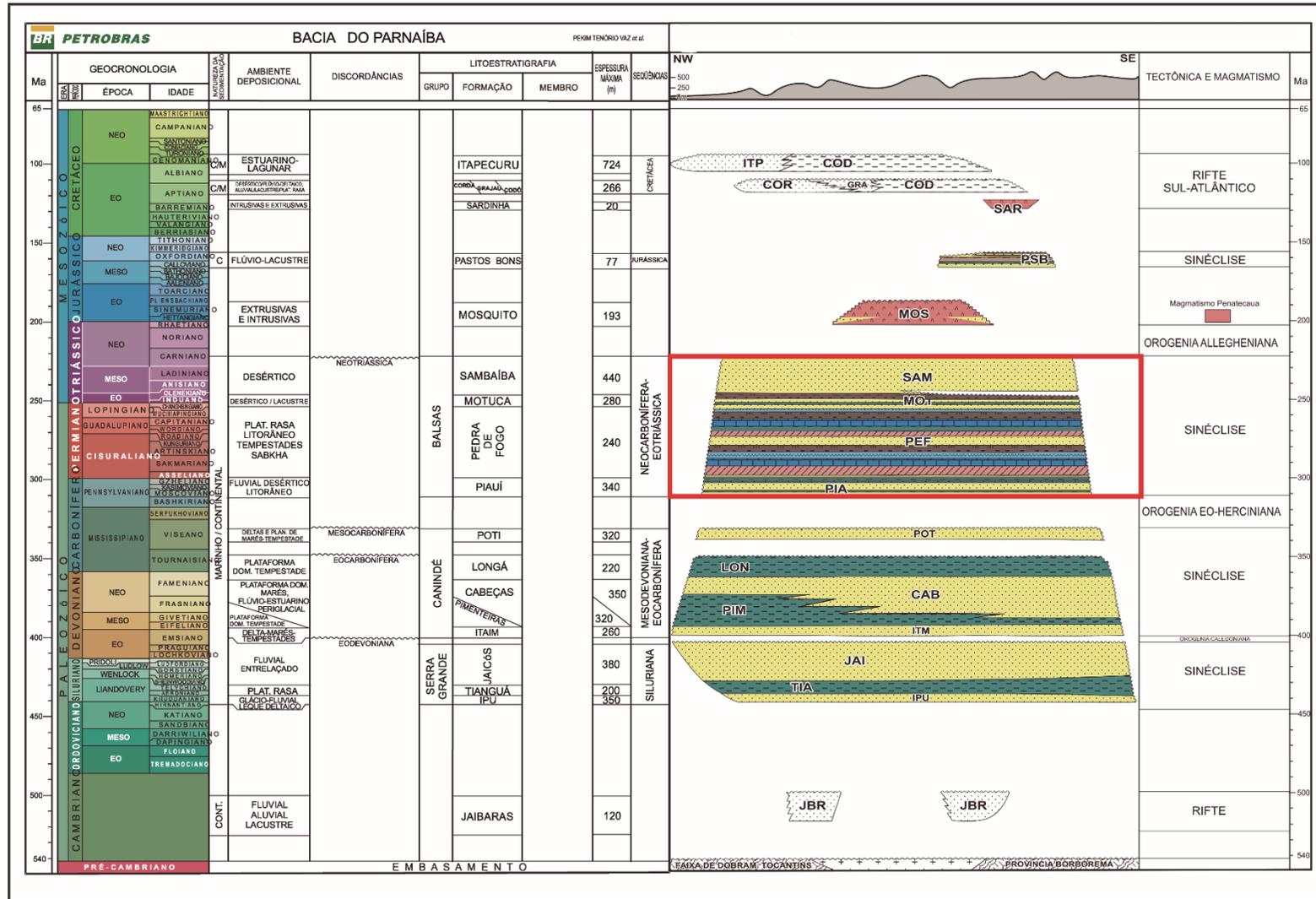
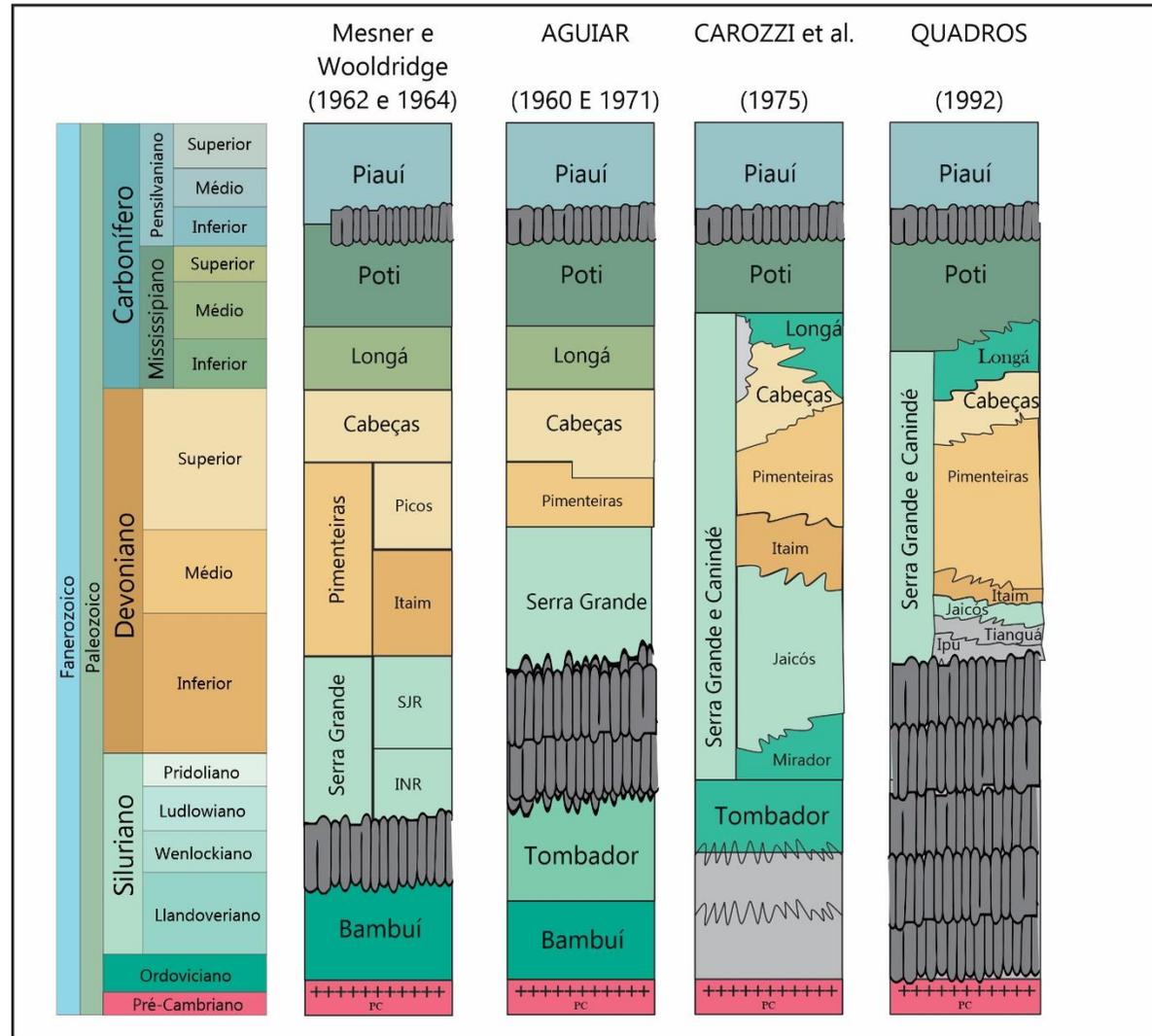


Figura 6. Colunas estratigráficas relacionando a posições de discordâncias na porção inferior do paleozoico da Bacia do Parnaíba (Modificado de Lima Filho, 1991).



3.3. Formação Piauí: Geologia e idade

A Formação Piauí é distribuída nas porções Sul e Norte da Bacia do Parnaíba, sobrepondo os arenitos e siltitos da Formação Poti e é coberta pela camada basal de sílex da Formação Pedra de Fogo (SILVA *et al.*, 2003; BARBOSA *et al.*, 2016; HEILBRON *et al.* 2018; TOZER; WATTS; DALY, 2017; JAJU *et al.* 2018; OLIVEIRA *et al.* 2018).

A Formação Piauí é caracterizada por arenito cinza-esbranquiçado, de granulação fina a média, com grãos bem selecionados, folhelhos vermelhos e calcários esbranquiçados. Esta unidade é dividida por Mesner e Wooldridge (1964) em duas porções, sendo a inferior com até 170 m de espessura e caracterizada por arenitos rosa a vermelhos, com grãos subarredondados a esféricos, foscos, com laminação cruzada, em que se intercalam folhelhos vermelhos (MESNER; WOOLDRIDGE, 1964; LIMA-FILHO, 1991; BARBOSA *et al.*, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2019).

A porção superior apresenta espessura de 250 m composta principalmente de uma sequência alternada de folhelhos vermelho e verde, arenito vermelho, dolomita rosa e calcário fossilífero cinza, foco de grande parte dos trabalhos realizados, (MESNER; WOOLDRIDGE, 1964; GÓES; FEIJÓ, 1995; BARBOSA *et al.*, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2019).

A sedimentação para a porção superior da Formação Piauí tem sido caracterizada como ambiente continental a litorâneo, sob severo período de aridez (GÓES; FEIJÓ, 1994), correspondendo ao terceiro grande ciclo sedimentar da Bacia do Parnaíba (ARAÚJO *et al.*, 2015; ABRANTES *et al.* 2018; ABELHA *et al.*, 2018; JAJU *et al.*, 2018).

Os afloramentos que circundam a área urbana do município de José de Freitas-PI, são conhecidos e amplamente tratados em pesquisas, pela grande concentração de restos esqueletais de organismos marinhos na sucessão carbonática (DUARTE, 1936; MESNER; WOOLDRIDGE, 1964; SUGUIO; FULFARO, 1977; SILVA *et al.*, 2003; SANTOS; CARVALHO, 2004; ANELLI *et al.*, 2006; ANELLI *et al.*, 2009; ANELLI *et al.*, 2012; MEDEIROS *et al.*, 2019).

3.4. Estratigrafia e ambiente na porção Superior da Formação Piauí

Os estratos Pensilvanianos do Grupo Balsas correspondem ao primeiro ciclo estratigráfico identificado por Lima-Filho (1998), constituindo ciclos de 3ª ordem (~270m de comprimento para a Fm. Piauí). Esses estratos possuem em toda sua extensão 11 (onze) ciclos de 4ª ordem inseridos em contextos de Tratos de Sistema Transgressivo (TST), Tratos de Sistema de Mar Alto (TSMA) e Tratos de Sistema Regressivo (TSR), variando em perfis de aproximadamente 50m a 80m de comprimento, dentre os quais os cinco últimos ciclos registram a sequência carbonática na porção superior da Fm. Piauí (LIMA-FILHO, 1998; BARBOSA; CÓRDOBA; SOUSA, 2016).

A porção superior da Fm. Piauí é caracterizada por uma sucessão clástica-carbonática, de origem mista, contando com depósitos marinhos e continentais (LIMA-FILHO, 1998; MEDEIROS, 2015; MEDEIROS *et al.*, (2019, 2020). Medeiros *et al.* (2020) identifica três associações de fácies (AF) para a porção superior, gradando estratigraficamente de campos de dunas (AF1) para um depósito de mar raso (AF2), sotoposto por depósitos de prodelta (AF3).

De acordo com as análises faciológicas/microfaciológicas realizadas por Medeiros *et al.* (2019; 2020) a porção superior dessa formação é distinguida em duas associações de fácies principais, sendo a primeira associação de fácies (AF1) descrita por arenitos com estratificação cruzada tabular, estratificação plano paralela e laminação cruzada transladante subcrítica. Esses arenitos foram depositados sob influência eólica, compondo assim um ambiente de dunas costeiras com interdunas e sistema de migração. Essas fácies ainda são bem caracterizadas pela presença de icnofósseis *Thalassinoides* que formam uma robusta estrutura de galerias de habitação (*domichinia*) essa porção clástica é sotoposta por carbonatos de origem marinha da AF2 (DUARTE, 1936; LIMA-FILHO, 1998; MEDEIROS *et al.*, 2019, 2020).

A origem da porção carbonática (AF2) da Fm. Piauí tem sido atribuída aos ciclos regressivo-transgressivo durante o Paleozoico Superior. Esses carbonatos, por sua vez, são reconhecidos por sua matriz composicional de *grainstones* até carbonatos de arcabouço cristalino com forte presença de peloides e bioclastos, preservando uma ampla fauna de invertebrados marinhos como moldes, definindo assim depósitos de mar raso (DUARTE, 1936; KEGEL, 1951; KEGEL; COSTA,

1952; ANELLI, 1996; 1999; NASCIMENTO *et al.*, 2018; MEDEIROS *et al.*, 2019, 2020).

A AF2 indica influência de um clima árido, em que é observável nas feições carbonáticas a presença de gretas de contração, indicando uma exposição subaérea sob severa aridez (MEDEIROS *et al.*, 2019; MEDEIROS, 2020). A fauna marcante, associada a um ambiente marinho raso ligado a plataformas carbonáticas, geradas em mares epicontinentais (como registradas nas Bacias Brasileiras do Amazonas e Parnaíba) (SILVA *et al.*, 2018; MEDEIROS *et al.*, 2019; MEDEIROS, 2020).

Os depósitos da associação de fácies marinho raso são substituídos gradualmente por um sistema de delta/prodelta (AF3) que se localiza no topo da Fm. Piauí fazendo contato com depósitos Permianos (Fm. Pedra de Fogo). Esses depósitos de prodelta são marcados por argilitos com lentes arenosas, marcando lobos de suspensão fluvial (MEDEIROS, 2020).

3.5. Geologia Local: Afloramentos, Litologias e Estruturas sedimentares

Nesta seção buscou-se descrever a localização geográfica (Figura 7) e acesso aos afloramentos estudados durante a execução da presente dissertação, de maneira que associamos na descrição dos afloramentos a descrição litológica e estruturas associadas (Figura 8), bem como também uma breve descrição da fauna associada utilizada para definir unidades deposicionais.

Os pontos P1, P2 e P3 são descritos baseados na literatura, em descrições realizadas em estudos anteriores a este, contudo são associados a observações realizadas em campo com uma redescrição de porções não descritas anteriormente. O afloramento P4 consiste em uma nova ocorrência e é descrita pela primeira vez neste trabalho.

Por fim os pontos P5, P6, P7 e P8 consistem em descrições revisadas da literatura, visto que a maioria dessas ocorrências fossilíferas não possui fácil acesso ou localização exata, haja visto que em outros casos os afloramentos sofreram explosões de maneira que o estudo litoestratigráfico e tafonômico torna-se impossibilitado, sendo a literatura as únicas fontes de informação acerca dessas ocorrências.

Ponto 1 (Afloramento Mocambo)

O ponto 1 (P1) de coleta corresponde ao afloramento conhecido informalmente como mocambo, que vem sendo estudado desde a década de 50, devido à fauna diversa preservada na presente fácies carbonática (KEGEL, 1951; KEGEL; COSTA, 1952; LIMA-FILHO, 1991; LIMA-FILHO, 1998; ANELLI, 1996, 1999; ANELLI *et al.*; 2002, 2006, 2012). O nome informal do afloramento é devido ao nome de fazendas localizadas próximo a este, atualmente está inserido dentro da área de reserva legal da comunidade rural com mesmo nome a 10 Km da sede municipal de José de Freitas-PI. O acesso ao P1 é realizado pela estrada Estadual PI-113, no sentido Teresina-José de Freitas sob as coordenadas geográficas 4°53'40.66"S e 42°35'50.51"O (Figura 7), e apresenta arenito na base, sucedido por fácies carbonática aflorante e o carbonato sotoposto por uma sequência de argilitos (Figura 8).

O arenito que está na base da porção aflorante do P1, possui granulometria de fina a média com grãos subarredondados a esféricos exibindo estratificação plano-paralela. A composição do arenito torna-se mais calcífera no topo, apresentando uma transição incipiente com a porção carbonática (LIMA-FILHO, 1991; ANELLI, 1996).

O carbonato de coloração creme possui cerca de 1,5m de comprimento com camada de geometria tabular a ondulada que possui na base um contato incipiente com arenito e maior presença de areia fina na porção basal do que no topo (LIMA-FILHO, 1991; ANELLI, 1996; MEDEIROS *et al.*, 2019). A estrutura carbonática possui cimentação dolomítica, constituída por poros móldicos e do tipo *vug*, formando macroporos preenchidos por dolomita, calcita e em algumas porções envolvidos por filmes ferruginosos. Essa litologia é classificada como *grainstone* dolomítico e não apresenta nenhuma estrutura sedimentar associada, no entanto, denota laminação e acamamento plano-paralelo incipiente (MEDEIROS *et al.*, 2019).

Em direção ao topo o calcário apresenta grande quantidade de componentes bioclásticos, majoritariamente formado por Moluscos seguido de braquiópodes, articulados, desarticulados, em alto grau de fragmentação e

preservados como moldes internos e externos das conchas que podem estar preenchidas por micrita, dolomita ou calcita. O topo do carbonato é marcado por gretas de contração poligonais, com uma camada de bioclastos micritizados (MEDEIROS *et al.*, 2019). Os carbonatos encontram-se sotopostos a camadas métricas de pelito avermelhado, com laminação plano-paralela, descontínuas e levemente onduladas (MEDEIROS, 2020).

Lima-Filho (1991) posiciona a sucessão carbonática marinha da Fm. Piauí num ciclo estratigráfico transgressivo, no entanto, Medeiros (2020) detalha que essa porção está inserida num contexto transgressivo (TST) seguido de um trato de mar alto (TSMA), baseado na proposição estratigráfica de Barbosa *et al.* (2016).

Ponto 2 (Afloramento Esperança)

O ponto 2 (P2) corresponde ao afloramento informalmente conhecido como Esperança, por conta de fazendas próximo à essa pedreira, que foi estudada por Lima-Filho (1991), Anelli (1996, 1999), Nunes (2002) e Zabini *et al.* (2017). Essa pedreira também é fortemente estudada por apresentar uma rica fauna de braquiópodes preservados na sucessão carbonática e trazer elucidções sobre o ambiente vigente para essa porção da Fm. Piauí durante o Neocarbonífero.

O acesso a essa fácies carbonática se dá pela estrada Estadual PI-115, no sentido José de Freitas-Teresina/União, sob as coordenadas geográficas 4°43'19.04"S e 42°41'18.06"O (Figura 7), o afloramento possui em sua litologia uma alternância de fácies carbonáticas e folhelhos, tendo sido individualizado em estudos prévios três (3) unidades deposicionais da base para o topo, definidas por associação faunística (NUNES, 2002).

A base do ponto P2 é constituída por um calcário dolomítico, cor cinza-escuro, com geometria tabular, o calcário possui uma composição faunística monotípica com presença do gênero *Orbiculoidea* organizado em pavimentos (Figura 8). A sucessão carbonática é sotoposta por uma camada de folhelho negro lamoso, seguido por uma nova camada de calcário dolomítico mais espesso que o primeiro. Em mais um ciclo de deposição de folhelhos lamosos, a próxima fábrica

carbonática apresenta composição calcítica, que foi utilizada por Nunes (2002), como *datum* para este depósito.

O depósito constitui uma sucessão carbonática alternada a folhelhos, como descrito anteriormente, no entanto, a fauna associada ao carbonato oferece indícios de mudanças ambientais, levando a ciclos. Após um *gap* deposicional o ciclo posterior ao *datum* é caracterizado por um calcário de composição dolomítica formando pavimentos fossilíferos de braquiópodes Productídeos e bivalves infaunais. Para o topo ocorrem ciclos curtos de deposição carbonática alternada aos folhelhos (NUNES, 2002).

As estruturas associadas aos carbonatos são ondulações na porção de contato com os folhelhos. Após os últimos ciclos de alternância litológica destes depósitos é verificada a presença de esteiras microbianas nas sub-unidades do topo, onde não são encontrados microfósseis.

Ponto 3 (Afloramento Mina Icaraí)

O ponto P3 localiza-se a 1Km de distância do ponto P2, também possui acesso pela estrada Estadual PI-115 e coordenadas geográficas 4°43'24.17" e 42°41'46.82"O (Figura 7); o afloramento consta de uma mina abandonada e encontra-se com algumas porções aflorantes que totalizam em perfil 2,15m de comprimento. Esse ponto foi previamente estudado por Medeiros *et al.* (2019) onde foi detalhada a litologia.

Esse ponto consiste, assim como o ponto anterior, de ciclos de alternância litológica de porções carbonáticas e folhelhos orgânicos. A sucessão carbonática é classificada por um *grainstone* dolomítico, de coloração cinza-escuro com camadas tabulares decimétricas a centimétricas (Figura 8). O arcabouço carbonático apresenta cristais de dolomita de tamanho pequeno a médio (<5mm- ≤20mm) obliterando os constituintes primários da rocha, bem como filmes ferruginosos e apresenta conteúdo fossilífero composto majoritariamente por braquiópodes, seguido por moluscos (MEDEIROS *et al.*, 2019).

Os folhelhos negros estão na base desta sucessão, classificados como pelitos pretos enriquecido de matéria orgânica, com camadas que apresentam laminações descontínuas e estruturas de ondulação gradando para porções com

acamamento plano-paralelo. Nas fácies de folhelho orgânico são encontrados elementos de conodontes preservados, que auxiliam na reconstrução ambiental e indicam uma idade entre Bashkiriano-Moscoviano para os depósitos (MEDEIROS *et al.*, 2019).

A base do ponto P3 é formada por um folhelho, sotoposto por uma camada de carbonato fossilífero, que seguem ciclos de alternância decimétricas com camadas espessas de carbonato. Para o topo as deposições tornam-se rápidas com comprimentos menor que as camadas mais basais. A litologia apresenta apenas essas duas características para suas rochas que se alternam em cerca de quatro a cinco (4-5) ciclos, mas a porção carbonática pode ser dividida em três (3) unidade de acordo com o conteúdo fossilífero preservado.

Ponto 4 (Afloramento Passagem do Carmo)

O ponto P4 é uma frente de lavra em exploração para retirada de calcário com fins agrícolas e construção civil, possui acesso pela estrada Estadual PI-115 no sentido José de Freitas-Teresina/União e localização geográfica a 4°47'23.58"S e 42°42'6.34"O (Figura 7). Assim como os pontos descritos anteriormente, possui ciclos de alternância litológica, entre porções carbonáticas e folhelhos, com o topo representado por arenitos da seção (Figura 8).

Os carbonatos são pouco fossilíferos, com bastante presença de fragmentos bioclásticos, sendo classificado como um *grainstone* dolomítico, com camadas tabulares, possui laminações incipientes e cor cinza-escuro. O carbonato é bem cimentado e possui 85cm na primeira porção, próximo à base, as camadas mais para o topo possuem cerca de 25-30cm de comprimento. Nesses carbonatos são visíveis também estruturas de dissolução perpendicular ao plano de acamamento, cristais de dolomita e filmes ferruginosos.

Para a área descrita (P4) foi encontrado um fragmento de 10cm com bioclastos de braquiópodes productídeos preservados em um pavimento, no entanto, não foi possível alocar a posição estratigráfica no afloramento, pois foi extraído do afloramento sem orientação ou critérios para análise tafonômica.

Os folhelhos que alternam com as camadas carbonáticas possuem granulometria de silte e possuem coloração esverdeada. Os folhelhos preservam

laminações de ondulações e são centimétricos, com uma distribuição conspícua no depósito com camadas tabulares.

Os arenitos estão na base e topo da seção litológica e apresentam granulometria de fino a médio, avermelhados ou ainda amarelados, bem selecionados e por vezes apresentando concreções de ferro.

Ponto 5 (Afloramento Mina Icarai- corais)

O ponto P5 (Figura 7), corresponde a uma ocorrência carbonática estudada por Medeiros *et al.* (2019), caracterizada por *grainstone* dolomítico de camada tabular e cor cinza-escuro e majoritariamente composto por corais da ordem *rugosa* fragmentados e desarticulados, associados a cristais de dolomita de tamanhos variados. O presente afloramento possui apenas uma camada de folhelho.

Ponto 6 (Afloramento Mina Icarai- icnofósseis)

O ponto P6 (Figura 7), também foi estudado por Medeiros *et al.* (2019) e o afloramento atualmente está destruído, sem possibilidades de coletas tafonômicas, como objetivado nesta dissertação. O afloramento consiste de arenitos finos, brancos a avermelhados, bem selecionados e grãos arredondados, camadas tabulares e laminação *climbing transladent* na base. Ascendendo na litoestratigrafia as camadas de arenitos possuem camadas centimétricas, com grãos arredondados de fino a médio e estratificação plano-paralelo e laminação cruzada de baixo ângulo. Nas microfácies arenosas com laminação plano paralela há ocorrência de bioturbação, associada a icnofósseis de *Arenicolites sp.* *Thalassinoides sp.* e *Paleophycus sp.* e estruturas de *ripple* assimétricas (Medeiros *et al.*, 2019).

Os arenitos possuem orientação para NW e são associados à fácies AF1 de Medeiros *et al.* (2019), que caracteriza um campo de dunas/interdunas, antes da instalação do Mar epicontinental Piauí-Itaituba.

Ponto 7 (Afloramento Meruóca)

Esse depósito foi estudado por Anelli (1999), com a descrição de espécies de moluscos provenientes das fácies carbonáticas desse afloramento, está localizado a noroeste dos demais afloramentos (Figura 7). O depósito possui calcários cinza-

claro com uma fauna majoritária composta por moluscos, não possui estruturas sedimentares preservadas e é classificado como calcário dolomítico.

Ponto 8 (Afloramento Contendas)

O ponto P8 (Figura 7) foi estudado por Lima-Filho (1991; 1998), Anelli (1996; 1998) e Medeiros *et al.* (2019) e corresponde a sucessão clástica-carbonática com arenito fino, e camadas tabulares e estruturas de *ripples* associadas, sotoposta por uma camada de folhelho com lente de matéria orgânica e um calcário do tipo microesparito dolomítico no topo da seção. A fauna descrita para esse afloramento é bem semelhante ao do ponto P1, com presença de moluscos e braquiópodes e alguns microfósseis e possui no topo da porção carbonática gretas de contração centimétricas, decorrente de exposição subaérea. As camadas do calcário são tabulares, com presença de *pellets* arredondados, macroporos cimentados por dolomita e cristais de pequeno a médio (MEDEIROS *et al.*, 2019).

Figura 7. Mapa de localização geográfica dos pontos de coleta descritos para essa dissertação. A) Localização da Bacia do Parnaíba na Plataforma Sul-Americana. B) Área de distribuição da Formação Piauí na Bacia do Parnaíba. C) Localização geográfica dos pontos com coleta de amostras em campo e revisados da literatura, com detalhe para descrição das litologias próximas à região de coleta na porção Leste da Bacia do Parnaíba.

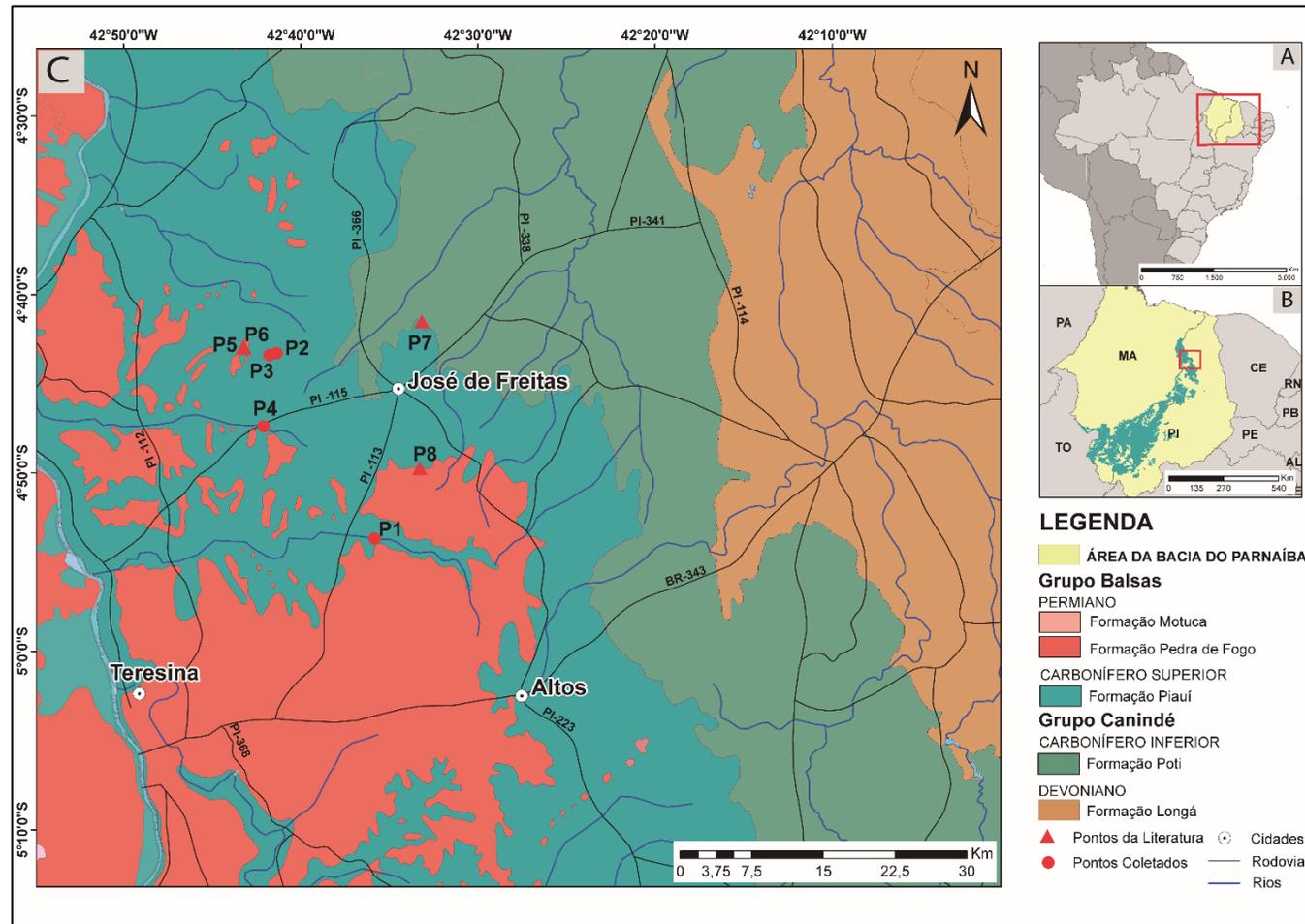
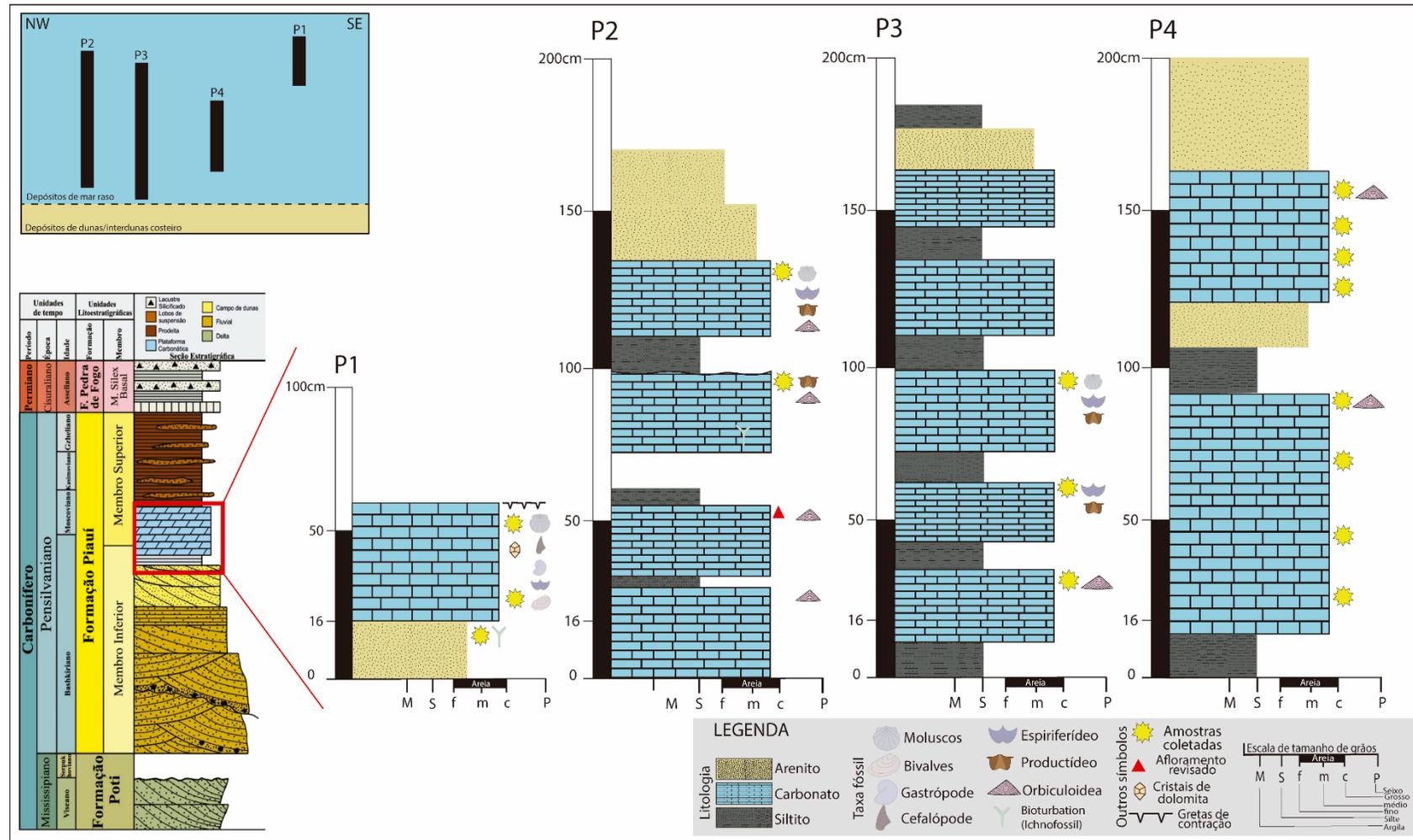


Figura 8. Perfis litológicos elaborados a partir dos afloramentos visitados na etapa de campo, com sua distribuição geográfica e topográfica no canto superior esquerdo e no canto inferior esquerdo inserção litoestratigráfica dos perfis na litoestratigrafia do Grupo Balsas (Litoestratigrafia do grupo Balsas modificado de MEDEIROS, 2020).



4. ABORDAGEM TAFONÔMICA

4.1. Tafonomia como uma abordagem científica

A natureza está cheia de causas infinitas que nunca ocorreram de fato, assim Leonardo da Vinci (1452-1519) descreve a ocorrência dos fenômenos naturais observáveis, desde aqueles processos que envolvem organismos vivos, quanto aqueles organismos que já morreram. O polímata da Vinci é considerado o primeiro a tentar explicar como organismos vivos podem se fossilizar; de fato Da Vinci conduziu experimentos comparando bivalves vivos e mortos, a fim de compreender como esses organismos eram encontrados próximos as montanhas como fósseis, contestando a ideia original vigente até então do transporte de animais através do dilúvio bíblico (MARTIN, 1999; LYMAN, 2010; ERTHAL *et al.*, 2017).

No contexto de compreender o processo de transição dos organismos da Biosfera para Litosfera nasce a tafonomia, cujo nome foi cunhado pelo Russo Ivan Efremov (1940) e foi primeiramente definida como “o estudo da transição dos restos animais da biosfera para a litosfera”, ou seja, a tafonomia nasceu com o propósito de entender o processo de fossilização levando em consideração comunidades de organismos viventes (biocenoses) que poderiam ser preservadas após a morte (tanatocenoses). Efremov lançou o termo tafonomia a fim de estruturar um estudo que já estava sendo realizado por pesquisadores, mas que ainda estava sem nome, e o lançou como um “novo ramo da paleontologia” (EFREMOV, 1940; MARTIN, 1999; LYMAN, 2010).

A nova ciência, chamada de tafonomia, se desenvolveu ao longo do século XIX, e já no século XX foi impulsionada pelos Alemães que dedicaram-se a estudar depósitos Jurássicos na região de Solnhofen como Walther (1904, 1910) que estudou depósitos marinhos, enquanto que Abel (1912) se dedicou aos vertebrados de mesma idade que o levaram a publicar livros sobre fossilização e aos estudos iniciais dos depósitos de fossil-Lagerstätten. A escola tafonômica alemã se fortaleceu e lançou com os trabalhos de Weigelt (1928) a descrição da decomposição, transporte e soterramento de restos biológicos conduzindo ao início dos estudos bioestratinômicos que foram iniciados com vertebrados e plantas (WEIGELT, 1928; ABEL, 1912; MARTIN, 1999; LYMAN, 2010; RUDWICK, 2018).

A este momento a tafonomia como ciência esteve acompanhando o desenvolvimento da paleobiologia, com foco sendo trazido a condições biológicas e

não somente aos termos e processos geológicos que até então eram dominantes na academia, ao passo que o estabelecimento da paleobiologia promoveu também avanços na compreensão dos processos bio-geológicos (MARTIN, 1999; LYMAN, 2010; RUDWICK, 2018).

Após as grandes guerras a escola alemã passa um momento de quietude acadêmica e a tafonomia volta a ser foco na escola tafonômica Americana com os estudos de Behrensmeier e Kidwell (1985), que agregam ao discutir que a tafonomia envolve o estudo dos processos de preservação e como esses processos afetam (direta ou indiretamente) a informação no registro fóssil (MARTIN, 1999; LYMAN, 2010; ERTHAL, 2017). Assim um novo pano de fundo é dado à tafonomia, de compreender não somente como os restos esqueléticos dos organismos são preservados, mas também em dizer quão preserváveis são esses remanescentes e como podem se acumular (BEHRENSMEYER, 1985; KIDWELL *et al.*, 1986; KIDWELL; FLESSA, 1996; MARTIN, 1999).

As discussões neste momento se concentram em compreender que os processos tafonômicos podem adicionar (e.g. marcas de predação em moluscos marinhos) ou remover (e.g. brilho da concha de moluscos ou quebra da área cardinal de conchas de bivalves) informações aos elementos preserváveis de uma determinada concentração esquelética, tornando as concentrações elementos complexos e que podem refletir ou não a fidelidade de um ambiente antigo (BEHRENSMEYER, 1985; KIDWELL *et al.*, 1986; KIDWELL; FLESSA, 1996; MARTIN, 1999; LYMAN, 2010; ERTHAL, 2017).

As discussões e proposições ao longo do desenvolvimento da tafonomia como ciência levam a conclusão de que esta ciência se aplica em descrever o processo de transição dos remanescentes orgânicos (e.g. bioclastos) da biosfera para a litosfera, considerando perdas e adições à informação preservada (MARTIN, 1999; LYMAN, 2010; ERTHAL *et al.*, 2016; ERTHAL *et al.*, 2017).

Segundo Erthal e colaboradores (2017) a tafonomia pode ser dividida em três vertentes (e.g. originalmente descrito como escolas) de estudo principais: a) vertente paleoecológica-estatística, b) vertente atualística e c) tafonomia estratigráfica (e.g. originalmente descrita como estudo de tafofácies) que são definidas como:

a) ***Vertente paleoecológica-estatística:*** este modelo de estudo tafonômico foi primeiro proposto com base nos estudos realizados na escola Alemã, e influenciada pela recente ciência da paleobiologia, que lançou a ideia

de que os processos ecológicos que influenciam as biocenoses podem servir como parâmetros para compreender a gênese das associações fósseis. Essa vertente foi impulsionada por Fürsich (1978) e Fürsich & Aberhan (1990) que tomaram consciência de que o hábito de vida dos organismos bentônicos influencia na formação dessas associações fósseis (e.g. principalmente pela biomineralização e formação de carbonato). Posteriormente essa vertente ganhou novos atributos analíticos de cunho sedimentar, a fim de interpretar de maneira mais apropriada não somente a formação das concentrações fósseis, mas também a compreender o paleoambiente e os processos formativos nesse ambiente, proposto por Fürsich & Oschmann (1993). A integração paleoecológica-estatística ocorre com as publicações de Michal Kowalewski (1993; 1996; 1997) com a adição de softwares de análise quantitativa (e.g. SAS, PAST, R) e análise multivariada, dando maior robustez as análises tafonômicas e interpretação/reconstrução dos ambientes.

b) *Vertente atualística:* Os esforços realizados com a tafonomia paleoecológica-estatística levou Kidwell e colaboradores (1986; 1989) a explorar como funciona a preservação dos bioclastos associados ao destino do carbonato (e.g. fabricado por organismos) produzido no ambiente marinho. A compreensão da ação tafonômica em comunidades atuais leva a uma compreensão de como se deu a preservação das tanatocenoses que compõem o registro fossilífero, de maneira que o estudo atualístico evidencia quanto os processos tafonômicos podem sofrer efeito sobre variáveis ambientais e intrínsecos às partículas bioclásticas (MARTIN, 1999; ERTHAL *et al.*, 2017). Tomašových & Zuschin (2009) quantificaram em que nível a destruição tafonômica é devida a variáveis ambientais e intrínsecos, utilizando conchas de braquiópodes do Mar Vermelho, algo semelhante foi realizado no Brasil por Simões e colaboradores (2007; 2009) tentando compreender a taxa de perfuração em conchas de Braquiópodes recentes do litoral Brasileiro e efeitos tafonômicos aos quais essas conchas estão submetidas ao longo de seu tempo de residência na zona tafonomicamente ativa (e.g. zona em que ocorrem os processos tafonômicos de alteração bioclástica).

c) *Vertente da tafonomia estratigráfica:* A definição de métodos dentro da tafonomia levou a um avanço dentro da análise tafonômica e sedimentar, um grupo de pesquisadores associados a Carlton E. Brett

iniciaram os estudos integrando informações tafonômicas associadas à estratigrafia de sequências e fácies sedimentares. As assinaturas tafonômicas refletem condições ambientais vigentes antes do soterramento final do bioclasto, assim a definição de padrões atreladas a ambientes (e.g. como visto na sedimentologia) permitiu a utilização dessas características tafonômicas observadas nos fósseis para delimitar unidades sedimentares, surgindo o termo tafofácies para designar unidades sedimentares que possuem características tafonômicas e sedimentares exclusivas (SPEYER; BRETT, 1991; SPEYER; BRETT, 1988; MARTIN, 1999; ZABINI *et al.*, 2012; ERTHAL *et al.*, 2017). Os modelos de tafofácies foram ainda aplicados à resolução de estratigrafia de sequência de terceira e quarta ordem, a fim de compreender como os eventos ambientais podem ser registrados e interpretados quando preservados no registro fóssil, de maneira que a resolução ambiental é melhor compreendida principalmente para realizar correlação entre bacias geograficamente separadas, mas que possuem depósitos de mesma idade e eventos correlatos (BRETT, 1995; MARTIN, 1999; ERTHAL *et al.*, 2017).

Com o desenvolvimento dos métodos tafonômicos, essa subárea da paleontologia se expandiu e ganhou espaço não somente para tratar do registro fóssil, ainda sendo uma ciência em desenvolvimento, mas que possui robustez teórico-prático para caminhar independente de outras ciências. O processo tafonômico é iniciado com a morte dos organismos, passando por uma série de processos até o soterramento final, esses processos podem se resumir em dois tópicos principais: 1) bioestratinomia (e.g. cujo tema é tópico desta dissertação) e a 2) fossil diagênese.

4.2. Aspectos Bioestratinômicos

4.2.1. Definições

A bioestratinomia é a subárea da tafonomia que tem por objetivo estudar os processos que ocorrem após a morte do organismo até sua alocação final (e.g. soterramento final) no sedimento (BRETT; BAIRD, 1986; MARTIN, 1999; BEHRENSMEYER; KIDWELL; GASTALDO, 2000). Esta subárea foi proposta em 1928 pelo Alemão Weigelt, que trabalhou principalmente em compreender a história sedimentar e bioestratinômica utilizando fósseis de vertebrados Jurássicos e plantas do Permiano da Alemanha (WEIGELT, 1928; MARTIN, 1999).

Os remanescentes esqueléticos dos organismos mortos passam a integrar os depósitos sedimentares como bioclastos, que por sua vez estão sujeitos a erosão sedimentar, transporte e deposição (KIDWELL, 1986; MARTIN, 1999; ZUSCHIN *et al.*, 2003). Durante esta fase os organismos passam por processos mecânicos (e.g. processos físicos, químicos e biológicos) que podem afetar sua presença e qualidade no futuro registro, de maneira que vários processos mecânicos e biológicos podem agir para afetar, quebrar ou destruir os elementos esqueléticos de organismos do ambiente marinho, podendo ser divididos em 4 categorias principais: 1) desarticulação, 2) fragmentação, 3) bioerosão e 4) transporte e reorientação (KIDWELL, 1986; BRETT; BAIRD, 1986; MARTIN, 1999; BEHRENSMEYER; KIDWELL; GASTALDO, 2000 ; ZUSCHIN *et al.*, 2003).

A combinação dos fatores bioestratinômicos (e.g. assinaturas tafonômicas) relacionados anteriormente podem agir sequencialmente, mas nem sempre podem destruir a partícula bioclástica, pois outro fator importante é relacionado a fatores intrínsecos à partícula, tal como composição, rigidez e robustez tratando do potencial de durabilidade clástica (KIDWELL, 1986; BRETT; BAIRD, 1986; SIMÕES; GHILARDI, 2000).

Dentre os organismos bentônicos marinhos alguns podem estar mais susceptíveis a algum processo do que outro organismo, essas variações são relacionadas ao tipo de esqueleto do organismo, como fator atrelado à durabilidade da partícula a quantidade de unidades que compõem o organismo é muito importante, dividindo em a) esqueleto simples são aqueles que são formados por uma unidade simples como os esqueletos massivos de corais e estromatoporóides; esqueletos incrustantes de briozoários; ramosos (robustos/frágeis) e organismos conchíferos univalves; b) esqueleto de múltiplas unidades em que os organismos são formados por duas ou mais peças esqueléticas como os conchíferos bivalves (e.g. concha fina ou concha espessa para moluscos/braquiópodes) e esqueletos multi-elementos como dos equinóides, blastóides e crinóides variando entre peças suturadas ou peças articuladas. A partir dessa divisão primária é possível esperar maior nível de desarticulação para organismos que possuem mais de uma peça esquelética, já os fatores fragmentação e corrosão também são esperados para os organismos de múltiplas partes esqueléticas, porém o que define é quão robusto essa peça é (e.g. espessura da concha em moluscos/braquiópodes bivalves que varia entre fina e espessa), quanta exposição à alta energia hidráulica e taxas de sedimentação essa

peça esquelética estará sujeita (BRETT; BAIRD, 1986; ZUSCHIN *et al.*, 2003; ERTHAL *et al.*, 2015; ERTHAL *et al.*, 2017).

4.3. PROCESSO DE MORTE

Ao longo da história de vida dos organismos há condições ecológicas que favorecem respostas evolutivas muito diferentes, levando os organismos a terem diferentes estratégias de sobrevivência, tal como responder ao estresse hídrico em ambientes marinhos ou ao estresse de escassez de recursos alimentares (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006; RICKLEFFS; RELEYA, 2016; VERMEEIJ, 2019; BUSH *et al.*, 2019). As diferentes estratégias e respostas (e.g. resistência e resiliência da comunidade) dos organismos que compartilham determinado hábitat é o que caracteriza quão intenso pode ser a perturbação que esses ambientes sofrem e quão bem os organismos ali presentes podem responder a essas perturbações (e.g. hipótese da perturbação intermediária). Contudo Rickleffs & Releya (2016) discutem que acima de determinado nível de perturbação alguns ambientes podem entrar em colapso, pois suas capacidades de resistência e resiliência aos eventos não são apropriadas, dentre os primeiros eventos de colapso de comunidades tem-se a morte de organismos de diversos táxons.

Os modos de morte dos organismos em determinados ambientes podem ficar preservados, pois o processo de morte depende de fatores intrínsecos aos ambientes e aos organismos, dentre os processos intrínsecos aos organismos a senescência é o processo de morte natural em que os organismos morrem naturalmente e suas partes esqueléticas ficam expostas aos agentes bioestratinômicos, tais como bioerosão, corrosão e fragmentação, logo autores tratam desses eventos de morte como seletivas no registro fóssil, tal como evidenciado por Holz e Simões (2002), pois tais eventos afetam determinadas faixas de idades dentro de uma população ou ainda determinadas populações. Dentre eventos de mortandade seletiva muitos autores destacam ainda os efeitos da predação e competição interespecífica nos ambientes marinhos durante o Paleozoico, como maior fator de seleção de organismos (VERMEEIJ; DUDLEY, 1982; KOWALWESKI, 1990; FLESSA; KOWALEWSKI, 1994; BUSH *et al.*, 2007; KLOMPMAKER, 2011; KLOMPMAKER *et al.*, 2019; BUSH *et al.*, 2019; VERMEEIJ, 2019).

Uma segunda forma de morte também registrada no conteúdo fossilífero são mortes não-seletivas ou catastróficas que levam a uma mortandade em massa de

diversos organismos de determinados sistemas ecológicos, assim eventos de grande magnitude ou que afetam fortemente os sistemas podem levar organismos igualmente a morte (HOLZ; SIMÕES, 2002; BUSH *et al.*, 2019; SUN *et al.*, 2020; ELEWA *et al.*, 2020). Assim muitos estudos caracterizam mortes de preservação excepcional com alto de anoxia e baixa taxa de necrólise dos tecidos, enquanto que uma baixa preservação dos tecidos moles denota um tempo de residência na Zona Tafonomicamente Ativa (TAZ) e causas de mortes naturais ou por predação, em casos extremos depósitos que se formam com organismos que morreram por eventos de alta energia com remobilização de sedimentos e possível sufocamento de formas escavadoras preservando-as *in situ* formando assim depósitos com soterramento rápido e preservação semelhante à de *Lagerstätten* (NEVES; RHON; SIMÕES, 2011; RODRIGUES; SIMÕES, 2010; SIMÕES; TORELLO, 2003; KIDWELL; BOSENCE, 1991; SPEYER; BRETT, 1991; BRETT; 1997; SIMÕES *et al.*, 1999; ANELLI *et al.*, 1997).

Sun e colaboradores (2020) conduziram estudos numa seção relacionada ao estágio 3 do Cambriano na China e viram que os modelos de acumulações esqueléticas poderiam variar com os eventos de morte dos organismos que viviam em cada ambiente, ou seja, os eventos ambientais atrelados aos esqueletos e modos de preservação (e.g. tipo de preservação e assinaturas bioestratinômicas) levam a uma compreensão desses sistemas e eventos para ambientes em vários períodos geológicos. No estudo são identificados quatro ambientes que são ecologicamente distintos e ambientalmente variáveis (a. fauna esquelética de ambiente com alta energia, fragmentação e alta mistura de elementos bioclásticos; b. biota de tecidos moles preservada em ambiente anóxico, alta sedimentação e baixa energia com alto nível de elementos articulados; c. construções recifais em plataforma carbonática com baixa energia e alta articulação e d. fauna de esponjas em ambiente profundo com formação de folhelhos e abaixo na linha normal e de nível de tempestades), o modo de morte dos organismos presentes em cada um desses ambientes varia não somente com os organismos presentes, mas principalmente pode ser inferidos com o tipo esquelético, com a qual dá uma inferência mais próxima das reais possibilidades.

4.4. NECRÓLISE

Após a morte os remanescentes orgânicos passam compor a fonte energética para muitas bactérias, fungos e microrganismos que vivem naquele

sistema, assim os tecidos moles passam pelo processo de necrólise que também é conhecido como decaimento orgânico. Os bivalves (e.g. moluscos bivalves e braquiópodes) após a morte passam pelo processo de desarticulação das valvas, isso ocorre porque os ligamentos musculares (e.g. músculos adutores anteriores e posteriores) não são capazes de realizar contrações que fechem as valvas, assim com as valvas abertas esses organismos ficam expostos às ações de microrganismos que levam à decomposição dos tecidos moles (ALLISON; BRIGGS, 1991; ALLISON, 1988; MARTIN, 1999).

As taxas de decaimento são mais expressivas em ambientes com alta ação microbiana e oxigenação, de maneira que o oxigênio é o principal elemento que conduz ao decaimento quando consumido, assim Allison (1988, 1991) descreve que a ação de bactérias aeróbias é facilitada por uma longa exposição em ambiente oxigenado. Contudo as taxas de decaimento podem não ser tão altas, mas ainda são presentes na presença de bactérias anaeróbias, pois estas levam à degradação e consumo de outros elementos biodegradáveis pela transferência de íons (MARTIN, 1999; KONHAUSER, 2007; KNOLL; CANFIELD; KONHAUSER, 2012).

O decaimento dos tecidos moles em ambientes pouco oxigenado pode ser classificado quanto ao seu produto em dois processos: a) processo anaeróbico que consiste na redução de manganês, nitratos, ferro, sulfatos, carbonatos (metanogênese) e fermentação e b) processo aeróbico que consiste no consumo de oxigênio e carbono que compõem as biomoléculas. Considerando a composição orgânica das biomoléculas todos são primariamente compostos por carbono, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre assim as taxas de decaimento das moléculas orgânicas após a morte depende da 1) quantidade e arranjo dessa composição primária, 2) oxigenação do meio, 3) eficiência de microrganismos no processo de decaimento e 4) tempo de exposição/residência na TAZ (ALLISON, 1988; ALLISON; BRIGGS, 1991; BRIGGS, 1995; ERTHAL *et al.*, 2017).

No entanto nem sempre os ambientes possibilitarão todas condições necessárias para o decaimento orgânico, de maneira que a preservação das partes moles podem ser registradas no conteúdo fossilífero, principalmente pela inibição do decaimento que ocorre por salinidade alta, oxigenação baixa, pH alto, alto *input* orgânico e baixo desempenho metabólico de microrganismos, de maneira que os microrganismos para iniciar o processo de decaimento precisam de um nível ótimo não somente das condições ambientais, mas também da taxa metabólica e orgânica,

pois estes organismos não conseguem consumir altas taxas orgânicas ou com alto fluxo de entrada orgânica (ALLISON, 1988; MARTIN, 1999; KONHAUSER, 2007; CARDOSO *et al.*, 2020). Além desses fatores para a inibição do decaimento pode ser citado também processos de soterramento ultrarrápido causando anoxia total no depósito (e.g. como em muitos depósitos cambrianos), depósitos de sufocamento com baixa energia, mas alta taxa de sedimentação e por baixa atividade microbiana, definindo uma gênese ternária (e.g. 1. energia ambiental, 2. Regime sedimentológico e 3. Regime diagenético) para os depósitos com alta taxa de preservação e qualidade de tecidos moles (ALLISON, 1988; MARTIN, 1999; KNOLL; CANFIELD; KONHAUSER, 2012; MUSCENTE *et al.*, 2017; MUSCENTE *et al.*, 2019).

4.5. PROCESSOS DESTRUTIVOS

4.5.1. Desarticulação

A desarticulação é o processo pelo qual os organismos com múltiplos componentes esqueléticos passam por sua desconexão de partes. Assim a desarticulação pode acontecer pelo decaimento da matéria orgânica ou influenciada pela energia ambiental/fluxo de ondas. Os organismos de esqueleto bivalve (e.g. braquiópodes e pelecípodes) costumam sofrer rápida desarticulação após a morte, tanto que muitas assembleias podem ser constituídas por uma mistura de cochas articuladas e conchas desarticuladas (BRETT; BAIRD, 1986; KIDWELL, 1986; ZUSCHIN *et al.*, 2003).

O decaimento das articulação e musculatura de bivalves ocorre primariamente pela ação de enzimas do próprio organismo e secundariamente pela ação de redução oxidativa por microrganismos, porém alguns braquiópodes (e.g. Atrypida e Rhyconellida) possuem dentição com dobradiça intertravada que prolonga o tempo que os remanescentes esqueléticos permanecem articulados após a morte e sua desarticulação provem da fratura de sua dentição em águas turbulentas (STANLEY, 1970; ALLISON, 2001).

Um fator interessante da desarticulação é a relação do hábito de vida com a desarticulação, no caso dos moluscos bivalves dois hábitos de vida quanto ao modo de locomoção/fixação (e.g. tiering) os epifaunais e o infaunais, cuja a diferença principal está na exposição do organismo à lamina d'água de maneira que os bivalves epifaunais apresentam maior nível de desarticulação e podem ser encontrados geralmente em alta proporção desarticulados ou articulados abertos (e.g. butterfly

articulation), enquanto que os infaunais por viverem enterrados no substratos possuem maior taxa de articulação. Algumas configurações de articulação nos ajudam a compreender o processo de preservação, em que no caso dos bivalves encontrados com as valvas articuladas e fechadas podem ser indicativos de um ambiente que sofreu rápido soterramento (e.g. Lingulídeos e Anolodesmatas) (BRETT; BAIRD, 1986; KIDWELL, 1986; MARTIN, 1999; ANELLI *et al.*, 1997; ZABINI, *et al.*, 2012a,b; QUAGLIO *et al.*, 2014).

Outras configurações como alta proporção de desarticulação podem nos levar a conjecturar eventos episódicos de alta energia levando a mortandade, ou ainda a uma alta taxa de decaimento atrelado a um depósito com intervalos temporais condensados/misturados, assim o grau de articulação de valvas norteia as condições energéticas (e.g. hidrodinâmica marinha), condições geoquímicas (e.g. taxas de decaimento orgânico) e hábitos de vida dos referidos organismos, assim convencionou-se o grau de desarticulação a: 1) contraste de hábito de vida epifaunal e infaunal, 2) taxa de decaimento dos tecidos conectivos e elementos ligantes do esqueleto e 3) taxas de retrabalhamento bioclástico (BRETT; BAIRD, 1986; KIDWELL, 1986; BRETT, 1995; MARTIN, 1999).

4.5.2. Fragmentação

As assinaturas (atributos) tafonômicas são diferenciadas em processos destrutivos ou construtivos (ERTHAL; RITTER; KOTZIAN, 2017), além disso Brett & Baird (1986), Erthal *et al.* (2017) e Erthal & Ritter (2017) consideram que as assinaturas tafonômicas podem ser originadas por três fatores: a. Processos de origem biológica; b. Processos de origem Física; c. Processos de origem química.

A fragmentação, por sua vez, é uma assinatura múltipla que pode ser causada não somente por um fator, mas que pode ter origem em qualquer um dos três fatores descritos anteriormente. Assim consideramos como fragmento como uma porção de resto esquelético que possua menos de 90% de seu tamanho e forma originais (ZUSCHIN *et al.*, 2003; ERTHAL; RITTER, 2017; ERTHAL *et al.*, 2017).

Por se tratar de uma assinatura múltipla (e.g. considerando aqui processos diferentes que atuam na fragmentação) Erthal & Ritter (2017) discutem que a facilidade de identificar um fragmento, mas pontuam que definir a origem de tais fragmentos é uma tarefa muito difícil, pois podem se tratar de processos ecológicos ou tafonômicos (DAVIES *et al.*, 1989).

4.5.2.1. *Fragmentação por fatores biológicos*

A fragmentação por fatores biológicos foi tratada por Alexander (1981) numa discussão sobre distinção entre fratura e fragmentos em conchas de braquiópodes, alguns desses fragmentos foram considerados como marcas de predação por outros organismos, em que a fratura era obviamente gerada pré-morte (BRETT; BAIRD, 1986; ALEXANDER, 1981; PEEL, 1984). Posteriormente foram encontradas amostras com marcas de mordidas, assim reforçando ainda mais o proposto por Alexander (1981). Dessa forma a predação configura-se como a principal fator pré-morte de fragmentação; Outros exemplos e a fragmentação de conchas de bivalves por caranguejos e outros organismos que predam esses bivalves em ambiente marinho (ZUSCHIN *et al.*, 2003; SIMÕES *et al.*, 2007; ERTHAL *et al.*, 2015).

4.5.2.2. *Fragmentação por processos físicos*

A fragmentação física é uma assinatura que pode refletir desde ambientes de alta energia até ambientes de baixa/nula energia sobre os componentes bioclásticos da determinada área, assim a fragmentação de origem física é uma assinatura dependente da energia do ambiente, ou seja, um ambiente com alta energia hidrodinâmica tem a capacidade de carregar um bioclasto para outra área (e.g. transporte) dependendo do formato e densidade o bioclasto poderá se chocar com outros bioclastos ou até mesmo com o substrato levando a uma fragmentação mecânica por hidrodinâmica (BRETT; BAIRD, 1986; MARTIN, 1999; ZUSCHIN *et al.*, 2003; ERTHAL *et al.*, 2015; ERTHAL *et al.*, 2017). Um ambiente com baixa energia por outro lado apresentará baixo número de bioclastos fragmentados, assim a fragmentação poderá servir para discutir o nível de transporte de determinado bioclasto, como também para decifrar a energia de ambientes em que esse bioclasto esteve presente (e.g. eventos do dia-a-dia) pré-soterramento (BRETT; BAIRD, 1986; MARTIN, 1999; ZUSCHIN *et al.*, 2003; SIMÕES *et al.*, 2007; ERTHAL *et al.*, 2015; ERTHAL *et al.*, 2017). Brett & Baird (1986) ainda discutem alta proporção de valvas pediculares de braquiópodes estavam se apresentando predominantemente nas concentrações esqueléticas analisadas em seus trabalhos, no entanto, essa dominância de valvas pediculares fragmentadas é devido ao transporte diferencial

dessa valva, que é facilmente transportada por conta de da convexidade que é maior quando comparada com a valva braquial (que é semi-plana a plana), esse transporte diferencial além de causar mais fragmentação de uma das valvas é também responsável por construir depósitos que parecem uniformes, com apenas valvas pediculares fragmentadas ou depósitos constituídos apenas por valvas braquiais não fragmentadas. As interpretações da fragmentação mecânica junto com orientação nos levam a compreender sistemas de fluxo constante e diferenciar de sistemas que tiveram retrabalhamento rápido/episódico, assim a proporção de fragmentação x orientação no dão um contexto ambiental restrito já que as diferentes zonas batimétricas são influenciadas de formas diferentes pelos agentes ambientais, físicos e químicos levando a processos restritos de determinadas áreas.

4.5.2.3. *Fragmentação de origem química*

Após a morte a concha pode ser depositada no substrato (acima ou parcialmente soterrada), dentro da TAZ esse bioclasto poderá sofrer ação de componentes químicos levando a uma dissolução. A dissolução é um fator tafonômico que enfraquece a concha e que também pode levar a uma fragmentação de determinadas zonas da concha (ERTHAL; RITTER, 2017). Essa fragmentação ainda pode estar atrelada a processos outros (e.g. bioerosão, corrosão e perfuração) que afetam os bioclastos durante sua permanência na TAZ levando a uma fragmentação química (e.g. dissolução) e/ou mecânica associada a processos químicos.

4.5.3. Bioerosão

Ao longo do Paleozoico houve a diversificação e expansão de diversidade, principalmente com formas conchíferos, ou seja, organismos produtores de esqueletos duros biomineralizados formados pela disponibilidade de minerais encontrados no meio. Quimicamente as conchas de moluscos e braquiópodes poderiam ter composição aragonítica, calcítica ou organofosfática (BUSH *et al.*, 2007; BAMBACH *et al.*, 2007; HARPER, 2005).

Durante o tempo de residência na Zona Tafonomicamente Ativa (TAZ) essas partes duras podem sofrer efeitos combinados destrutivos levando à

decomposição destas partes, entre os processos de destruição destacamos bioerosão (ZUSCHIN, 2003; ERTHAL *et al.*, 2017).

Bioerosão é uma importante assinatura tafonômica de ambientes marinhos, que pode afetar uma concha internamente ou externamente. Os principais controles de bioerosão são produtividade, sedimentação, durabilidade do substrato e profundidade da água e tipicamente podem representar importantes interações na escala paleoecológica (EDINGER, 2001; BRETT; BAIRD, 1986).

Os organismos promotores de bioerosão podem se dividir em macroescavadores ou microescavadores (e.g. a depender do tamanho do animal), e estes animais (e.g. bioerodidores) se utilizam de uma combinação de processos químico-físico para promover bioerosão nas partes duras de outros animais. Esse comportamento pode ser atrelado a animais predadores ou apenas a organismos que vivem fixados a partes duras e acabam se aproveitando dos animais de locomoção livre (EDINGER, 2001; BRETT; BAIRD, 1986; MARTIN, 1999; SIMÕES *et al.*, 2007; ERTHAL *et al.*, 2017).

A bioerosão e secundariamente a dissolução compõem os maiores fatores de destruição de conchas no ambiente marinho moderno, assim a bioerosão também é refletida nos ambientes antigos principalmente nos mares epíricos de águas quentes, podendo refletir taxas de produtividade, sedimentação e principalmente acerca do *input* carbonático. Edinger (2001) ainda destaca que os “bioerodidores” escavam cerca de 5% do material removido da parte dura que está sendo bioerodida e que os principais organismos bioerodidores são esponjas, bivalves que vivem cimentados, foronóides, briozoários de hábito ereto e braquiópodes pendunculados epifaunais (e.g. Atrepyidae e Discinidae).

4.5.4. Transporte

Como qualquer outra partícula sedimentar os elementos bioclásticos também sofrem transporte e deposição, que consistem nas assembleias bioclásticas. Essas assembleias/concentrações bioclásticas podem variar de acordo com a procedência das partículas bioclásticas como remanescentes a) autóctones, b) parautóctones e c) alóctones, assim depende da proveniência as concentrações podem ter diferentes graus de mistura espacial/temporal (e.g. time-averaging), em ambientes carbonáticos as concentrações costumam ser autóctone/parautóctone, enquanto nas concentrações formadas por terrígenos costumam ser bioclastos misturados e

transportados ao longo de um grande percurso (KIDWELL, 1986; KIDWELL; JABLONSKI, 1983; KIDWELL; FÜRSICH; AIGNER, 1986).

Contudo para que o transporte ocorra as partículas são submetidas ao transporte hidráulico (e.g. tração, saltação, suspensão e colóides), dependendo das propriedades do fluido em que estão inseridas e da densidade da partícula (KIDWELL, 1986; MARTIN, 1999).

O transporte de conchas pela água é basicamente determinado pelos fatores físicos de densidade e viscosidade, sendo a densidade o fator que afeta o fluido e a densidade o fator da partícula a ser transportada. Martin descreve que a viscosidade de um fluido é uma habilidade medida para o fluxo dos fluidos, em que os fluidos são caracterizados por terem alta ou baixa viscosidade e atrelado a isso a viscosidade dinâmica é a capacidade de resistência de um fluido a uma forma causada por uma força, assim a capacidade de viscosidade se concentra em tratar da capacidade que um fluido tem de ser perturbado e causar perturbação em determinada superfície com a qual entra em contato, conforme formula descrita abaixo:

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy}$$

Os fluidos podem ter comportamentos de fluxos laminares ou fluxos turbulentos, em que os fluxos laminares geralmente levam à seleção de partículas por tamanho, enquanto que os fluxos turbulentos não selecionam fortemente as partículas carregadas. Essa relação entre velocidade/fluxo do fluido e tamanho das partículas é responsável pelos transportes, erosão e deposição, em que os extremos são definidos por erosão com alta velocidade e fluxo do fluido, geralmente associada a fluxos turbulentos ou altamente energéticos com partículas de variados tamanhos (e.g. granulometria) e a deposição como processo controlado em velocidade e baixo fluxo (fluxo laminar), com baixa energia e decantação de partículas de granulometria grande, o transporte por sua vez ocorre entre esses limites de erosão e deposição.

O transporte dos bioclastos é uma propriedade importante para construção das acumulações bioclásticas, pois a configuração interna depende da energia aplicada aos bioclastos e ao empacotamento desses na matriz, assim a biofábrica é um elemento mais influenciado pela ação do transporte.

Dentre as características da biofábrica a orientação preferencial é a forma pela qual temos como definir o nível de reorientação, transporte e retrabalhamento que os bioclastos sofreram antes de seu soterramento final, pois muitos organismos podem estar preservados direcionados em uma única direção (unimodal), em bimodalidade com duas direções ou ainda em padrão aleatório, para cada uma dessas situações o fluxo do fluido precisa ter uma energia diferente e isso nos leva a uma interpretação deposicional dos controles de gênese (KIDWELL, 1986; KIDWELL; JABLONSKI, 1983; KIDWELL; FÜRSICH; AIGNER, 1986; BRETT; BAIRD, 1986; BRETT, 1986; BRETT, 1995; SIMÕES; GHILARDI, 2000).

O transporte também ainda pode ser responsável por desarticular os organismos bivalves ou com multi-esqueleto, levando a uma seleção de partes. Como por exemplo a seleção de valvas pediculares de braquiópodes, comumente as valvas dos braquiópodes são assimétricas possuindo uma concha mais plana (braquial) e outra mais cônica ou com convexidade acentuada (pedicular) que apresenta maior possibilidade de seleção e transporte quando submetida a fluxos constante de fundo, de maneira que há depósitos em que somente uma das valvas está presente, enquanto outros depósitos são formados somente com outra valva. Com foco nesses processos atrelados ao transporte, compreender a hidrodinâmica da partícula nos ajuda a compreender o mecanismo de seleção e posição da concha quanto à sua convexidade, de maneira que a posição apresentada pode ser uma posição hidrodinâmica estável (KIDWELL, 1986; KIDWELL; BEHRENSMEYER, 1986; GUERRINI *et al.*, 2019; SIMÕES *et al.*, 2019; QUAGLIO *et al.*, 2014; MOUTINHO *et al.*, 2012; ZABINI, 2007; ERTHAL *et al.*, 2017).

Outro parâmetro tafonômico influenciado pelo transporte e energia de fluxos é a fragmentação (ver subseção 5.2.4.2), em que a alta energia é responsável pela fragmentação mecânica desses bioclastos, como Zuschin (2003) e Erthal *et al.* (2017) discutem a fragmentação promovida pelo transporte gera superfícies irregulares e angulosas, levando a fraturas a depender do processo de transporte, como também o mesmo transporte pode ser ainda responsável pela corrosão desse bioclasto. O transporte por saltação é bem conhecido por levar a fraturas, enquanto que o transporte por tração leva a processos corrosivos (ERTHAL *et al.*, 2017; ZUSCHIN *et al.*, 2003; BRETT; BAIRD, 1986; MARTIN, 1999).

Por fim a variação dos processos dos níveis de transporte, influenciando as demais assinaturas tafonômicas, irão construir parâmetros de classificação de ambientes (tafofácies, *sensu* Speyer & Brett, 1986), visto que o ambiente marinho possui variações energéticas bem definidas, levando a diferenças de transporte e preservação dos bioclastos (BRETT; BAIRD, 1986; QUAGLIO *et al.*, 2014; MOUTINHO *et al.*, 2012; ZABINI, 2007; ZABINI *et al.*, 2010; ZABINI *et al.*, 2012). A ausência de transporte é também um fator importante para classificar e estudar muitas concentrações, pois os organismos não podem ser transportados ou por não terem partes duras que suportem sua resistência durante o processo, assim essas concentrações para serem preservadas dependem da taxa de sedimentação e processo geoquímico anóxico preservando os organismos em posição hidrodinâmica estável e muitas vezes em posição de vida, como os conulários da bacia do paraná tratadas por Rodrigues (2006).

4.5.5. Soterramento Final

Os processos bioestratinômicos se encerram com o recobrimento total do bioclasto na matriz que dará origem  acumulaco bioclástica após litificaco, assim os bioclastos passam por um empacotamento no interior do sedimento, passando a sofrer processos de ordem diagenéticas (que não será tratada na presente dissertaco), de maneira que o interior do sedimento ocorrem processos de preservaco geoquímica das partículas guardando informaçoes bioestratinômicas adquiridas por essas partículas até seu empacotamento, podendo ainda estar sujeitas aos efeitos bioestratinômico por retrabalhamento gerando uma retroalimentaco no deposito subsequente e aumentando ainda mais a o time-averaging da concentrao esquelética.

Assim o soterramento final  um processo de empacotamento bioclástico que dará origem  biofábrica, propriamente dita, e suas configuraoes internas refletindo eventos desde a morte dos animais até seu empacotamento. Alguns autores consideram, no entanto, que o soterramento final de uma dada acumulaco acontece somente quando esta não possui mais nenhuma influência de alteraco da TAZ, assim sair da TAZ  o processo de soterramento após processos diagenéticos.

REFERÊNCIAS

- ABELHA, F. M., 2013. **Análise estratigráfica do intervalo Carbonífero/Permiano da Bacia do Parnaíba em testemunhos de sondagem**. Master dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ABERHAN, M. 1994. **Guild-structure and evolution of Mesozoic benthic shelf communities**. *Palaios* 9:516-545.
- ABERHAN, M., W. KIESSLING, AND E T. FILRSICH. 2006. **Testing the role of biological interactions in the evolution of mid-Mesozoic marine benthic ecosystems**. *Paleobiology* 32:259-277.
- ANELLI, L. E.; ROCHA-CAMPOS, A.C.; SIMÕES, M.G.; PECK, R.L. **PENNSYLVANIAN HETEROCONCHIA (MOLLUSCA, BIVALVIA) FROM THE PIAUÍ FORMATION, PARNAÍBA BASIN, BRAZIL**. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 12, p. 93-112, 2009.
- ANELLI, L.E. **Pelecípodes da Formação Piauí (Pensilvaniano médio), Bacia do Parnaíba**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Geociências.1994.
- ANELLI, L.E. **Invertebrados neocarboníferos das formações Piauí (Bacia do Parnaíba) e Itaituba (Bacia do Amazonas): taxonomia; análise cladística das subfamílias Oriocrassatellinae (Crassatellacea, Bivalvia) e Neospiriferinae (Spiriferoidea, Braquiópodea)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 1999.
- ANELLI, L.E.; ROCHA-CAMPOS, A.C.; SIMÕES, M.G. **Pennsylvanian Pteriomorphian (bivalvia) from the Piauí Formation, Parnaíba Basin, Brazil**. *Journal of Paleontology*, Estados Unidos, v. 80, n.6, p. 1125-1141, 2006.
- ANELLI, L.E.; SIMOES, M.G.; González, C.R.; Souza, P.A. **A new Pennsylvanian Oriocrassatellinae from Brazil and the distribution of the genus Oriocrassatella in space and time**. *Geodiversitas* (Paris. Imprimév. 34, p. 595-610, 2012.
- ANELLI, L.E.; SIMOES, M.G.; González, C.R.; Souza, P.A. **A new Pennsylvanian Oriocrassatellinae from Brazil and the distribution of the genus Oriocrassatella in space and time**. *Geodiversitas* (Paris. Imprimév. 34, p. 595-610, 2012.
- ASSIS J. F. P. 1979. **Uma fáunula de moluscos bivalves do calcário Mocambo, Formação Piauí, Carbonífero superior da Bacia do Maranhão – Município de José de Freitas, Estado do Piauí**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em geologia, UFRJ, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 94p.
- BAMBACH, R. 1983. **Ecospace utilization and guilds in marine communities through the Phanerozoic**. Pp. 719-746 in M. J. S. Tevesz and P. L. McCall, eds. *Biotic interactions in recent and fossil benthic communities*. Plenum, New York.
- BAMBACH, R. K., A. M. BUSH, AND D. H. ERWIN. 2007. **Autecology and the filling of ecospace: key metazoan radiations**. *Palaeontology* 50:1-22.
- BARBOSA, E. N., CÓRDOBA, V. C., SOUZA, D. C., 2016. **Evolução estratigráfica da sequência Neocarbonífera-Eotriássica da Bacia do Parnaíba, Brasil**. *Brazilian Journal of Geology*, 46 (2), 181-198.
- BEHRENSMEYER, A.K., KIDWELL, S.M., GASTALDO, R.A. 2000. **Taphonomy and paleobiology**. In: D.H. Erwin & S.L. Wing (eds.) **Deep time: Paleobiology's perspective**, *Paleobiology Supplement* 4, v. 26, p. 103-147.
- BOSETTI, E.P., 2004. **Tafonomia de alta resolução das fácies de offshore da sucessão devoniana da região de Ponta Grossa e Paraná, Brasil**. Ph.D. thesis, Federal University of Rio Grande do Sul.
- BRETT, C. E. 1995. **Sequence stratigraphy, biostratigraphy, and taphonomy in shallow marine environments**. *Palaios* 10:597- 616.

- BRETT, C. E.; BAIRD, G. C. 1986. **Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation**. *Palaios* 1:207-227.
- BRETT, C. E.; BOUCOT, A. J.; JONES, B. 1993. **Absolute depths of Silurian benthic assemblages**. *Lethaia* 26:25-40.
- BRETT, C.E.; BAIRD, G.C., 1993. **Taphonomic approaches to temporal resolution in stratigraphy: examples from Paleozoic marine mudrocks**. In S.M. Kidwell, A.K. BEHRENSMEYER (eds.). *Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages*, Short Course in Paleontology. 6, 250-274.
- BUSH, A. M., R. K. BAMBACH, AND D. H. ERWIN. 2011. **Ecospace utilization during the Ediacaran Radiation and the Cambrian Eco-explosion**. Pp. 111-133 in M. LaFlamme, J. D. Schiffbauer, and S. Q. Dornbos, eds. *Quantifying the evolution of early life: numerical approaches to the study of fossils and ancient ecosystems*. Springer, Dordrecht.
- BUSH, A.M., BAMBACH, R.K., DALEY, G.M., 2007. **Changes in theoretical ecospace utilization in marine fossil assemblages between the mid-Paleozoic and late Cenozoic**. *Paleobiology* 33, 76–97.
- CAMPANHA.V. A.; ROCHA-CAMPOS.A.C. **Some Microfossils from the Piauí Formation (Late Carboniferous), Parnaíba Basin**. *BoL. IG, V. 10. p. 57 - 66,1979*.
- COMNISKEY, J.C. 2011. **Paleontologia dos Discinidae (Braquiópodea: Linguliformea) da sucessão devoniana da Bacia do Paraná, Estado do Paraná, Brasil**: Revisão sistemática, distribuição geográfica e estratigráfica. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, M.Sc. thesis, 180 p.
- CONSTITUIÇÃO (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- COSTA, J. S. **Tafonomia da paleoflora permiana do afloramento Rio Capivari (Grupo Itararé), SP**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências – UNICAMP.
- CUNHA F. M. B. 1986. **Evolução paleozoica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico**. 1986. Dissertação (Mestrado em geologia) - Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Da Vinci??
- DAVYDOV, V.I., WARDLAW, B.R., GRADSTEIN, F.M., 2004. **The Carboniferous Period**. In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G. (Eds.), *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 222e248.
- DOLIANITI, E., 1972. **Relações entre as floras paleozoicas do Brasil**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 44, 113-117.
- DUARTE, A., 1936. **Fósseis da sondagem Theresina, Estado do Piauí**. *Notas preliminares e estudos: Serviço Geológico e Mineralógico*, n.2, p. 1-3.
- ELLIS, J.; ANLAUF, H.; KÜRTEEN, S.; LOZANO-CORTÉS, D.; ALSAFFAR, Z.; CÚRDIA, J.; JONES, B.; CARVALHO, S., 2017. **Cross shelf benthic biodiversity patterns in the Southern Red Sea**. *Scientific Reports*, 437, v. 7. doi.org/10.1038/s41598-017-00507-y.
- ERTHAL, F., KOTZIAN, C.B., AND SIMÕES, M.G., 2011, **Fidelity of molluscan assemblages from the Touro Passo Formation (Pleistocene–Holocene), southern Brazil**: taphonomy as a tool for discovering natural baselines for freshwater communities: *PALAIOS*, v. 26, p. 443–446, doi: 10.2110/palo.2010.p10–145r.
- ERTHAL, F.; RITTER, M. N.; KOTZIAN, C. B. . **Assinaturas tafonômicas em moluscos recentes e seu significado paleoambiental**. *REVISTA TERRAE DIDATICA*, v. 13, p. 4, 2017.
- FOSTER, W. J.; TWITCHETT, R. J., 2014. **Functional diversity of marine ecosystems after the Late Permian mass extinction event**. *Nature Geosciences*, v. 7.

- FURSICH, F.T. & OSCHMANN, W. 1993. **Shell beds as tool in basin analysis –the Jurassic of Kachchh, western India**. *Journal of the Geological Society*, 150, 169–185.
- GHILARDI, R.P. 2004. **Tafonomia comparada e Paleocologia dos Macroinvertebrados (ênfase em Trilobites), da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Sub-bacia Apucarana), Estado do Paraná, Brasil**. São Paulo, SP. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 113 p.
- GHILARDI, R.P., 2004. **Tafonomia comparada e paleocologia dos macroinvertebrados (ênfase em trilobites), da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Sub-bacia Apucarana), Estado do Paraná, Brasil**. Ph.D. thesis, São Paulo University.
- GÓES A. M.; FEIJÓ F. J. 1994. **Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro**, Bol. Geoc. PETROBRÁS. *Rel. interno*. v. 8, n. 1.
- GOLONKA, J., FORD, D., 2002. **Pangean (Late Carboniferous–Middle Jurassic) paleoenvironment and lithofacies**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161, 1-34.
- Sun, H.; Zhao, F.; Steiner, M.; Li, G.; Na, L.; Pan, B.; Yin, Z.; Zeng, H.; Van Iten, H.; Zhu, M. **Skeletal faunas of the lower Cambrian Yu'an-shan Formation, eastern Yunnan, China: Metazoan diversity and community structure during the Cambrian Age 3**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Elsevier, 2020. doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109580
- KEGEL, W. (1952). **Sobre a Formação Piauí (Carbonífero Superior) no Araguaia**. Notas preliminares e estudos, Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, v.135, 36 p.
- KEGEL, W. 1951. **Sobre alguns trilobites carboníferos do Piauí e do Amazonas**. Divisão de geologia e Mineralogia, Boletim, Rio de Janeiro, n. 135, p. 1-38.
- KEGEL, W.; COSTA M. T. 1951. **Espécies neopaleozóicas do Brasil, da família Aviculopectinidae, ornamentadas com costelas fasciculadas**. Divisão de Geologia de Mineralogia., Boletim, Rio de Janeiro, n. 137, p. 1-48.
- KIDWELL, S.M., FÜRSTICH, F.T., AIGNER, T., 1986. **Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations**. *Palaios* 1, 228–238.
- KIDWELL, S.M., 1989?
- LIMA FILHO, F. P., 1998. **A sequência Permo-Pensilvaniana da Bacia do Parnaíba. Bacia do Parnaíba**. Ph.D thesis, Instituto de Geociências – USP, 99.
- LIMA FILHO, F.P., 1991. **Fácies e ambientes deposicionais da Formação Piauí (Pensilvaniano). Bacia do Parnaíba**. Master dissertation, Instituto de Geociências – USP, 81.
- LUCAS, S. G. **Taphotaxon**. *Lethaia*, v. 34, n. 1, p. 30, 2001.
- MARTIN, R.E. (1999). **Taphonomy: A Process Approach**. Cambridge: Cambridge University Press.
- MEDEIROS, R.S.P. **Depósitos carbonáticos-siliciclásticos da porção superior da formação Piauí, carbonífero da bacia do Parnaíba, região de José de Freitas-PI**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém: 2015.
- MEDEIROS, R.S.P.; POMPEU, M.C.; DIAS, S.K.R.; IBARRA, J.Y.S.; JUNQUEIRA, I.S.; VICCARI, J.M.; BILHAR, J.D.; SCOMAZZON, A.K.; NASCIMENTO, S.; NOGUEIRA, A.C.R. **Ocorrências de conodontes do Pensilvaniano Inferior, Formação Piauí, na região Mocambo, Bacia do Parnaíba**. Anais do 49º Congresso Brasileiro de Geologia: Rio de Janeiro, 2018.
- MERGL, M., 2010, **Discinid Braquiópode life assemblages, fossil and extant**: *Bulletin of Geosciences*, 85(1), 27-38.
- MERGL, M.; MASSA, D. **A new giant discinoid Braquiópode from the Lower Devonian of Algeria**. *Acta Palaeontol. Polonica*, v. 50, n. 2, p. 397– 402, 2005.
- MIALL, A.D. 2000. **Principles of sedimentary basin analysis**, 3rd ed. New York: Springer, 616 pp.

- MOUTINHO, L. P., 2006. **Assinatura dos invertebrados da Formação Itaituba – Aplicação como ferramenta de análise estratigráfica e paleoecológica na secção Pensilvaniana aflorante na porção sul da Bacia do Amazonas, Brasil**. Ph.D. thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- NASCIMENTO, J. G. S. *et al.* Análise quantitativa de moluscos Pensilvanianos do dolomito Mocambo, Formação Piauí (Bacia do Parnaíba), José de Freitas- Piauí. *In: IV Simpósio Brasileiro de Paleoinvertebrados*, Rio de Janeiro, 2018.
- NEPHIN, J.; JUNIPER, S. K.; ARCHAMBAULT, P., 2014. **Diversity, Abundance and Community Structure of Benthic Macro- and Megafauna on the Beaufort Shelf and Slope**. PLoS ONE 9(7): e101556. doi:10.1371/journal.pone.0101556
- QUAGLIO, F., WARREN, L., ANELLI, L., DOS SANTOS, P., ROCHA-CAMPOS, A., GAŹDZICKI, A., SIMÕES, M. (2014). **Shell beds from the Low Head Member (Polonez Cove Formation, early Oligocene) at King George Island, west Antarctica: New insights on facies analysis, taphonomy and environmental significance**. Antarctic Science, 26(4), 400-412. doi:10.1017/S0954102013000783.
- RICKLEFS, R.; RELYEA, R. **A economia da natureza**. 7. ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 2018 v, xxiii, 606 . p.
- SANTOS, M.E.C.M; CARVALHO M.S.S. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM Serviço Geológico do Brasil – DGM/DIPALE.
- SANTOS, M.E.C.M; CARVALHO M.S.S., 2009. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM Serviço Geológico do Brasil – DGM/DIPALE - 2009.
- SCOMAZZON, A. K., 2004. **Estudo de conodontes em carbonatos marinhos do Grupo tapajós, pensilvaniano inferior a médio da Bacia do Amazonas com aplicação de isótopos de Sr e Nd neste intervalo**. Porto alegre. Ph.D. thesis, Universidade federal do Rio Grande do Sul, 294.
- SCOTESE, C.R., MCKERROW, W.S., 1990. Revised world maps and introduction. In: McKerrrow, W.S., Scotese, C.R. (Eds.), **Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography: Geological Society Memoir**, 1-21.
- SILVA, O. B., 1996. **Ciclicidade sedimentar no pensilvaniano da Bacia do Amazonas e o controle dos ciclos de sedimentação na distribuição estratigráfica dos conodontes, fusulinídeos e palinomorfos**. Ph.D. thesis, Universidade federal do Rio Grande do Sul, 331.
- SIMÕES, M.G., GHILARDI, R.P., 2000. **Protocolo tafonômico/paleoautoecológico como ferramenta nas análises paleossinecológicas de invertebrados: exemplos de aplicação em concentrações fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil**. Pesquisas em Geociências 27, 3–13.
- SIMOES, M.G.; ROCHA-CAMPOS, A.C. **Paleobiogeografia e evolução dos pelecípodes neopaleozóicos da América do Sul**. Boletim IG-USP. Série Científica, São Paulo, v. 12, p. 115-116, 1992.
- SIMÕES, M.G.; ROCHA-CAMPOS, A.C. **Paleoecologia dos bivalves neopaleozóicos da Bacia do Paraná, Brasil**. Boletim IG-USP. Série Científica, São Paulo, p. 130-131, 1990.
- STREEL, M., 1986. **Miospore contribution to the upper Famennian-Strunian event stratigraphy**. Ann. Soc. Géol. Belg., 109, 75-92.
- TORSVIK, T. H., 2013. **Gondwana from top to base in space and time**. Gondwana Research, 24(3-4), 999-1030.
- VAZ P. T, REZENDE N. G. A. M, WANDERLEY FILHO J. R. 2007. **A Bacia do Parnaíba**, *Boletim de Geociências da Petrobras*, v.15, n.2, pp. 253-263.

- ZABINI, C., 2007. **Lingulídeos da Sucessão Devoniana da Bacia do Paraná, região dos Campos Gerais, Brasil: revisão de conceitos biológicos-ecológicos e análise tafonômica básica.** MSc dissertation, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 130 pp.
- ZABINI, C., BOSETTI, E.P., HOLZ, M., 2010. **Taphonomy and taphofacies analysis of lingulide Braquiópodes from Devonian sequences of the Paraná Basin, Brazil.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 292, 44–56.
- ZABINI, C.; BOSETTI, E.P. & HOLZ, M. 2010. **Taphonomy and taphofacies analysis of lingulid Braquiópodes from Devonian sequences of the Paraná Basin, Brazil.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 292:44–56. doi:10.1016/j.palaeo.2010.03.025
- ZABINI, C.; BOSETTI, E.P.; HORODYSKI, R.S. & MATSUMURA, W.M.K. 2007. **Lingulídeos: revisão dos conceitos morfo-anatômicos, fisiológicos, reprodutivos, paleo-ecológicos e a importância do grupo no Devoniano da região dos Campos Gerais do Paraná, Brasil.** *Terr@Plural*, 1:115–122.
- ZABINI, C.; COMNISKEY, J.C. & BOSETTI, E.P. 2013. **John Mason Clarke e os lingulídeos e discinídeos dos estratos devonianos da Bacia do Paraná, estado do Paraná, Brasil: estado da arte.** *Terr@ Plural*, 7:43–58. doi:10.5212/TerraPlural.v.7iEspecial.0004
- ZABINI, C.; HOLZ, M.; BOSETTI, E.P.; MATSUMURA, W.M.K. & Horodyski, R.S. 2012. **Sequence stratigraphy and taphonomic signatures of marine invertebrates: a Devonian (Pragian/Eifelian) example of the Paraná Basin.** *Journal of South American Earth Sciences*, 33:8–20. doi:10.1016/j.jsames.2011.08.001
- ZABINI, C.; ANELLI, L.E.; LEME, J.M., 2017. **First occurrence of a lingulide (Braquiópodea: Lingulidae) at Piauí Formation (Upper Carboniferous), Parnaíba Basin, Brazil.** *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 19, p. 527-530.
- ZUSCHIN M., STACHOWITSCH M., STANTON JR. R.J. 2003. **Patterns and processes of shell fragmentation in modern and ancient marine environments.** *Earth-Science Reviews*, 63:33-82.

5. ARTIGO CIENTÍFICO

NASCIMENTO, J. G. S.; ZABINI, C. TAFOFÁCIES E RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL DO MAR EPICONTINENTAL PIAUÍ NA PORÇÃO OCIDENTAL DO GONDWANA (BACIA DO PARNAÍBA) DURANTE O PENNSILVANIANO.

Status: Manuscrito a ser submetido.

TAFOFÁCIES E RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL DO MAR EPICONTINENTAL PIAUÍ NA PORÇÃO OCIDENTAL DO GONDWANA (BACIA DO PARNAÍBA) DURANTE O PENNSILVANIANO

TAPHOFACIES AND PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION OF THE EPICONTINENTAL PIAUÍ SEA IN THE WESTERN PORTION OF GONDWANA (PARNAÍBA BASIN) DURING THE PENNSYLVANIAN

NASCIMENTO, J. G. S.^{a, b}; ZABINI, C.^b

^a Discente do Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

^b Laboratório de Paleontologia, Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

RESUMO: Os depósitos carbonáticos fossilíferos da Bacia do Parnaíba durante o Pensilvaniano são caracterizados pela presença de fósseis marinhos, como corais, briozoários e crinoides, indicando uma história de ambientes marinhos rasos. Esses depósitos carbonáticos foram formados em uma época em que a bacia estava conectada ao Paleo-oceano Panthalassa, proporcionando condições favoráveis para a deposição de sedimentos ricos em carbonato de cálcio. Este artigo busca elucidar as diferenças e as condições ambientais desses depósitos por meio da análise bioestratinômica e sedimentar, que revelam as assinaturas tafonômicas e a constituição da biofábrica. As assinaturas foram analisadas quantitativamente, a fim de quantificar e caracterizar de maneira mais fidedigna os processos atuantes em cada depósito. Foram identificadas duas tafofácies (TF1 e TF2) na plataforma carbonática da Bacia do Parnaíba durante o Pensilvaniano. A TF1 representa um ambiente marginal com remobilização de substrato, assinaturas de depósitos influenciados por tempestades e eventos esporádicos de alta energia. A TF2 corresponde a um ambiente anóxico mais profundo, com cíclicas incursões siliciclásticas, exposição às correntes de fundo e assinaturas mais sutis. Os depósitos da Bacia do Parnaíba compartilham similaridades ambientais e bioestratinômicas com a Bacia do Amazonas, indicando uma conexão durante o evento transgressivo e a transição Icehouse-Greenhouse.

Palavras-chave: Análise tafonômica; Invertebrados marinhos; Pensilvaniano; Bacia do Parnaíba.

ABSTRACT: The fossiliferous carbonate deposits of the Parnaíba Basin during the Pennsylvanian are characterized by the presence of marine fossils such as corals, bryozoans, and crinoids, indicating a history of shallow marine environments. These carbonate deposits were formed during a period when the basin was connected to the Paleo-ocean Panthalassa, providing favorable conditions for the deposition of calcium carbonate-rich sediments. This article aims to elucidate the differences and environmental conditions of these deposits through biostratinomic and sedimentary analysis, which reveal taphonomic signatures and the composition of the biofabric. The signatures were quantitatively analyzed to more accurately quantify and characterize the processes operating in each deposit. Two taphofacies (TF1 and TF2) were identified in the carbonate platform of the Parnaíba Basin during the Pennsylvanian. TF1 represents a marginal environment with substrate remobilization, signatures of storm-influenced deposits, and sporadic high-energy events. TF2 corresponds to a deeper anoxic environment with cyclic siliciclastic incursions, exposure to bottom currents, and more subtle signatures. The deposits of the Parnaíba Basin share environmental and biostratinomic similarities with the Amazon Basin, indicating a connection during the transgressive event and the Icehouse-Greenhouse transition.

Key-words: Taphonomic analysis; Marine invertebrates; Pennsylvanian; Parnaíba Basin.

5.1. INTRODUÇÃO

O final da Era Paleozoica é marcado por eventos colisionais que culminam com a origem do supercontinente Pangea (TORSVIK; COCKS, 2013). Associado aos eventos orogenéticos durante o Neopaleozoico é registrado um conjunto de rochas de origem glacial, relacionadas aos períodos de resfriamento global, marcado principalmente por capas de gelo no Sul do Gondwana, enquanto a porção Ocidental-Norte registra a formação de um mar epicontinental gerado pelas variações glacioeustáticas do Oceano Panthalassa a Oeste (LIMARINO; SPALLETTI, 2006; TORSVIK; COCKS, 2013; MEDEIROS *et al.*, 2019). As variações glacioeustáticas geraram sequências de sistemas transgressivos-regressivos que culminaram com o estabelecimento do mar epírico Itaituba-Piauí (*sensu* MEDEIROS *et al.*, 2019), registrado nas Bacias do Amazonas e Parnaíba, contudo esse paleomar se estendeu por toda a porção norte do Gondwana também registrados nas Bacias Madre Dios, Río Blanco, Tarija e na sub-bacia Titicaca (CAPUTO; CROWELL, 1985; ISBELL, 2003; LIMARINO; SPALLETTI, 2006; NINA *et al.*, 2020; MEDEIROS, 2020), a essa conexão marinha que se estendia por todo o Norte do Gondwana chamamos neste trabalho de mar epicontinental Quéchua.

O registro mais interno das sequências transgressivo-regressivo durante o Neopaleozoico é marcado na porção superior da Formação Piauí, exposta no Nordeste da Bacia do Parnaíba (Estado do Piauí), onde são encontrados carbonatos fossilíferos que compreendem uma fauna marinha representada por moluscos, braquiópodes, briozoários, trilobitas, elementos conodontes e fragmentos de plantas (MESNER; WOOLDRIDGE, 1964; DOLIANTINI, 1972; CAMPANHA; ROCHA-CAMPOS, 1979; LIMA-FILHO, 1991; ANELLI, 1999). Os supracitados carbonatos da Formação Piauí têm gênese relacionada à plataforma carbonática rasa que recobria grandes áreas cratônicas por centenas de quilômetros dominada por ciclos de raseamento e eventos de tempestade (LIMA-FILHO, 1991; ANELLI, 1999; MEDEIROS *et al.*, 2019).

Apesar da grande quantidade de informações sobre a plataforma marinha rasa da Formação Piauí e sobre seu conteúdo Paleontológico, pouco se sabe sobre as configurações ambientais dos subambientes plataformais e como os eventos ali gerados estão associados à gênese dos respectivos carbonatos. Dessa maneira o presente trabalho descreve as fácies sedimentares a partir de uma análise tafonômica, nos quais as tafofácies servem como base para reconstrução do respectivo ambiente plataformal e seus subambientes.

5.2. CONTEXTO GEOLÓGICO

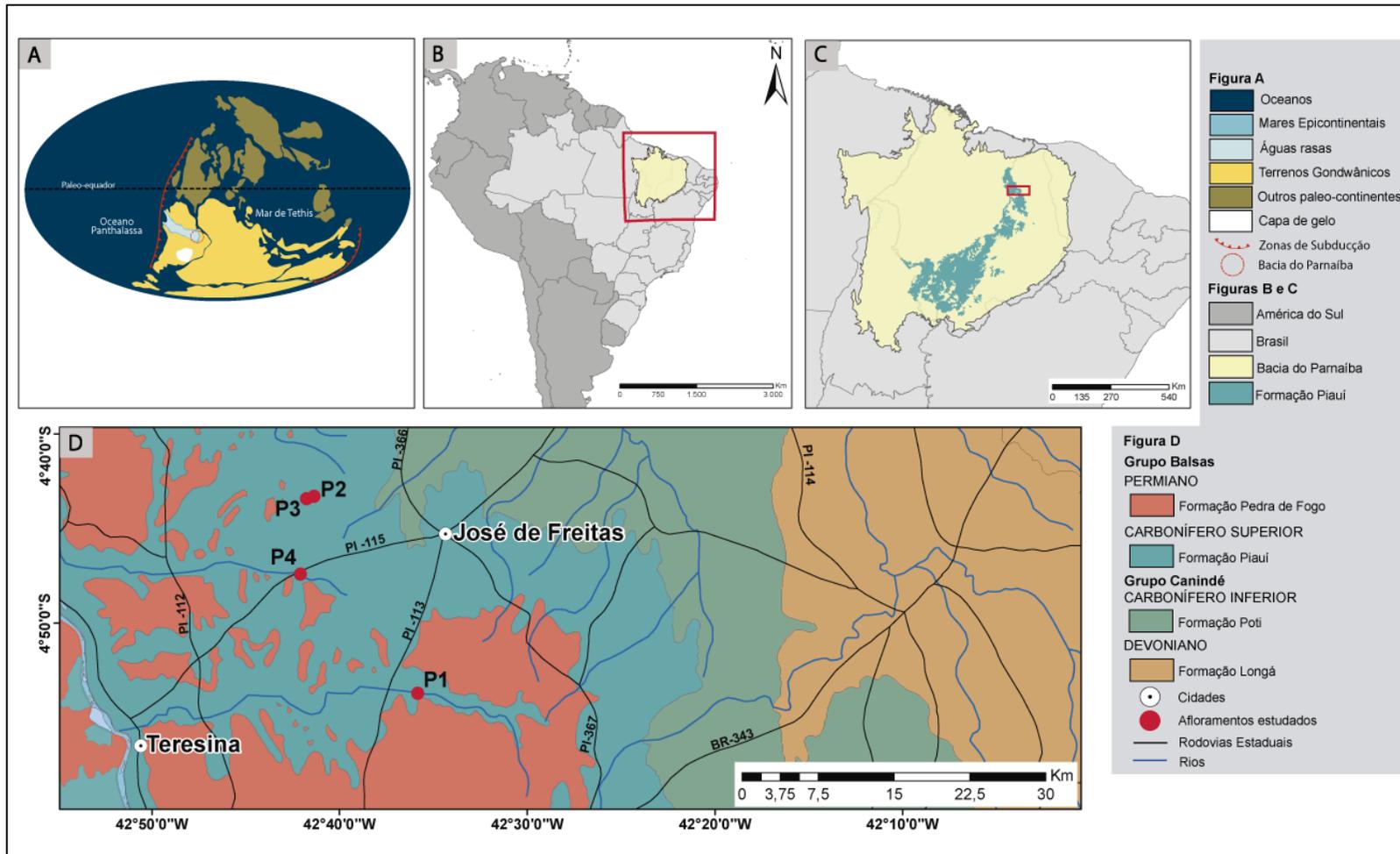
A bacia do Parnaíba é uma bacia sínclina intracratônica, localizada na região Nordeste do Brasil (Figura 1) com uma área de 600.000 Km² e limitada a Leste pela Província Borborema, ao Sul pelo Cráton São Francisco, ao Oeste pelo cinturão Araguaia e ao Norte pela Bacia São Luís-Grajaú (GÓES; FEIJÓ, 1994). O pacote sedimentar depositado possui 3.500m no depocentro da bacia e a deposição se deu pela reativação de um megasistema de fraturas, com subsidência crustal ao fim da Orogenia Brasileira e ao início da Orogenia Caledoniana no limite Siluriano-Devoniano, com sedimentação até o Triássico superior (VAZ *et al.*, 2007). Góes e Feijó (1994) subdividiram a sedimentação da bacia do Parnaíba em três ciclos sedimentares, levando em consideração aspectos tectono-estruturais e variações paleoclimática: (1) Ciclo Siluriano representado pelo Grupo Serra Grande, (2) Ciclo Devoniano representado pelo Grupo Canindé e (3) o Ciclo Carbonífero-Triássico representado pelo Grupo Balsas.

A sucessão Carbonífera compreende a porção basal do Grupo Balsas, inserido dentro do contexto deposicional da Formação (Fm) Piauí, sendo representado por um ambiente clástico-evaporítico de um mar raso relacionado a um paleoambiente lacustre (VAZ *et al.*, 2007); a Fm. Piauí é sotoposta pelos estratos das formações: Pedra de Fogo (Permiano), Motuca (Permo-Triássico) e Sambaíba (Triássico) que representam por sua vez o processo de continentalização e aridização na bacia do Parnaíba (ABRANTES *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.* 2016; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016a; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016b). A Fm. Piauí encontra-se distribuída nas porções Sul e Nordeste da bacia do Parnaíba (Figura 9.C), apresentando cerca de 220m de comprimento (LIMA FILHO, 1998), e é dividida por Mesner e Wooldridge (1964) em Membro inferior e superior.

A porção Inferior é caracterizada por arenitos avermelhados intercalados com pelitos vermelhos. A porção Superior, por sua vez, é composta por arenitos finos a médios, majoritariamente com seleção de grãos arredondados a subarredondados e calcários fossilíferos, que preservam uma ampla fauna de invertebrados como: moluscos, braquiópodes, equinodermos e trilobitas além de fragmentos vegetais (DOLIANTINI, 1972; SANTOS *et al.*, 1984; SANTOS; CARVALHO, 2004). De modo que as rochas da Fm. Piauí gradam verticalmente de depósitos eólicos, na base, a pequenos deltas e plataforma carbonática rasa. A essa plataforma carbonática de águas rasas tem sido atribuído ambientes influenciados por marés e ondas de tempestade e sua origem se dá sob o contexto de incursões marinhas sobre o continente (LIMA FILHO, 1991; LIMA

FILHO, 1998; ANELLI, 1999; MEDEIROS *et al.*, 2019). A incursão (Figura 1.A) que levou ao estabelecimento da plataforma carbonática na Fm. Piauí tem relação com um período de transição climática (*e.g.* aquecimento-resfriamento global) ocasionando variações eustáticas do nível dos oceanos como registrado nos depósitos carboníferos da bacia do Amazonas (CAPUTO; CROWEEL, 1985; ANELLI, 1999; ALMEIDA *et al.*, 2000; MATSUDA, 2003; SCOMAZZON, 2004; MOUTINHO, 2006; MEDEIROS *et al.*, 2019).

Figura 9. Mapa de localização da área de coleta. A) Reconstrução paleogeográfica exibindo o estabelecimento do mar epicontinental; B) Localização geográfica da Bacia do Parnaíba; C) Área de distribuição da Formação Piauí na Bacia do Parnaíba; D) Pontos de coleta das rochas utilizadas no presente trabalho.



5.3. MATERIAIS E MÉTODOS

5.3.1. Material coletado e base de dados

Os fósseis estudados na presente pesquisa são provenientes de 4 afloramentos (identificados de 1 a 4), localizados na porção Nordeste da Bacia do Parnaíba, na região rural do Município de José de Freitas localizado a 70Km de Teresina, capital do Estado do Piauí. Os afloramentos estudados sistematicamente foram padronizados pela sigla P(n), em que 'n' representa a sequência de coleta. As coletas seguiram a orientação de SE-NW, em que P1 (4°53'40.66"S; 42°35'50.51"O) localiza próximo à rodovia estadual PI-113 no sentido Teresina-José de Freitas, enquanto os demais afloramentos P2 (4°43'19.04"S; 42°41'18.06"O), P3 (4°43'24.17"S; 42°41'46.82"O) e P4 (4°47'23.58"S; 42°42'6.34"O) localizam-se próximo à rodovia PI-115 no sentido José de Freitas-Teresina/União (Figura 1.D).

As coletas totalizaram 280Kg de carbonato fossilífero, dos quais foram analisados 14 blocos, cada afloramento analisado possui cerca de 30-80Kg de calcário. O material coletado está depositado na coleção científica de Paleontologia, do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IGe/UNICAMP) sob as siglas CP3/n (CP3/586, CP3/587, CP3/588, CP3/589, CP3/590, CP3/591, CP3/592, CP3/593, CP3/594, CP3/595, CP3/596, CP3/597, CP3/598, CP3/599). Outros remanescentes fossilíferos ainda coletados em campo, mas não associados aos blocos foram tombados no livro tombo CP3 iniciando na numeração CP3/644 a CP3/710. O conteúdo fossilífero, assinaturas tafonômicas e demais informações obtidas em campo e em laboratório foram organizadas em planilhas de dados do Microsoft® Office Pro Excel 2019 e estão disponíveis como materiais suplementares (*vide* Apêndice E).

O detalhamento taxonômico de bivalves segue os trabalhos de Anelli *et. al.* (2002, 2006, 2009, 2012), para os gastrópodes utilizou-se as descrições preliminares de Anelli (1996; 1999) e para os braquiópodes Anelli (1996; 1999), Nunes (2003) e Zabini *et. al.* (2017).

5.3.2. Método de coleta em blocos

Os afloramentos foram levantados sistematicamente, considerando os aspectos sedimentológicos e tafonômicos. O trabalho de coleta envolveu a remoção de blocos orientados (topo x base, norte), seguindo a rotina de coleta para material fossilífero proposto por Simões e Ghillardi (2000), tendo sido coletada uma área de

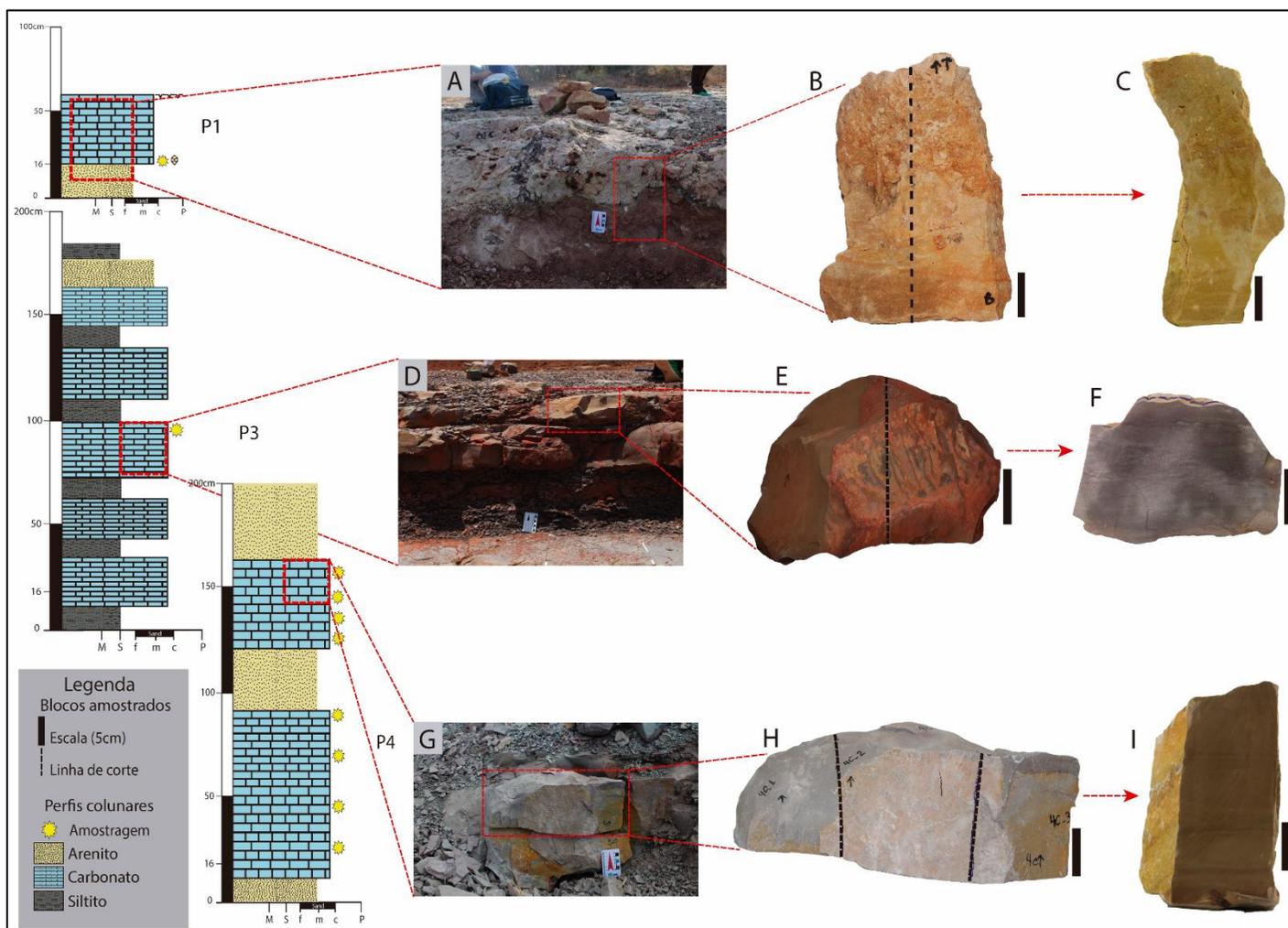
aproximadamente 0,5-1m² para os afloramentos P1, P3 e P4. O afloramento P2 foi analisado somente em campo pelo método de *grid* e não contou com amostras analisadas em blocos, contudo amostras de mão com macrofósseis foram coletadas.

Os 14 blocos coletados foram identificados e seccionados do topo para base. Os blocos com até 25cm de comprimento foram seccionados ao meio, enquanto os blocos entre 25cm e 45cm de comprimento foram seccionados em duas porções equitativas (Figura 10). A partir da secção dos blocos foi possível verificar a presença de bioclasto na porção externa e interna (secção) dos blocos notando a distribuição vertical e horizontal dos bioclastos.

5.3.3. Método de coleta em Grids

Para os afloramentos com fósseis dispostos em pavimentos foi utilizado o método de *point-counter*, conforme utilizado por Costa (2017). No presente método uma placa transparente com área de 30cm² é disposta sobre o pavimento e os fósseis são contados e orientados sob cada ponto na área da placa, de acordo com os eixos X (A-P) e Y (0-16). Para esse método foi escolhido um ponto de amostragem aleatório em cada afloramento (P2 e P3), no total foram realizadas 3 amostragens (*Grids*), sendo uma no afloramento P2 e duas no afloramento P3 (Apêndice D). A partir dessa análise cada componente bioclástico encontrado dentro da área da *Grid* foi analisado a fim de extrair informações tafonômicas, de maneira que se verificou a presença e/ou ausência das assinaturas tafonômicas, somados às orientações azimutais dos bioclastos.

Figura 10. Critérios para secção dos blocos analisados tafonomicamente. Localização do bloco no afloramento P1 (A), bloco CP3/591 com demarcação de corte (B), vista lateral após o corte do bloco (C); localização do bloco no afloramento P3 (D), bloco CP3/594 com demarcação de corte (E), vista lateral após o corte do bloco (F); localização do bloco no afloramento P4 (G), bloco PIC/017 com demarcação de cortes (H) e vista lateral após o corte do bloco (I).



5.3.4. Classificação Litológica

A classificação litológica contou com a análise macroscópica de 14 blocos trazidos ao laboratório. Os blocos encontram-se seccionados, os quais foram identificados segundo a classificação de rochas carbonáticas de Dunham (1962), que se aplica não somente a lâminas como também a amostras de mão/macroscópicas, levando em consideração a matriz carbonática e a proporção de bioclastos nela preservados.

5.3.5. Análise tafonômica

Tanto os blocos quanto as *grids* foram analisados tafonomicamente quanto a aspectos ligados à biofábrica e às assinaturas tafonômicas. A biofábrica refere-se à descrição do arranjo tridimensional da fábrica bioclástica do depósito (*sensu* KIDWELL, 1986), tendo sido considerados: composição taxonômica dos bioclastos, empacotamento, geometria do depósito e estrutura interna dos blocos (Apêndice A).

As assinaturas tafonômicas correspondem às características relacionadas ao estado de preservação do fóssil, em que são verificados os processos sofridos pelas partes duras dos organismos antes de sua preservação, os parâmetros utilizados correspondem à variáveis aplicadas a outros estudos de concentrações esqueléticas de invertebrados (BRETT; BAIRD, 1986; KIDWELL, 1986; QUAGLIO *et. al.*, 2014; GUERIRNI *et. al.*, 2019). Foram obtidas informações sobre grau completude do fóssil, nível de articulação, orientação em relação ao plano de acamamento, convexidade da concha, biometria do bioclasto, proporção de valvas e quando possível orientação azimutal, os quais foram codificados (Tabela 1) e armazenados em bancos de dados (Apêndice A e E).

Tabela 1. Códigos categóricos atribuídos às assinaturas tafonômicas e seus estados de caráter.

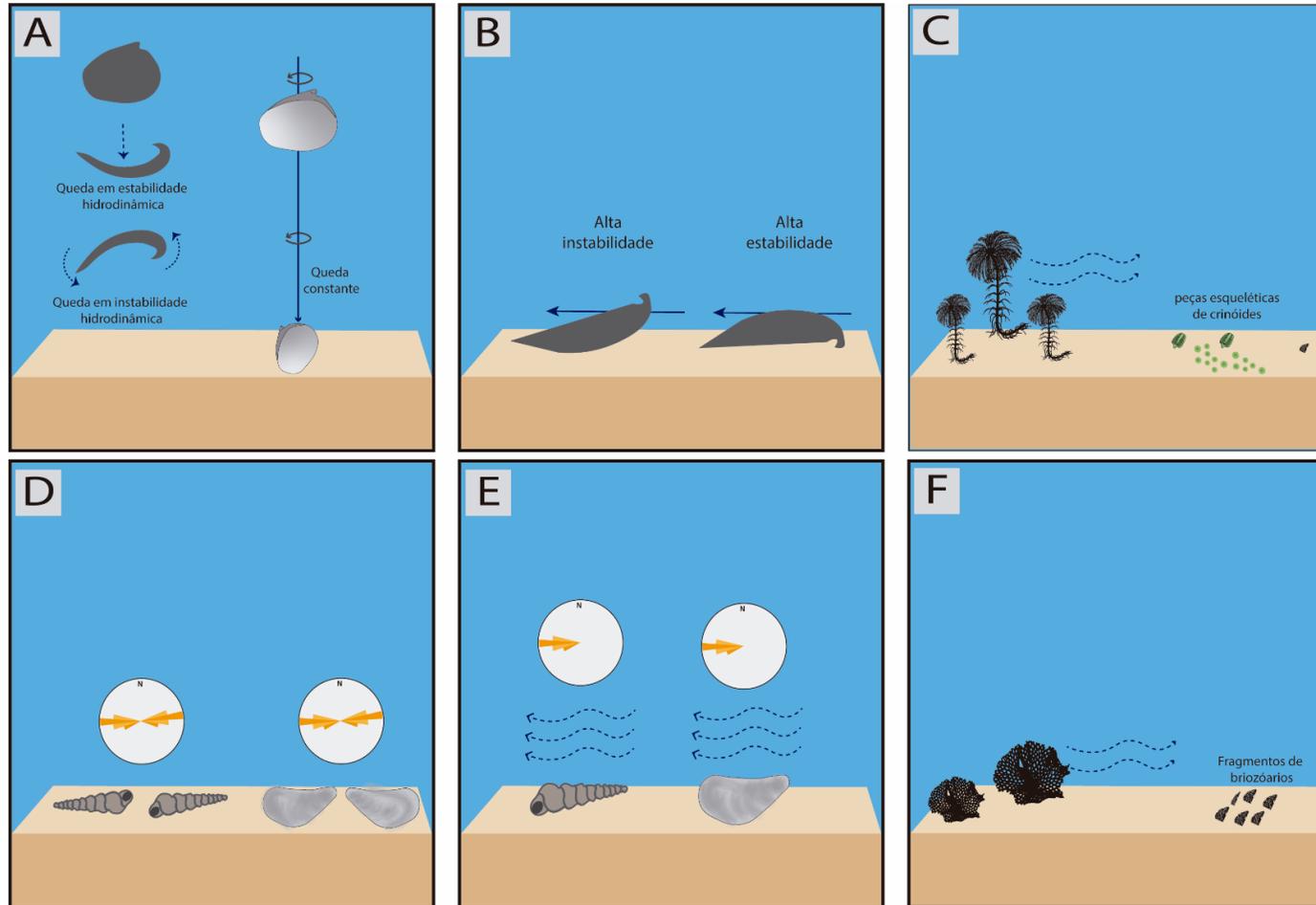
Caracteres Chave	Orientação	Articulação	Valvas	Fragmentação	Convexidade	Comprimento
0	Perpendicular	Articulado aberto	Direita/ Braquial	Completo	Baixo	-
1	Oblíquo	Articulado fechado	Esquerda/ Pedicular	Fragmentado	Cima	-
2	Concordante	Borboleta	Indetermi nada	-	-	-
3	-	Desarticulado	Ambas	-	-	-

A morfometria foi realizada em bioclastos que pudessem ser mensurados por pelo menos uma das variáveis (comprimento, altura ou largura); nem todos eram passíveis de mensuração, devido ao grau de fragmentação ou pelo fato de muitos desses bioclastos terem sido analisados em seção, porém foi possível mensurar um total de 133 conchas

que tinham menor grau de fragmentação ou que estavam na parte externa dos blocos. Por conta da grande variação de tamanhos as medidas obtidas foram agrupadas em 4 classes: (1) $\geq 1\text{mm}-20\text{mm}$; (2) $\geq 21\text{mm}-40\text{mm}$; (3) $\geq 41\text{mm}-60\text{mm}$ e (4) $\geq 61\text{mm}-90\text{mm}$, dos quais considera-se pequenos medidas entre $1\text{mm}-20\text{mm}$, médios $21\text{mm}-60\text{mm}$ e grandes $\geq 61\text{mm}$. Os bioclastos que possuem a valva classificada entre direita/braquial e esquerda/pedicular foram analisados em plano, de maneira que a visão em seção não dá uma classificação assertiva para essa assinatura. A presença de abrasão e incrustação também não é possível de ser verificada em seção sendo analisada em visão de plano, quando identificada.

A presença de assinaturas tafonômicas conta com fatores ligados não somente ao ambiente, como também ligados aos organismos e morfologias, fazendo assim com que cada organismo responda de maneiras distintas aos mesmos processos (Figura 11). A fim de considerar, em uma análise qualitativa, a presença das assinaturas supracitadas, verificou-se ainda os tipos esqueléticos (*sensu* BRETT; BAIRD, 1986; Apêndice B) dos bioclastos preservados nas acumulações fossilíferas. Essa análise qualitativa dos tipos de esqueleto preservados auxilia a compreender a dinâmica ambiental, levando em consideração a susceptibilidade de certos tipos esqueléticos a certos processos bioestratinômicos (*e.g.* Desarticulação, Fragmentação, Corrosão e Convexidade das conchas).

Figura 11. Modelos de processos tafonômicos que podem afetar as partes duras dos organismos e relevância da morfologia para cada tipo de formato. A) modelo de deposição de conchas de bivalves na lâmina d'água e posições de estabilidade hidrodinâmica das conchas; B) modelo de estabilidade de conchas de bivalves em ambiente com influência de corrente ou fluxos hidrodinâmicos; C) modelos de fragmentação e destruição de partes esqueléticas de crinóides com esqueleto multi-elementos e sua desagregação por influência de fluxos/correntes de fundo; D) influência de fluxos oscilatórios gerando orientação bimodal em conchas de gastrópodes e bivalves; E) modelo de orientações unidirecionais para ambientes com correntes; F) modelo de desagregação esquelética de briozoários e esqueletos ramificados por influência de correntes de alta energia.



5.4. RESULTADOS

5.4.1. Litofácies e arranjo tridimensional

A porção superior da Formação Piauí compreende uma sucessão carbonático-siliciclástica, em que são encontrados arenitos, carbonatos e folhelhos orgânicos. Essa porção mista vem sendo descrita a partir de duas associações de fácies (AF1. Campo de dunas/interdunas; AF2. Plataforma carbonática, *sensu* Medeiros et al., 2019), no presente trabalho é focado somente a associação de fácies correspondente à plataforma carbonática (Figura 12). As litofácies carbonáticas são encontradas em minas de exploração de calcário, em geral abandonadas, as quais possuem espessura máxima de 1m. Todos os depósitos possuem bioclastos completos ou fragmentos e consistem de *Mudstones*, *Wackestones* e *Grainstones* (DUNHAM, 1962) possuindo uma matriz de micrita e cimentado por dolomita, aqui descrevemos as litologias: *Grainstone* (Gs); *Wackestone* (Ws); *Mudstone* (Ms), Arenito incipiente com bioturbações (SiB) e Folhelho negro (BS).

A fácies Arenito incipiente bioturbado (SiB) está situada na porção inferior do depósito P1, apresenta 10-15 cm de comprimento, laminação plano-paralela incipiente, cor cinza-claro, granulometria fina-média, calcífero no topo (e.g. no contato com carbonato) e sob intensa bioturbação (e.g. bioturbações verticais ou horizontais). Esta fácies é sotoposta pela fácies *Grainstone* (Gs)

A fácies *Grainstone* (Gs), encontrada no depósito P1, possui espessura de 35-50cm variando de maior densidadeossilífera na base para uma menor densidadeossilífera no topo. Essa fácies possui cor creme, camadas tabulares a levemente onduladas, sem estrutura sedimentar interna e empacotamento grão-suportado. Apresenta grande quantidade de poros (e.g. móldicos e *vug*), cristais de dolomita espática e calcita preenchendo poros e filmes ferruginosos. Essa fácies se divide em duas microfácies: Gs1) Consiste em uma camada tabular, localizada na base e descontínua ao longo do depósito, exibindo uma grande densidade bioclástica, ainda é possível verificar o contato dessa microfácies sobrepondo arenito, sob intensa bioturbação, em algumas porções do depósito. Os bioclastos não mostram seleção de tamanho e forma, mas possuem estruturas de bioturbações na porção mais basal do depósito. Gs2) Camadas tabulares a levemente onduladas, variando de 6-12cm de comprimento, encontrada no topo do depósito associada a gretas de contrações poligonais, cristais de dolomita de médios a grandes (e.g. $\geq 20\text{mm}$ - $\geq 35\text{mm}$), onde encontram-se bioclastos desarticulados, fragmentados e dispersos na matriz a partir de 6-8cm abaixo das gretas de contrações presentes no topo.

A fácies *Wackestone* (Ws) é comumente encontrada nos depósitos P2 e P3, corresponde a um carbonato cinza-escuro de matriz-suportado, de camadas tabulares métricas a decimétricas, cor cinza-escuro, possuindo uma porcentagem de grãos acima de 10%. Os bioclastos desta fácies em geral são conchas de braquiópodes e bivalves. Esses carbonatos são lateralmente contínuos em extensões métricas. Internamente, em seção, são verificadas micro-ondulações em chama, entre camadas milimétricas de granulometria ascendente (e.g. maior na base e decresce em direção ao topo). Os bioclastos, em seção, estão dispersos na matriz e compoem >10% dos componentes da rocha; em plano os bioclastos formam pavimentos e são mais abundantes.

A fácies Folhelho negro (Fn), presentes nos depósitos P2 e P3, consistem em camadas rochosas pretas de granulometria pelito, de escala decimétrica a centimétrica e comprimento de até 25cm, são camadas que apresentam laminação em ondas e descontínuas lateralmente. Essa fácies intercala sucessivas camadas de carbonato, possuindo variação de tamanho e às vezes lenticular.

Fácies *Mudstone* (Ms) no depósito P4, corresponde a camadas carbonáticas de matriz suportada; essas camadas correspondem a um carbonato de cor cinza-escuro, tabular, apresentando micro-ondulações laminares sucessivas, tendo extensão métrica e cerca de 50 cm de comprimento. As camadas de Mudstones em geral apresentam-se intercaladas a camadas de granulometria silte/pelito e o conteúdo bioclástico é escasso e fragmentado (Tabela 2). Em seção a matriz se mostra uniforme, com baixa a nenhuma variação granulométrica.

Figura 12. Seções colunares obtidas em campo, com possível empilhamento entre os afloramentos P1 e P2 e correlação lateral entre os afloramentos P2, P3 e P4.

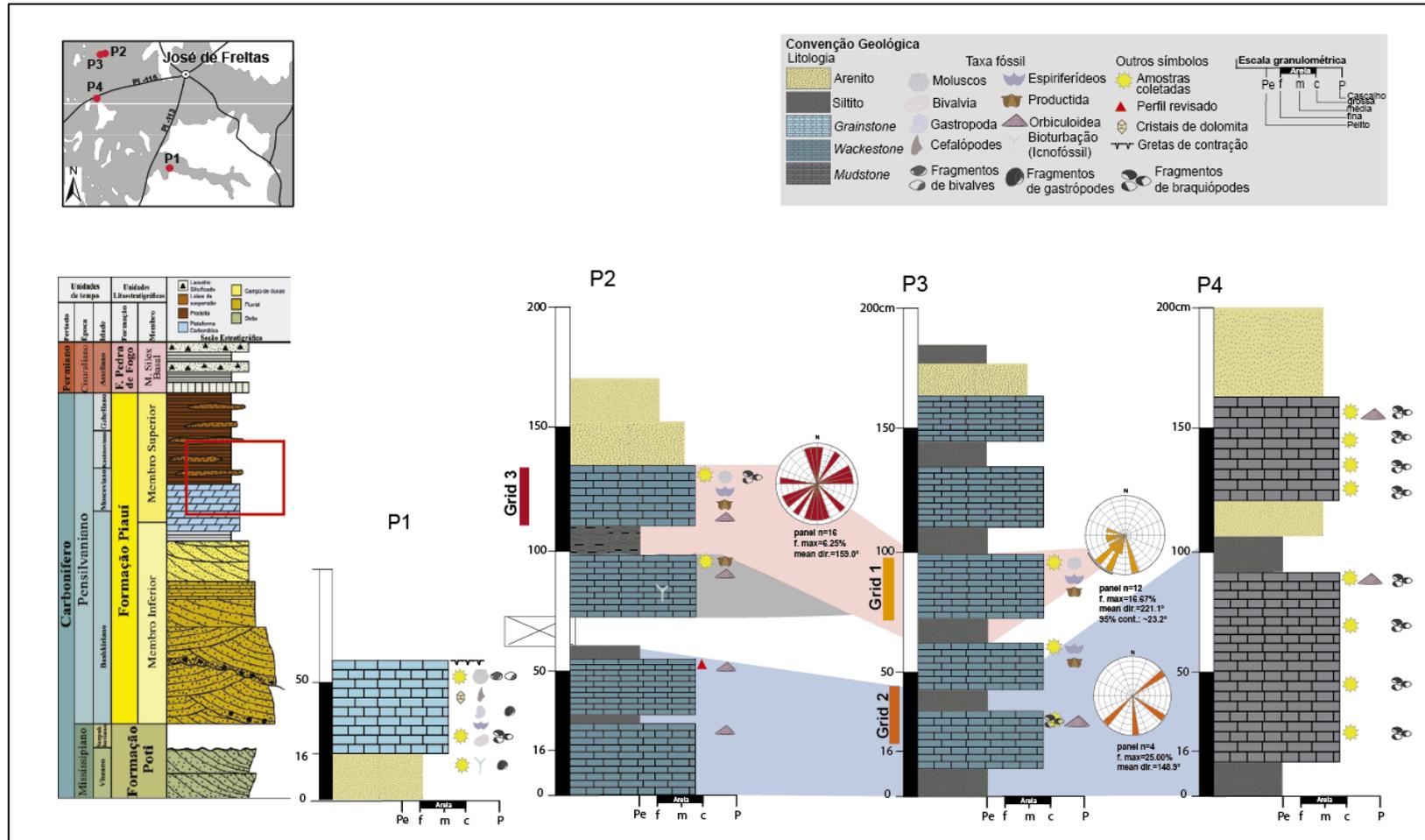


Tabela 2. Descrição das litofácies.

Facies	Microfacies	Código	Descrição	Bioclastos	Processos deposicionais	Imagem
Arenito plano-paralela associado a bioturbações	-	SiB	Contato disruptivo com grainstone para cima, mostra grãos finos a médios em laminações plano-paralelas incipientes e camadas descontínuas. Marcado por alta atividade de bioturbação.	Bioturbações verticais.	Deposição de clastos em campo de dunas e interdunas	
Grainstone	Gs1	Gs	Camadas tabulares a onduladas, descontinuadas lateralmente em cor amarela esbranquiçada. Suportados por grãos com grande quantidade de restos esqueléticos, também apresentam contato erosivo com bioturbações verticais do arenito basal. Internamente não apresenta estruturas sedimentares, mas são encontrados cristais de dolomita de pequeno a médio porte e preenchimento calcítico de poros.	Bivalves; Gastrópodes; Braquiópodes; Briozoários.	Precipitação química de carbonatos em ambiente de baixa energia.	
	Gs2		Camadas tabulares a onduladas associadas a contrações de fissuras poligonais, apresentando baixa densidade de restos bioclásticos. A camada apresenta espessura variando de 6-12cm, exibindo também poros mórficos e vug, preenchidos por cristais de dolomita ou calcita. Os restos bioclásticos consistem em bivalves e gastrópodes em disposição aleatória.	Bivalves; Braquiópodes	Precipitação química de carbonatos em um ambiente de baixa energia submetido à exposição subaérea e secura	

<i>Wackestone</i>	-	Ws	Camadas contínuas e tabulares, estendidas lateralmente e apresentando espessura centimétrica a métrica. As partes duras são selecionadas formando pavimentos fossilíferos. Apresenta matriz homogênea internamente, com partes bioclástico dispersas, a faixa granulométrica varia da base ao topo e apresenta micro-ondas e estruturas de chama.	Braquiópodes; Bivalves.	Precipitação química de carbonatos em baixa energia ambiente.	
Folhelho negro	-	Fn	Camadas contínuas e tabulares, estendidas lateralmente e apresentando espessura centimétrica a métrica. As partes duras são selecionadas formando pavimentos fossilíferos. Apresenta matriz homogênea internamente, com partes bioclástico dispersas, a faixa granulométrica varia da base ao topo e apresenta micro-ondas e estruturas de chama.	Microfósseis.	Decantação de material em suspensão e preservação de matéria orgânica parcialmente anóxica e de baixa energia ambiente.	
<i>Mudstone</i>	-	Ms	Camadas tabulares homogêneas exibindo matriz de dolomita fina com fragmentos bioclásticos dispersos, intercalados por camadas de pelito/silte. As camadas carbonáticas são lateralmente contínuas e mostram laminações de micro-ondas internamente, bem como tubos de percolação vertical e filmes ferruginosos.	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Precipitação química de carbonatos em ambiente de baixa energia	

5.4.2. Fósseis

A Formação Piauí apresenta uma rica composição faunística preservada na sucessão carbonática. Essa rica fauna composta por invertebrados bentônicos possuía diversos estilos de vida. A variação faunística é refletida também na variação esquelética desses organismos que possuíam desde esqueletos de peça única àqueles com múltiplas peças.

A fauna é representada principalmente por moluscos que possuíam concha aragonítica ou calcítica, como moluscos da Classe Gastropoda que possuem concha única e correspondem a cerca de 25,7% da composição bioclástica dos depósitos carbonáticos analisados. Esses organismos possuem hábitos de vida diversos desde epifaunais pastadores a infaunais carnívoros (Apêndice B). Os moluscos da Classe Bivalvia, por sua vez, correspondem a 35,3% da fauna e apresentam uma concha com duas valvas articuláveis. Quanto aos hábitos de vida podem ser epifaunais (~60%), semi-infaunais (~20%) e infaunais (~20%), os hábitos de alimentação variam entre suspensívoros e detritívoros. Esses bivalves possuem diversidade alta distribuídos nas subclasses Protobranchia, Heteroconchia e Pteriomorphia. Em menor proporção são encontrados moluscos da Classe Cefalopoda com aproximadamente 1% de bioclastos, em geral são nectônicos e carnívoros e, assim como os gastrópodes, podem apresentar composição esquelética univalve.

Representantes do Filo Brachiopoda em geral possuem conchas calcítica ou organofosfática e são representados por organismos dos subfilos Linguliformea e Rhyconeliformea. Os braquiópodes da Formação Piauí são abundantes em um conjunto de depósitos (P2, P3 e P4), possuindo uma representação de 31,8% do conteúdoossilífero desses depósitos. Possuem esqueletos do tipo bivalve, com hábitos de vida livre, epibentônicos ou epiplanctônicos, pendunculados sésseis ou infaunais, e todos são suspensívoros. Além dos moluscos e braquiópodes, é registrada ainda a preservação de briozoários, que tem sido associado à família Phylloporidinae, e que possui esqueleto do tipo ramoso frágil, composto por seções colunares paralelas compostas por zoécios. Em geral esses organismos formam colônias e se alimentam de partículas em suspensão na coluna d'água.

O depósito P1 possui biofábrica de composição taxonômica politípica, com presença de moluscos bivalves (54%, n=76), gastrópodes (40%, n=57), cefalópodes

(<1%), braquiópodes (4%, n=4) espiriferídeos e Schuchertellidae e briozoários (2%, n=3). A composição esquelética é mista apresentando esqueletos bivalves (58%), univalves (40%) e esqueletos ramosos (2%) como descrito no Apêndice B.

No afloramento P2, foram identificadas duas camadas carbonáticas, descritas anteriormente como *Wackestones*, os quais apresentam bioclastos organizados em pavimentos e composição faunística politípica com preservação de bivalves (6,47%, n=2; Tabela 3), braquiópodes (90,32%, n=28; Tabela 2) productídeos, espiriferídeos, lingulídeos, discinídeos e moluscos cefalópodes (3,2%, n=1; Tabela 3). O afloramento P3 possui duas camadas de *Wacke-Mudstones*, que foram analisadas quanto a sua biofábrica, apresentando na camada inferior uma composição taxonômica monotípica composta por *Orbiculoidea sp.*, enquanto a camada superior é politípica composta por braquiópodes (78,72%, n=37; Tabela 3) productídeos, espiriferídeos, discinídeos, bivalves (6,38%, n=3; Tabela 3), gastrópodes (4,25%, n=2; Tabela 3) e 10% de bioclastos não identificados.

5.4.3. Tafonomia dos depósitos

5.4.3.1. Assinaturas tafonômicas

Foram utilizadas informações de tamanho dos remanescentes bioclásticos, grau de fragmentação, nível de articulação, proporção de valvas, convexidade e orientação das conchas em relação ao plano de acamamento.

Tabela 3. Percentagem das assinaturas tafonômicas para cada depósito, associado a uma tafofácies.

		P1	P2	P3	P4
Articulação	Articulado	12,65%	8,70%	43,10%	-
	Desarticulado	87,34%	91,30%	56,80%	100%
Compleitude	Completo	11,70%	80%	73,80%	25%
	Fragmentado	88,23%	20%	26,10%	75%
Orientação na camada	Perpendicular	32,60%	-	10,80%	18%
	Oblíqua	47,10%	-	6,50%	45,40%
	Concordante	20,20%	99%	82,60%	36,30%
Valvas	Esquerda/Pedicular	50,70%	42,80%	25%	-
	Direita/Braquial	49,20%	57,10%	75%	-
Convexidade	Cima	50,60%	53,50%	40%	25%
	Baixo	49,30%	46,40%	60%	75%
Comprimento	≥1-20mm	90,90%	83,87%	94,40%	100%
	≥21-40mm	5,45%	3,22%	5,55%	-
	≥41-60mm	-	12,90%	-	-
	≥61-90mm	3,63%	-	-	-

	Ramoso	2%	≤1%	-	-
Tipo de esqueleto	Concha univalve	40%	3,20%	4,25%	-
	Concha bivalve	58%	96,80%	85,10%	100%
	*n	140	31	47	11

***n se refere ao número total de bioclastos analisados para cada depósito carbonático.**

O depósito P1 apresenta bioclastos com diversos tipos esqueléticos (Tabela 3). Os tipos mais abundantes são bivalves (58%) e univalves (40%), respectivamente associados a moluscos bivalves/braquiópodes e a gastrópodes/cefalópodes. Os bioclastos possuem tamanhos variados, sendo 1 mm e 90 mm os comprimentos mínimo e máximo respectivamente (Tabela 3, Figura 16A). Poucos bioclastos são preservados completos (11,70%; Figura 4A), sendo numerosas as conchas que estão fragmentadas (88,23%; Figuras 13, 14 e 16B) como conchas de bivalves, gastrópodes e braquiópodes. Associado ao alto grau de fragmentação grandes números de bioclastos encontram-se desarticulados (87,34%; Figuras 13, 14 e 16C), não havendo uma preponderância entre valvas esquerdas/pedicular (50,70%) e valvas direitas/braquiaias (49,20%; Tabela 3, Figuras 13 e 16D). Os bioclastos estão dispersos na matriz e dispostos paralelos (20,20%), oblíquos (47,10%) ou perpendiculares (32,60%) ao plano de acamamento (Figuras 13 e 16F), tanto em seção quanto em plano (Figura 13). A convexidade das conchas pode estar tanto para cima (50,60%) quanto para baixo (49,30%), sem nenhuma preponderância (Figuras 4 e 7E). Trata-se de uma assembleia politípica e poliespecífica (*sensu* KIDWELL, 1986), de geometria interna bem empacotada, bioclasto-suportado, com concentração de bioclastos concentrados na base e diminuindo em direção ao topo do depósito.

Figura 13. Visão em plano e seção dos blocos analisados do depósito P1 e suas respectivas assinaturas tafonômicas. **A, B.** Vista em seção da amostra CP3/586_A e ilustração destacando os bioclastos identificados e assinaturas tafonômicas. **C.** Detalhe da porção inferior da amostra CP3/586_A destacando com as setas em vermelho as assinaturas: convexidade, orientação e articulação. **D.** Vista externa da porção inferior da amostra CP3/587_A destacando assinaturas como convexidade e tipo de valva. **E, F.** Detalhe do bloco CP3/587_A evidenciando bioclastos fragmentados, tipo de valva e orientação bioclástica. **G.** Vista em seção do bloco CP3/589_A evidenciando grau de articulação e orientação bioclástica. **H.** Detalhe do bloco CP3/589_A exibindo as assinaturas associadas a um gastrópode e um bivalve.

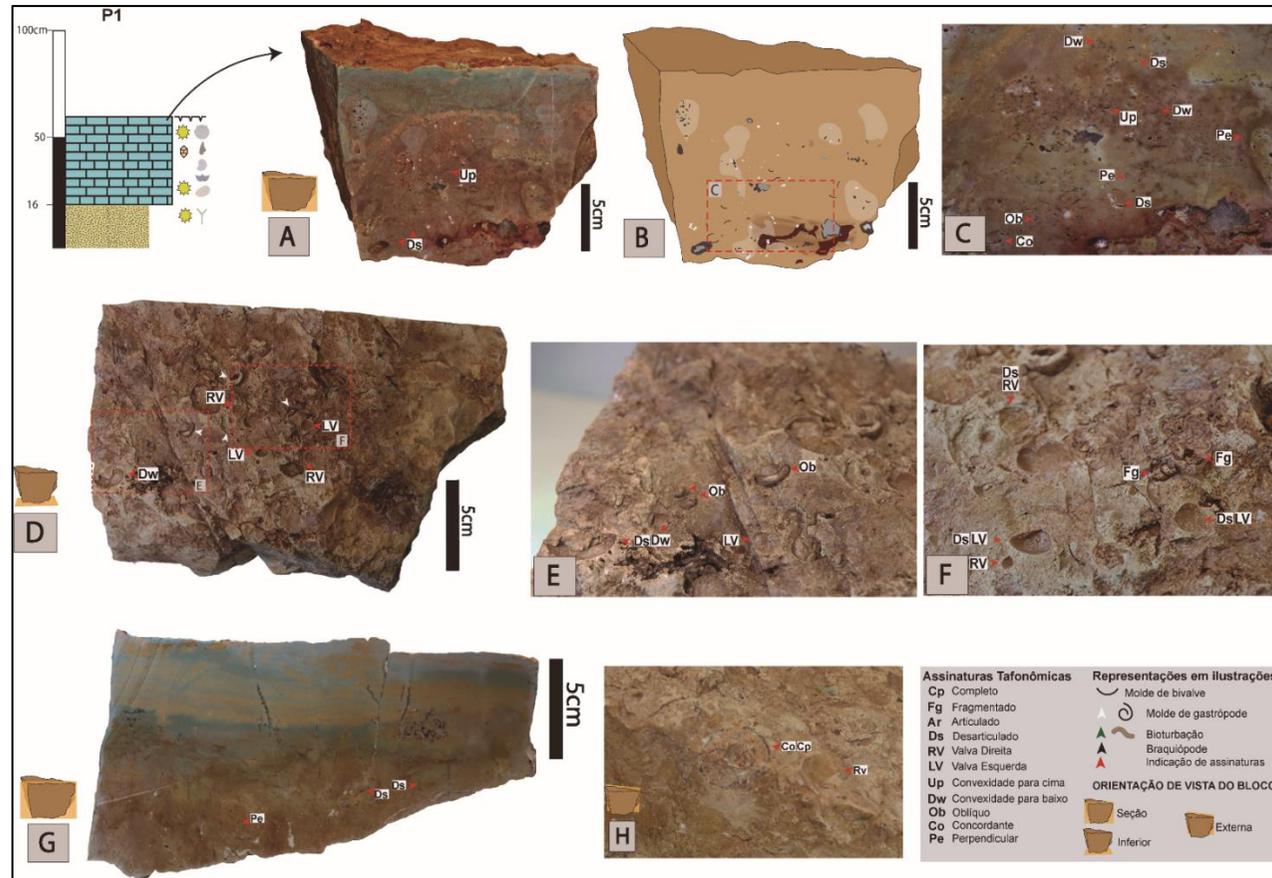


Figura 14. Visão em plano e seção dos blocos (CP3/588) analisados do depósito P1 e suas respectivas assinaturas tafonômicas.

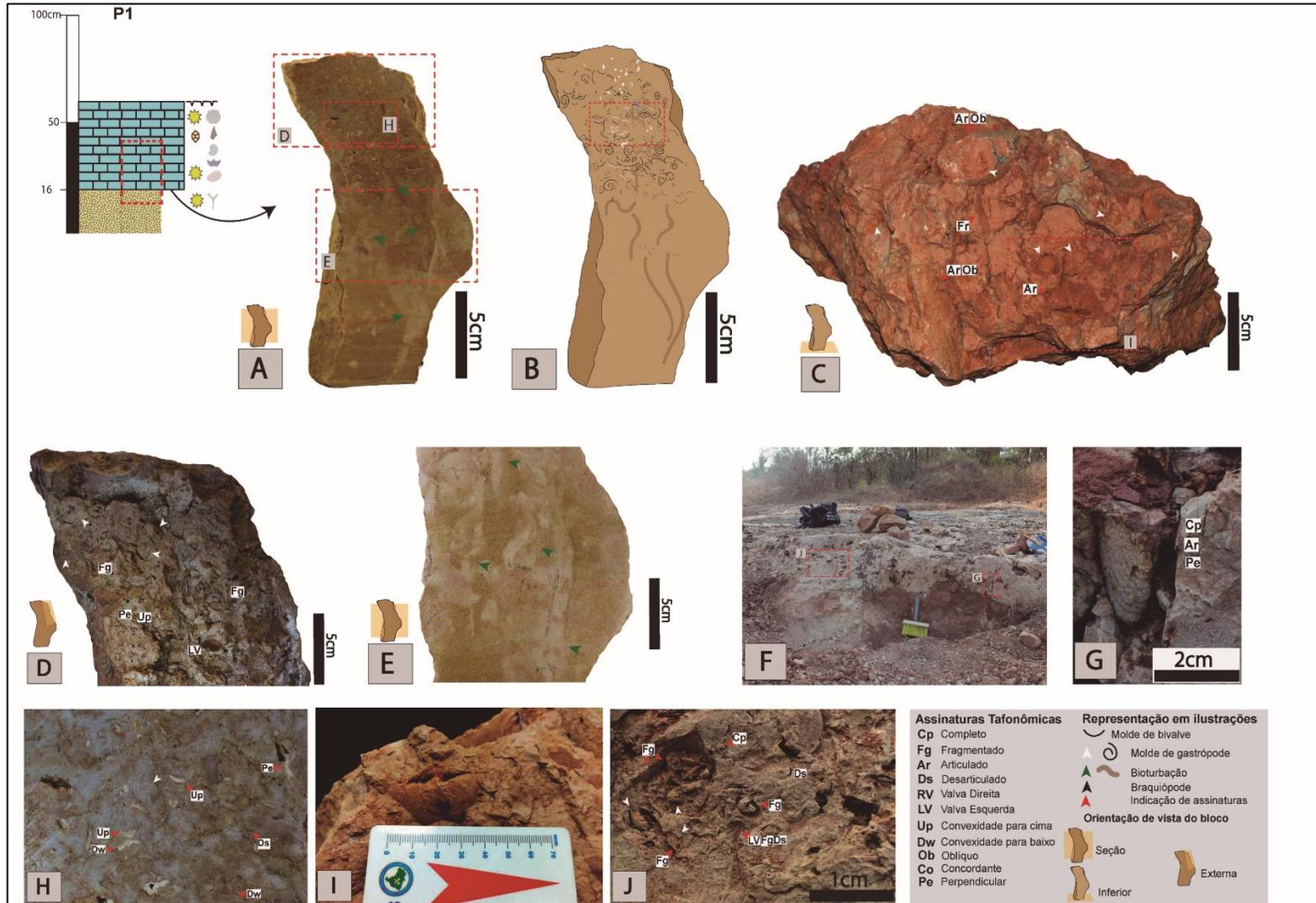
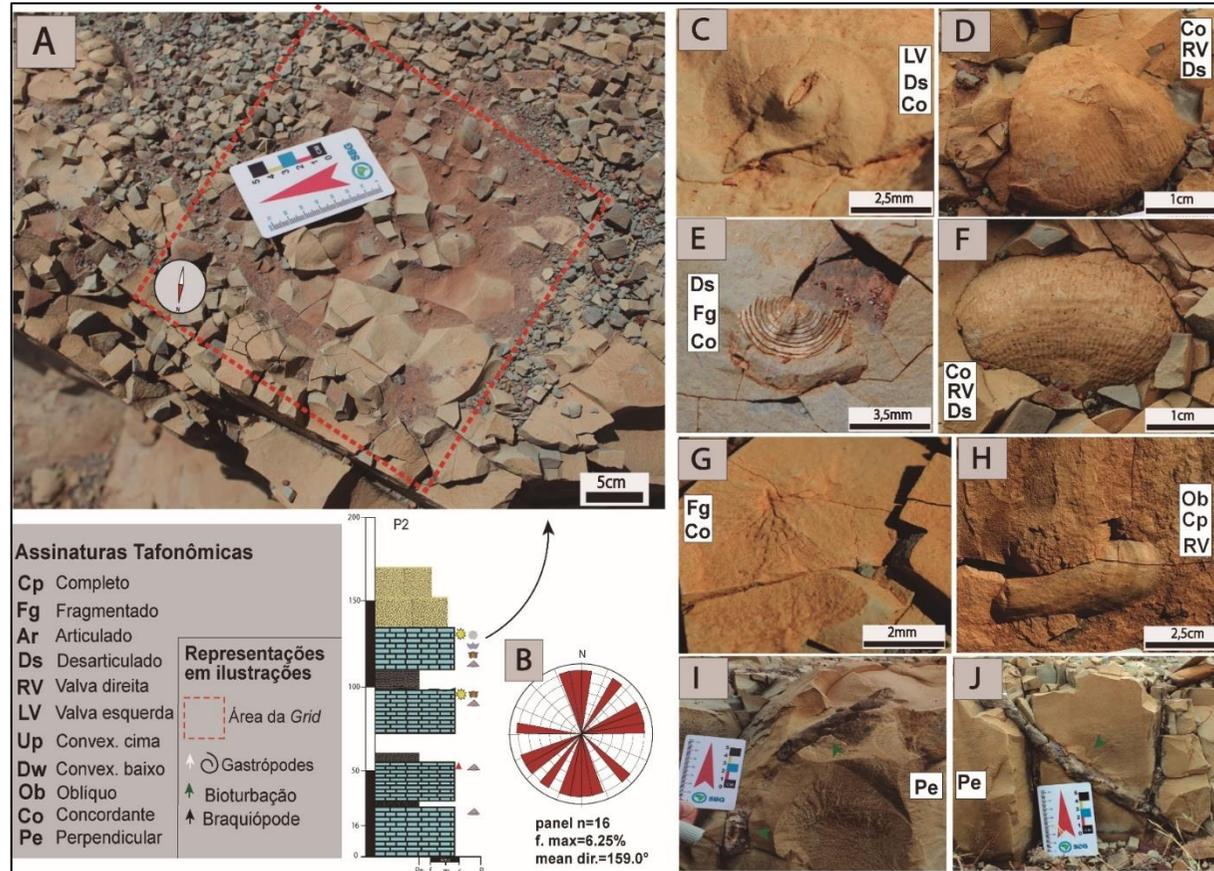


Figura 15. Área de coleta utilizando o método de grid, exibindo os fósseis encontrados e suas respectivas assinaturas tafonômicas do depósito P2, grid 3.



O depósito P2 apresenta bioclastos de tamanhos variados, de 1 mm-60 mm (Tabela 3, Figura 16A), os quais são em grande parte remanescentes esqueléticos do tipo bivalve (96,80%; Tabela 3). Os bioclastos encontram-se majoritariamente completos (80%; Tabela 3, Figura 16B) e desarticulados (91,30%; Figuras 16C). Ambas as valvas são identificadas, com uma leve preponderância de valvas direitas/braquiais (57,10%; Tabela 3, Figura 16D). Os referidos bioclastos estão dispostos predominantemente concordantes (99%; Tabela 3, Figura 16F) ao plano de acamamento formando pavimentos fossilíferos, e as valvas apresentam convexidade tanto para cima (53,50%) quanto para baixo (46,40%; Tabela 3, Figura 16E). Não há orientação azimutal preferencial (Figura 15B). Os bioclastos não apresentam sinais de incrustação ou abrasão.

O depósito P3 possui bioclastos de tamanhos pequenos e médios, com comprimento entre 1 mm-40 mm (Tabela 3, Figuras 16A e 17), os quais correspondem a esqueletos do tipo bivalve (85,10%; Tabela 3). Os componentes bioclásticos estão majoritariamente completos (73,80%; Tabela 3, Figuras 16B e 17), podendo estar articulados (43,10%) ou desarticulados (56,80%; Tabela 3, Figura 16C). As valvas direitas/braquiais (75%; Tabela 3, Figuras 16D e 17) estão em maior número. As conchas estão dispostas concordantes (82,60%; Figura 16F) ao plano de acamamento, formando pavimentos fossilíferos, e com a convexidade para baixo (60%; Tabela 3, Figuras 16E e 17). Os remanescentes esqueléticos não apresentam orientação azimutal preferencial, as conchas da *grid* 1 possuem azimutes aleatórios, enquanto as conchas da *grid* 2 possuem azimutes variando nos sentidos SW-NE.

O depósito P4 é o que apresentou menor abundância de bioclastos preservados. Os bioclastos possuem tamanho pequeno que variam de 1-20 mm (Tabela 3, Figuras 16A) de comprimento. Em geral, são encontrados fragmentados (75%; Tabela 3, Figuras 16B), com valvas desarticuladas (Tabela 3, Figuras 16C). Por conta da fragmentação e baixa abundância fossilífera não foi possível obter dados sobre a preponderância dos tipos de valvas (se esquerda/braquial ou direita/pedicular). Quanto à orientação as conchas podem estar oblíquas (45,40%) ou concordantes (36,30%; Tabela 3, Figura 16F). Concavidade para baixo (75%) foi preponderante (Figura 16E).

Figura 16. Parâmetros tafonômicos dos depósitos P1, P2, P3 e P4 da Formação Piauí. **A.** Histograma do comprimento das conchas. **B.** Histograma do grau de completude dos bioclastos. **C.** Histograma do grau de articulação das valvas. **D.** Histograma da proporção entre valvas esquerdas/braquiais e direitas/pediculars. **E.** Histograma da orientação de convexidade das conchas. **F.** Histograma da orientação preferencial dos bioclastos na matriz.

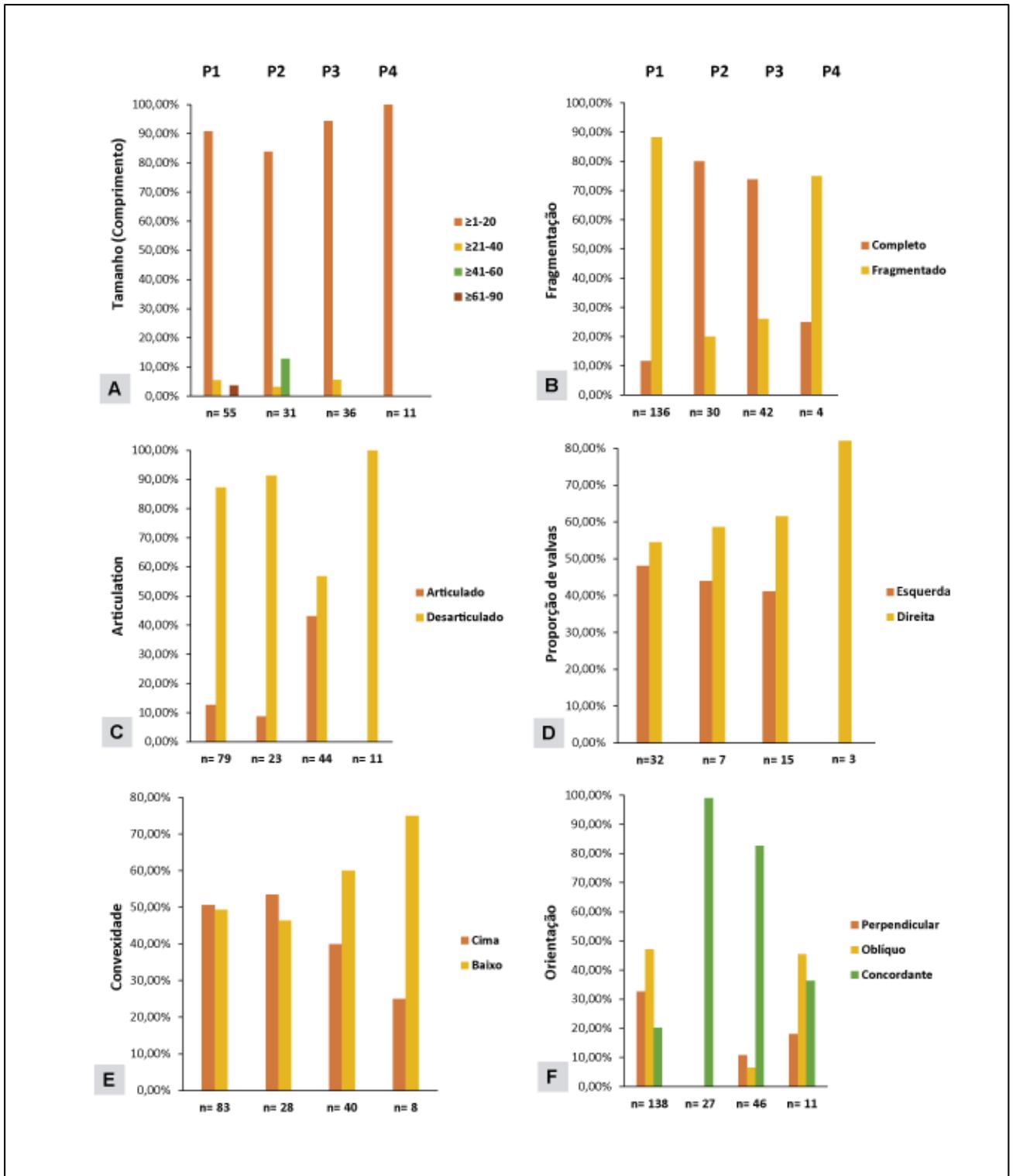
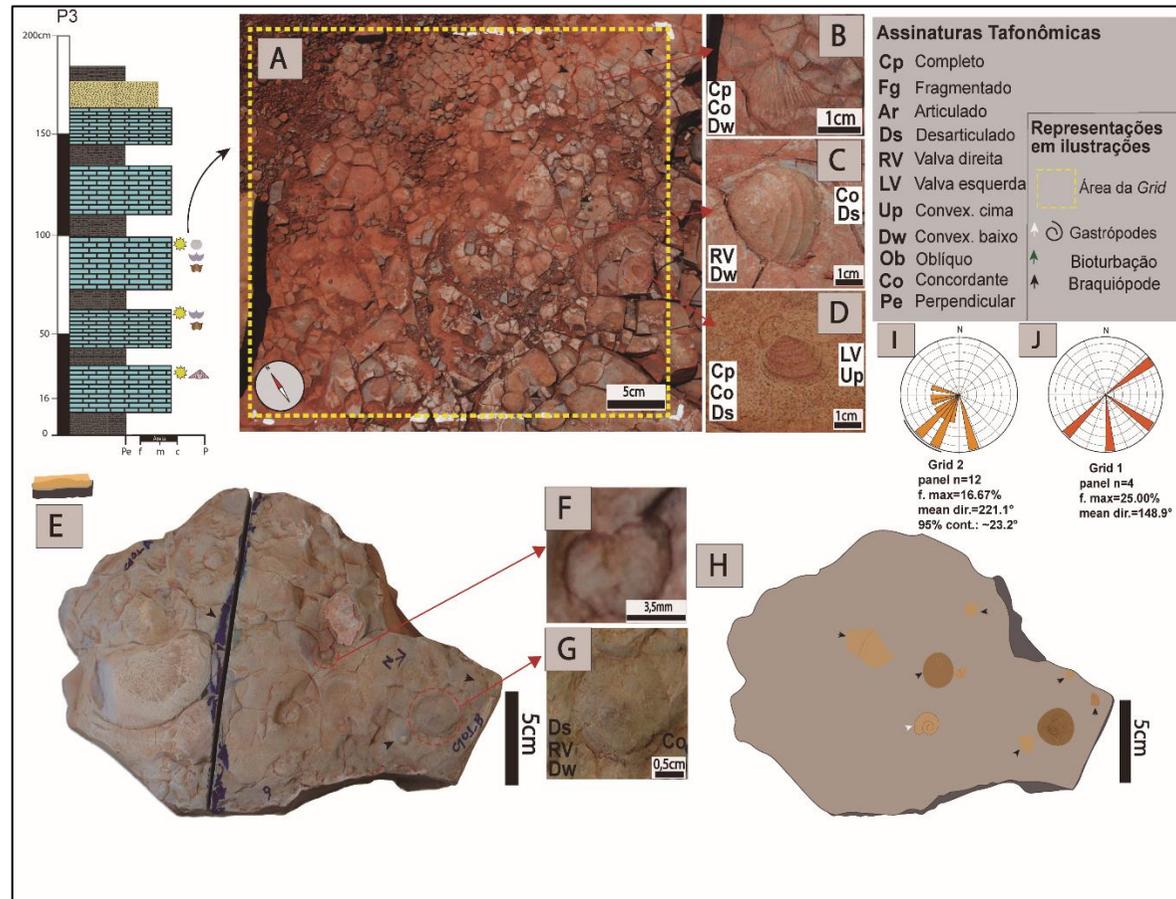


Figura 17. Área de coleta da grid 2 e bloco CP3/592. **A.** área delimitada para grid 2. **B.** molde de braquiópode. **C e D.** molde de bivalve *Oriocrassatella* sp. **E.** pavimento coletado do depósito P2. **F.** braquiópode indeterminado. **G.** molde de valva braquial de *Orbiculoidea* sp. **H.** ilustração esquemática do pavimento fossilífero coletado (CP3/592). **I e J.** rosetas de orientação azimutais medidas para os bioclastos encontrados dentro das grids 2 e 1, respectivamente.



5.4.4. Tafofácies da Plataforma Carbonática

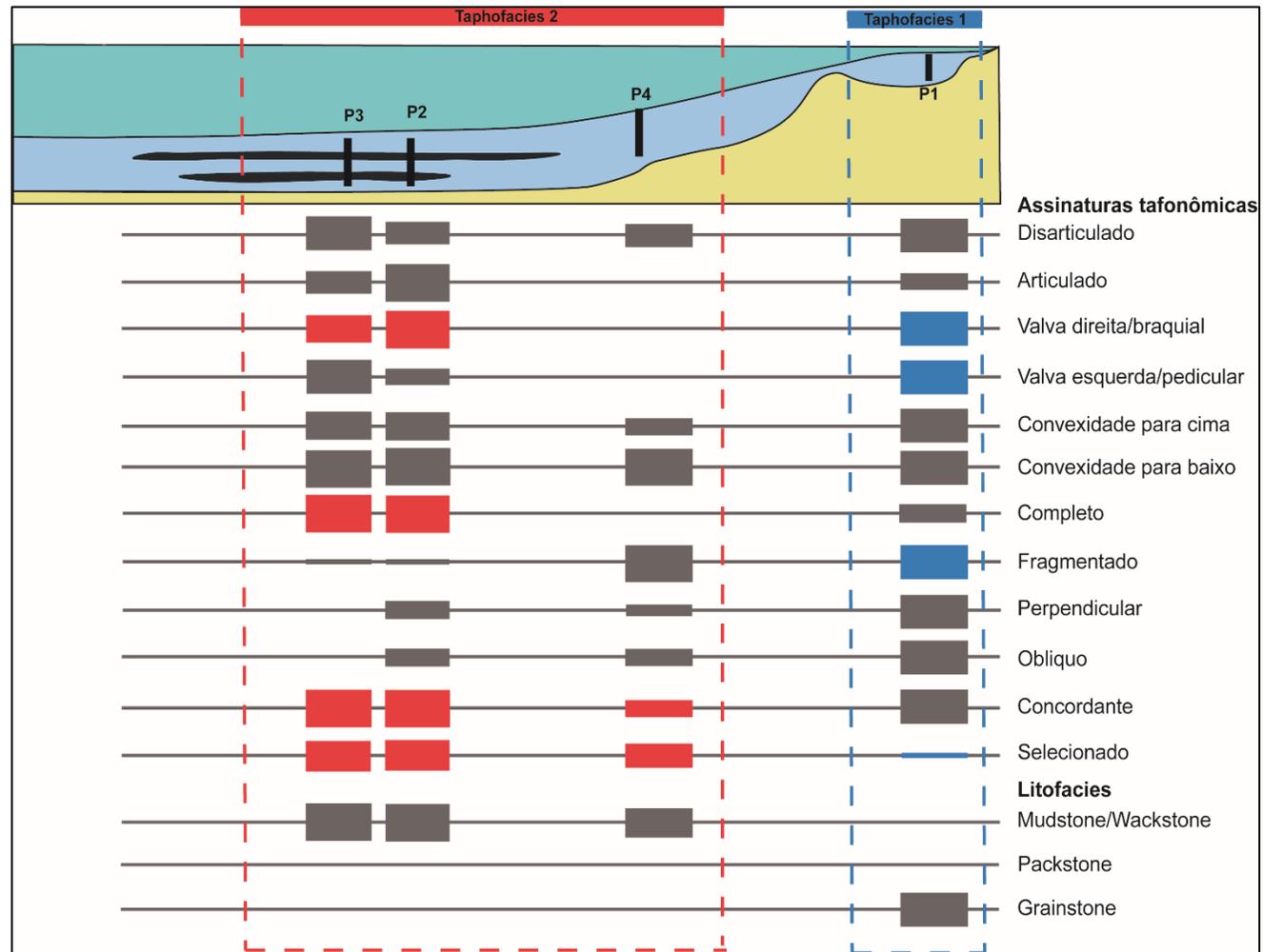
Tafofácies 1 (Tf1): Essa tafofácies consiste, majoritariamente, de esqueletos dos tipos bivalve (58%) e univalve (40%); os remanescentes esqueléticos possuem alto grau de desarticulação (87,34%), podendo ser encontrados também remanescentes articulados (12,65%) e em posição de vida (~3%). Os bioclastos formam acumulações do tipo bioclasto-suportado, podendo ocorrer concordantes (20,20%), oblíquos (47,10%) ou perpendiculares (32,60%) ao plano de acamamento, exibindo a convexidade para cima (50,60%) ou para baixo (49,30%). Grande parte dos fósseis estão fragmentados (88,23%, Figura 16). As valvas direitas/braquiais (49,20%) e esquerdas/pediculars (50,70%, Figura 16) são encontradas em proporções similares, havendo variação na morfometria dos bioclastos, desde elementos esqueléticos pequenos (1mm) a grandes (15cm). As conchas estão orientadas aleatoriamente não possuindo direção preferencial quando vistos em seção ou plano (Figura 16 e 18). Associado à acumulação são encontradas escavações verticais (Figura 14 A e B). A matriz se caracteriza como *grainstone* e possui moldes preenchidos ora por calcita, ora por dolomita. Quanto ao conteúdo fossilífero podem ser destacados a presença dos gêneros de moluscos: *Oriocrassatella piauiensis*, *Carnaúba oiticica*, *Wilkingia terminalis*, *Schizodus sp.*, *Chaenomia caatinguensis*, *Pindorama nordestina* e *Aviculopinna peracuta*; braquiópodes: *Neospirifer sp.* e *Schuchertella sp.* e gastrópodes: *Straparolus sp.*, *Stegocoelia sp.* e *Bellerophon sp.*

Tafofácies 2 (Tf2). Corresponde a associações fossilíferas do tipo matriz-suportada em que os bioclastos ocorrem dispersos na matriz, em sua maioria dispostos em pavimentos (Figura 15 e 17). Os bioclastos são completos (73,6%), dispostos horizontais (82,1%) ou oblíquos à matriz (9,5% Figura 16). Muitos desses bioclastos possuem baixa variação morfométrica (1cm a 7cm) e estão desarticulados (63,1%, Figura 16 e 18). A matriz pode ser caracterizada como *mudstone* ou ainda *mud-wackstone*, com variação do empacotamento fossilífero. Quanto ao conteúdo fossilífero pode ser destacado a presença dos gêneros de moluscos: *Nuculavus levatiformis*, *Aviculopinna peracutta* e *Polidevcia bellistriata*; braquiópodes: *Buxtonia sp.*, *Orbiculoidea sp.?* *Lingularia sp.*, *Linoproductus sp.* e *Neospirifer sp.*

Tabela 4. Descrição tafonômica e taxonômica dos fósseis e riqueza de espécies relativa de cada afloramento, associado às fácies sedimentares previamente descritas. Note que as descrições são dadas do topo para a base (P1-P2) e as respectivas correlações laterais dos afloramentos (P2-P3-P4, vide Figura 12).

Afloramento	Tafofácies	Fácies sedimentares	Riqueza relativa de espécies	Descrição Tafonômica e Taxonômica dos fósseis
P1	<i>Tf1</i>	Gs; SiB	Alta	Grande número de valvas fragmentadas de bivalves (ex. <i>Oriocrassatella piauiensis</i> , <i>Carnaúba oiticica</i> , <i>Wilkingia terminalis</i> , <i>Schizodus sp.</i> , <i>Chaenomia caatinguensis</i> , <i>Pindorama nordestina</i> e <i>Aviculopinna peracuta</i>), geralmente desarticuladas e dispersas na matriz. Os braquiópodes (por exemplo, <i>Neospirifer sp.</i> e <i>Schuchertella sp.</i>) estão presentes em quantidades menores e encontrados parcialmente fragmentados ou completos. Os gastrópodes (por exemplo, <i>Straparolus sp.</i> , <i>Stegocoelia sp.</i> e <i>Bellerophon sp.</i>) são abundantes e completos (às vezes fragmentados). Alguns fragmentos de briozoários fenestelídeos também estão presentes. Os fósseis são preservados como moldes internos e externos, podem ser preenchidos por dolomita espática ou calcita. As acumulações apresentam bioclastos imbricados ou oblíquos. Também são encontradas bioturbações verticais associadas a bioclastos.
P2	<i>Tf2</i>	Ws; BS	Alta	Grande número de braquiópodes (por exemplo, <i>Buxtonia sp.</i> , <i>Orbiculoidea sp.</i> ,? <i>Lingularia sp.</i> , <i>Linoproductus sp.</i> e <i>Neospirifer sp.</i>) com valvas completas e desarticuladas ocorrendo em pavimentos. Os bivalves estão presentes em pequenas quantidades, mas podem ser encontrados em posição de vida (por exemplo, <i>Nuculavus levatiformis</i>). Essas concentrações de fósseis apresentam escavações verticais na parte inferior dos pavimentos, geralmente as conchas convexas estão para baixo e orientadas para NE-SW. Além disso, podem ser encontrados fragmentos de briozoários fenestelídeos, enquanto os gastrópodes apresentam raras ocorrências.
P3			Moderado-Alto	Abundância moderada a alta de braquiópodes (por exemplo, <i>Buxtonia sp.</i> , <i>Orbiculoidea sp.</i> ,? <i>Lingularia sp.</i> , <i>Linoproductus sp.</i> e <i>Neospirifer sp.</i>) agrupados em pavimentos, geralmente completos e desarticulados preservados como moldes internos e externos. Alguns bivalves (por exemplo, <i>Aviculopinna peracutta</i>) são encontrados completos e articulados em menos proporções do que as conchas de braquiópode. Esses fósseis estão orientados para NE-SW e dispersos na matriz.
P4		Ms	Baixo	Baixa abundância de bioclastos, nos quais são encontrados fragmentos de <i>Orbiculoidea sp.</i> Completamente desarticulado e disperso na matriz. Os bioclastos apresentam posição de estratificação concordante a oblíqua, composta por moldes externos e internos.

Figura 18. Distribuição das assinaturas tafonômicas ao longo dos depósitos estudados e organizados por similaridade tafonômica em tafofácies 1 e tafofácies 2. A largura das caixas indica a prevalência numérica dessa assinatura, e aquelas em azul identificam assinaturas descritivas da TF1, enquanto aquelas em vermelho assinaturas descritivas da TF2.



5.5. DISCUSSÃO

A porção superior da formação Piauí tem sido reconhecida e estudada por conta da sucessão de rochas carbonáticas registradas. Essas rochas têm sido atribuídas a um ambiente de mar raso e ligada a eventos transgressivos, associados à variação eustática dos mares Paleozoicos (LIMA-FILHO, 1998; ANELLI, 1999; MEDEIROS *et al.*, 2019). Lima-Filho (1998) interpreta esse ambiente como um sistema de plataforma retrabalhada por ondas de tempestades, que segundo Medeiros *et al.* (2019, 2020) podem ser depósitos proximais ou distais e que, portanto, diferem quanto a variações de profundidade da lâmina d'água ao longo da plataforma.

Com base na literatura e nas descrições das macroscópicas das rochas são propostas 3 litofácies para os carbonatos e 2 litofácies associadas, estando dispostas ao longo da plataforma carbonática, respectivamente como: *Grainstones* (Gs), *Mud-Wackestones* (Ms-Ws), folhelhos negros e arenito bioturbado (FLÜGEL, 2004; ABELHA *et al.*, 2013; ABRANTES JR. *et al.*, 2016; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016a,b; MEDEIROS *et al.*, 2019; DIAS *et al.*, 2022). As 3 litofácies carbonáticas (e.g. Gs, WS e MS) são depositadas por precipitação química em ambientes rasos de energia baixa a moderada, sob clima quente/árido durante um período de estabilidade do mar e associadas às 2 tafofácies descritas anteriormente, Tf1 está situada nas margens da plataforma carbonática, refere-se ao depósito P1, enquanto a tafofácies Tf2 corresponde a um ambiente mais profundo na porção central da plataforma, respectivamente relacionada aos depósitos P2, P3 e P4 descritos nesse trabalho

5.5.1. Águas rasas marginais da Plataforma carbonática

Esta tafofácies (TF1) é caracterizada por alta diversidade bioclástica, possuindo muitos remanescentes esqueléticos de bivalves, gastrópodes, braquiópodes, briozoários, e outros organismos. Essa diversidade é refletida não apenas na taxonomia, mas também na diversidade de modos de vida, onde são verificados a presença de organismos epifaunais/epibissados (*Aviculopinna peracuta*, *Septimyalina perattenuata*, *Bellerophon sp.*, *Strobeus sp.*, *Neospirifer sp.*, *?Phylloporidinae*), infauna rasa (*Schizodus alpinus*, *Astartella concentrica*, *Oriocrassatella piuiensis*), infauna profunda (*Chaenomia caatinguensis*, *Wilkingia terminalis*, *Carnauba oiticica*), todos esses elementos encontram-se juntos na biofábrica, não havendo seleção pelo hábito do organismo (ANELLI, 1994, 1999; ANELLI *et al.*, 2002; ANELLI *et al.*, 2006; ANELLI

et al., 2009). Essa alta mistura de elementos bioclásticos de epifauna e infauna, levam à hipótese de que o depósito sofreu remobilização de substrato, ocasionando a mistura das faunas.

Essa indicação de que a TF1 sofreu com eventos de alta energia é ainda corroborado quando se verifica o alto grau de desarticulação (87,3%) e fragmentação (90%) dos bioclastos do depósito. Os elementos bioclásticos possuem diferentes níveis de durabilidade e resistência frente a processos mecânicos, mas a destruição de elementos com tamanha diferenças de resistência pode apenas ser causado por um evento de maior energia e atípico, assim como descrito para tafofácies dominadas por tempestades ou sob influência de ondas de tempo bom em regiões mais rasas (BRETT, 1990; BRETT; BAIRD, 1986; ZABINI *et al.*, 2012; HORODYSKI *et al.*, 2019; MOUTINHO *et al.*, 2016). Todavia na TF1 também são encontrados elementos bioclásticos de briozoários do gênero *Phylloporidinae*, esses organismos são tipicamente encontrados em ambientes de baixa energia, e por apresentar um esqueleto pouco resistente às ações mecânicas os briozoários tendem a colonizar ambientes mais calmos (ANSTEY; RABBIO, 1989; ABD-ELHAMEED *et al.*, 2020). Ainda quanto à presença de briozoários, é possível destacar que devido sua baixa resistência ao transporte, sugere-se que sua preservação tenha se dado no mesmo ambiente em que viviam, dessa maneira o depósito pode ser classificado como autóctone a parautóctone (*sensu* KIDWELL, 1986).

Contrário à ideia de alta energia dominante em plataformas carbonáticas, Speyer & Brett (1988) indicam em modelos de plataformas carbonáticas que a deposição carbonática ocorre majoritariamente em ambientes calmos, o que ocorre na TF1 (FLÜGEL, 2004). Os processos de deposição carbonática da TF1 são influenciados pelo clima, onde verifica-se um ambiente extremamente árido, com possibilidade de evaporação e concentração de sais que antes em suspensão na lâmina de água, agora precipitam formando o carbonato (~70cm de espessura) que abriga a assembleia fóssil ligado à TF1 (MEDEIROS *et al.*, 2019; DIAS *et al.*, 2022). Esses processos são ainda reforçados pelo contato basal do carbonato com arenito de baixa granulometria bioturbado associado a um sistema desértico. No topo da camada carbonática são ainda encontradas gretas de contração, evidências diretas da exposição subárea do depósito durante seu secamento. Assim a TF1 pode ter tido seu desenvolvimento e declínio atrelado ao sistema desértico instalado na mesma região, o que favoreceu à gênese de um sistema carbonático-siliciclástico, com alta incursão de areia na composição

carbonática e ainda a areia como substrato para esse sistema marinho bentônico (MEDEIROS *et al.*, 2019; DIAS *et al.*, 2022).

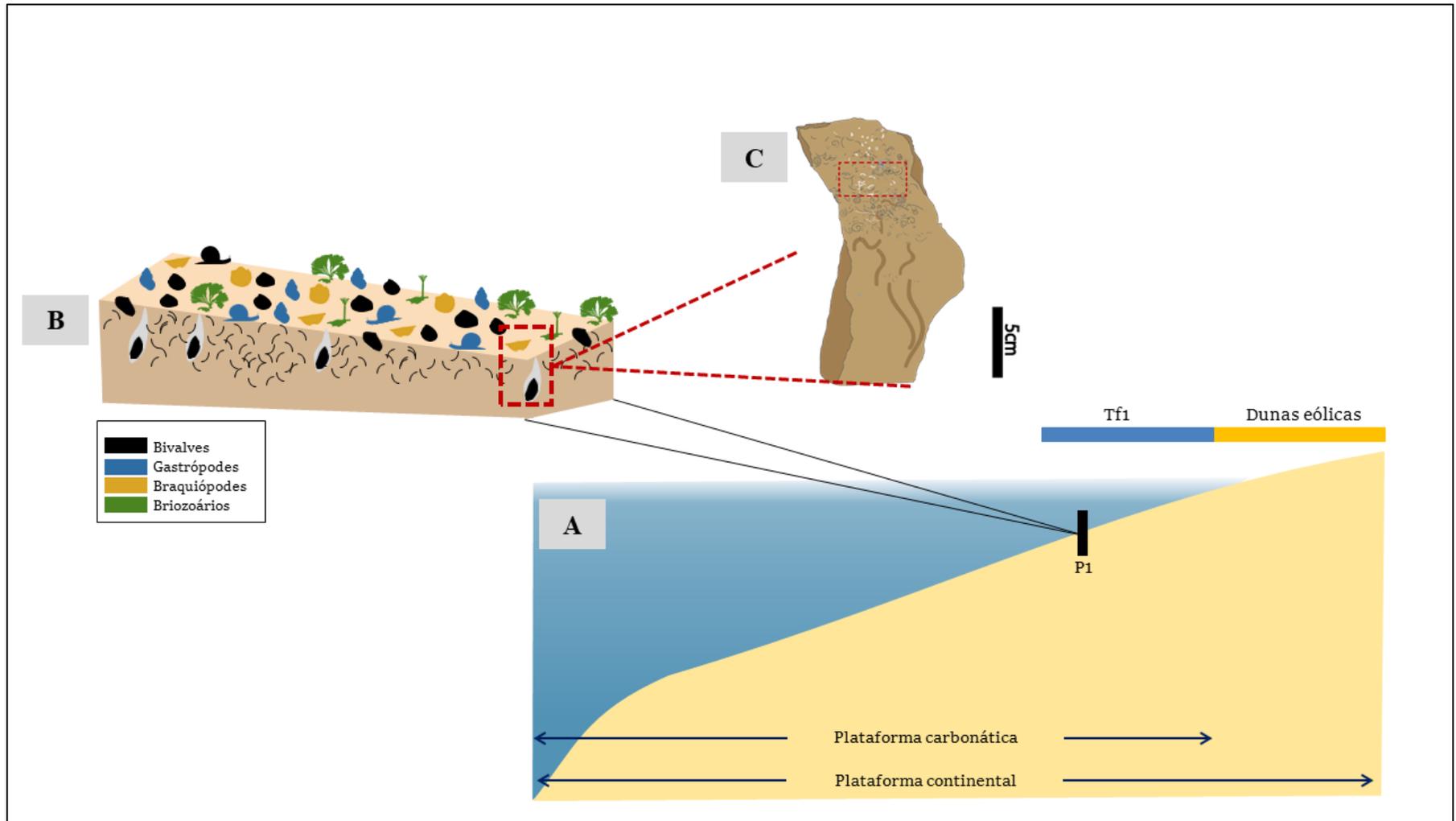
Ainda que a TF1 seja encontrada sob efeito de alta destruição e desarticulação de remanescentes esqueléticos, é possível notar a presença de elementos articulados e completos, os quais correspondem a bivalves escavadores da infauna profunda. Os Organismos da espécie *Wilkingia terminalis*, encontra-se em aparente posição de vida, abaixo da interface sedimento-água e perpendicular à camada (ANELLI *et al.*, 2009). A ocorrência de *Wilkingia* em aparente posição de vida e envolto de outros bioclastos, sugere a remobilização de substrato, e posterior retomada de posição pelo animal que parece sufocado pela falta de oxigenação, tratando-se assim, de um depósito autóctone a parautócne de sufocamento, comum também em depósitos que sofrem ação de tempestades (SEILACHER *et al.*, 1985; BRETT, 1990; BRETT, 1997; SIMÕES *et al.*, 1998 a, b; SIMÕES *et al.*, 2000; ZABINI *et al.*, 2010; REID *et al.*, 2015).

Tafofácies de alta energia já descritas na literatura possuem características similares às encontradas na TF1, apresentando além da alta fragmentação e desarticulação, organismos de esqueleto bivalves sem preponderância de uma valva sobre a outra, e convexidade e orientação dos clastos sem orientação preferencial. Tais assinaturas remetem à proposta de um ambiente mais calmo perturbado periodicamente por eventos energéticos, posterior à sedimentação carbonática (SPEYER; BRETT, 1988; FÜRSICH; OSCHMANN, 1993; CHINELATTO *et al.*, 2020). Esses eventos de alta energia levam ainda à gênese de um depósito com base erosiva, com alta concentração de conteúdo bioclástico que decrescendo em direção ao topo correlaciona-se com as concentrações de tipo IV proposta por Kidwell (1986), com um aumento de sedimentos e diminuição das partes duras, levando a formação de uma matriz do tipo *grainstone* ora com predomínio de arcabouço, ora com predomínio de matriz, como verificado pela divisão entre as microfácies Gs1 e Gs2 (BRETT; BAIRD, 1986; FÜRSICH; OSCHMANN, 1993; CHINELATTO *et al.*, 2018; 2020). Esse depósito ainda possui similaridades faunísticas e tafonômicas aos depósitos de mesma idade da Bacia do Amazonas, onde a tafofácies correlata corresponde a uma barra bioclástica/lagunar protegida (MOUTINHO *et al.*, 2016).

Por fim o modelo da TF1 (Figura 19), é aqui discutido como um ambiente plataformal raso, majoritariamente calmo propiciando a deposição carbonática e proficuidade biológica, com alta diversidade biológica (taxonômica e esquelética). Contudo a preponderância de moluscos nesse ambiente raso, sugere diferenças nas

condições ambientais ao longo da plataforma marinha. A TF1 possuiu um substrato arenoso, com rigidez média a alta, por se tratar de areia fina. Dias et al. (2022) discutem que a assembleia de elementos conodontes, por ser baixa em quantidade e por apresentar elementos juvenis, denota ao ambiente uma estrutura de berçário, os quais tendem a ter maior diversidade e quantidade de indivíduos juvenis. A morte dos velhos levava esses organismos a sofrerem ações de abrasão e corrosão durante um período na interface sedimento-água (ISA). Assim os elementos que foram depositados, posteriormente, sofreram remobilização por um evento episódico de alta energia contudo a ausência de estruturas sedimentares impede-nos de afirmar a presença de tempestitos proximais. ; o mesmo pode ser indicado pela ocorrência de mistura temporal, com baixa presença de elementos que sofreram abrasão e/ou corrosão, contudo misturados a elementos não abradidos. A estabilidade (baixa energia) ambiental da TF1 é indicada pela colonização e preservação de briozoários, que possuem baixa resistência ao transporte, indicando assim que esses organismos sofreram um rápido soterramento Após os eventos episódicos de alta energia, o depósito passa a ter sua geometria e empacotamento definido Os organismos sobreviventes (infauna profunda) que foram remobilizados retomam sua posição de vida até que perecem com a diminuição de oxigenação devido à evaporação da água e concentração de sais, com a geração de uma interface de exposição subaérea denotada pelas gretas de contração.

Figura 19. A) Localização da TF1 na plataforma carbonática Piauí, sua proximidade a depósitos de campos de dunas, **B)** seguindo para modelo da provável biocenose e detalhe no quadrado em vermelho para geometria e **C)** estrutura final do depósito, através da representação esquemática do bloco CP3/588.



5.5.2. Porção central da Plataforma carbonática

A tafofácies (TF2) possui diferentes níveis carbonáticos intercalados a lentes de folhelhos negros, tafonomicamente possui organismos selecionados por tamanho, completos e desarticulados. É uma assembleia que varia de monotípica a politípica, a depender da camada. As assembleias politípicas possuem diversidade taxonômica, contudo dominada por braquiópodes de diversos *taxa*, assim também possuindo majoritariamente organismos de esqueleto bivalve, com poucos elementos de peças únicas e baixa frequência de esqueletos multi-elementos.

As concentrações esqueléticas se encontram dispostas em pavimentos fossilíferos, os quais ocorrem em distintos níveis, como já citado anteriormente. Nas camadas inferiores o pavimento se caracteriza por ser monotípico com presença de braquiópodes do gênero *Orbiculoidea*, nessas camadas o quantitativo de restos preservados é baixo, contudo, o mesmo nível descrito por Anelli (1996) e Nunes (2003) indicam ser extremamente fossilíferos e monotípicos com hábito de vida epifaunal pedunculado.

No nível carbonático acima é possível verificar aumento de diversidade com uma composição taxonômica politípica, em que se identificam elementos esqueléticos de braquiópodes dos gêneros *Orbiculoidea*, *Buxtonia*, *Linoproductus*, *Brasilioproductus*, *?Lingularia*, *Neospirifer*, e alguns moluscos escavadores em posição de vida, *Solemya radiata* e *Nuculavus levatiformis*, e associados a bioturbações de moradia. Alguns elementos fragmentados de briozoários também são reportados para o mesmo nível. Essa composição taxonômica, ainda que politípica, possui pouca variação de esqueletos com maioria dos elementos sendo bivalves; a diferença de hábitos de vida reforça a ideia de que o ambiente passou por uma mudança ambiental, afetando diretamente a diversidade da fauna bentônica (NUNES, 2003; MEDEIROS, 2019).

No nível mais superior é registrado uma última associação politípica com maior presença de braquiópodes, já citados anteriormente, mas também é notada a presença de moluscos bivalves como *Oriocrassatela piauiensis* e outros não escavadores da epifauna. Essa camada superior, em comparação com as demais apresenta-se mais diversa, mas com baixa abundância (ANELLI, 1996; NUNES, 2003).

Em todas as camadas é possível identificar um material mais fino que compõe o substrato, os sedimentos mais finos associados a uma espécie de lama e associações esqueléticas levam a gênese de rochas carbonáticas com incursão de siliciclásticos, como argumentado e descrito por Medeiros *et al.* (2019) como *Mudstones* e *Wackstones*. Essas

camadas são intercaladas com camadas de folhelhos negros e níveis de matéria orgânica, levando a ideia de alta taxa de necrólise e formação dessa matéria orgânica (MEDEIROS *et al.*, 2019; DIAS *et al.*, 2022).

Essa sucessão de rochas possui uma espessura total de aproximadamente 3m-4m, e voltam a suceder ciclicamente no sistema central da plataforma. A deposição carbonática foi controlada por um ambiente calmo, raso, contudo sofreu aporte siliciclástico proveniente do Paleo-oceano fonte (Panthalassa) (SPEYER; BRETT, 1988; GOLONKA; FORD, 2002; FLÜGEL, 2004; MEDEIROS *et al.*, 2019). Esses ciclos são descritos na literatura como ciclos de raseamento, levando a uma alta deposição carbonática, o que levou a geração de distintas comunidades em cada nível. É possível ainda a observação de estruturas em chama/flama que níveis milimétricos e/ou centimétricos, essas estruturas são provenientes da sobrecarga de sedimentos acima de um substrato com inclusão de fluidos (água), levando a uma estrutura de sobrecarga com escape na porção superior, corroborando assim a ideia de chegada de material terrígeno externo (NUNES, 2003; MEDEIROS *et al.*, 2019; DIAS *et al.*, 2022; YU *et al.*, 2023). A relação dos ciclos de raseamento influencia diretamente na composição faunística que se preservou nos depósitos, onde é visto uma tendência de aumento da diversidade em direção às camadas do topo.

A sucessão faunística da porção central da plataforma é dominada por braquiópodes, contrário ao visto nas porções marginais dominadas por bivalves e gastrópodes, isso pode ser devido às taxas de energia moderada/constantas, níveis de oxigenação pouco variáveis, bem como de recursos alimentares (FOSTER; TWITCHETT, 2014; FRAISER; BOTJER, 2007). Pérez-Huerta & Sheldon (2006), Hsieh, Bush e Bennington (2019) discutem que a dominância de braquiópodes em um ambiente depende de vários fatores, entre esses fatores os primeiros autores destacam a facilidade de fixação e colonização de braquiópodes em ambientes de substrato mais fino. Contudo os demais autores supracitados discutem que mesmo sendo ecologicamente dominantes nos ambientes Paleozoicos os braquiópodes possuíam menor adaptação às variações ambientais e baixas taxas metabólicas, quando comparado a bivalves, assim a variação contínua em ambientes de intenso estresse metabólico e ambiental era menos ocupada por esses organismos (PÉREZ-HUERTA; SHELDON, 2006; HSIEH; BUSH; BENNINGTON, 2019).

Esse ambiente mais profundo da plataforma carbonática da Fm. Piauí é caracterizado por depósitos dispostos em pavimentos, os quais são produzidos por

conchas côncavo-convexas, geralmente articuladas. Essa convexidade para cima é o padrão hidrodinâmico de deposição de uma concha quando lançada na lâmina d'água, dessa maneira a disposição de conchas em pavimentos com convexidade da concha para cima indica um ambiente sob prolongada exposição a correntes de fundo, enquanto pavimentos com convexidade da concha para baixo indicam ambientes calmos e com baixa exposição às correntes e baixa energia (BRETT; BAIRD, 1986; KIDWELL, 1986; SPEYER; BRETT, 1988). A TF2 apresenta pavimentos com seleção de tamanho de bioclastos, orientados concordantes ao plano de acamamento, e os restos esqueléticos possuem convexidades tanto para cima, quanto para baixo. Contudo em maior parte possuem convexidade para baixo. Essas características, indicam que esse pavimento foi modulado sob um ambiente com energia e correntes de fundo variáveis, contudo essas correntes tendem a selecionar valvas direitas em bivalves e braquial em braquiópodes. Elementos que ainda apontam para a exposição dos bioclastos às correntes é a orientação azimutal desses elementos, que se encontram majoritariamente direcionados a Nordeste-Sudeste (P2), enquanto os demais analisados possuem orientação Norte-Sul/Nordeste ou Sudoeste (P3), indicando um transporte e compartilhamento de bioclastos entre os depósitos que compõem a TF2. Assim a disposição aleatória dos bioclastos (P3) sugere que os fluxos tivessem uma mudança, não sendo um fluxo unidirecional.

Alguns elementos bioclásticos auxiliam na definição de tafofácies e processos, por serem melhor conhecidos os eventos que afetam tais organismos, como é o caso de *Orbiculoidea* encontrados no *grid 2*, em que valvas planas (*e.g.* pediculares) ocorrem em maior número do que as valvas braquiais (cônicas, Figura 21). A diferença na proporção de valvas pediculares e braquiais de *Orbiculoidea sp.* em pavimentos se deve ao transporte diferencial, em decorrência do formato cônico a subcônico, das valvas braquiais que quando submetidas a um fluxo hidrodinâmico possuem maior possibilidade de transporte. Enquanto que as valvas pediculares por serem mais planas possuem menos possibilidade de transporte por vias hidrodinâmicas, de maneira que as diferenças morfológicas levam à seleção dessas valvas em locais distintos, gerando um registro alóctone para valvas braquiais que são transportadas de um local para outro, no presente exemplo um possível transporte entre P2-P3. Zabini *et al.* (2019) verificou a prevalência de transporte de discinídeos do gênero *Kosoidea* de menor tamanho e em estágios ontogenéticos iniciais levando assim à fragmentação e transporte preferencial de uma das valvas, bem como a seleção do tipo de valva e por idade. O hábito de vida epifaunal pedunculado dos discinídeos é bem representado na literatura, em que é visto a diferença

morfológica das valvas, esses organismos podem viver em ambientes de plataforma rasa fixados a um substrato, isolados ou em associações (MERGL, 2010; COMNISKEY, 2011; CARBONARO *et al.*, 2018; MERGL; RIOS, 2020).

Outro táxon de interesse tafonômico e que é encontrado nos depósitos da TF2 são os bioclastos de *Lingularia*? por sua vez, foram encontrados concordantes ao acamamento, desarticulados e com algum nível de fragmentação. Esses organismos possuem hábito infaunal raso encontrado nas porções superiores do depósito P2, a disposição de conchas de lingulídeos paralelo ao acamamento podem ser atribuídos a eventos de fluxo turbulento que desenterram esse organismo e podem deixá-los expostos na interface sedimento-água (ISA). Contudo, muitas vezes a preservação de lingulídeos concordante ao plano de acamamento pode não estar associado ao nível energético do ambiente, mas sim à saída do organismo de seu *terrier* após sua morte (ZABINI *et al.*, 2010; 2012). Kowalewski (1996) e Zabini *et al.* (2010; 2012) discutem ainda que a remoção das conchas de lingulídeos de suas escavações (*terrier*) tendem à desarticulação das valvas e em geral pode levar a algum nível de fragmentação. Após a remoção dos organismos de seu *terrier*, seus componentes bioclásticos estarão sob a ação de fluxos hidrodinâmicos e transporte, contudo por ter uma concha pouco robusta esses organismos não suportam um longo período de exposição na ISA, e não resistem a longos transportes. A dificuldade e impossibilidade de uso dos lingulídeos como bioclastos descritores da TF2 se deve à sua baixa quantidade numérica e presença em apenas 1 nível do afloramento, dificultando proposições baseadas na tafonomia focada nesse grupo (ZABINI *et al.*, 2010; 2012).

Portanto, verifica-se que a tafofácies Tf2 descreve condições de um ambiente com energia moderada a baixa, possuindo variações ao longo de certos períodos (Figura 20). A estabilidade ambiental é refletida nas camadas carbonáticas depositadas durante momentos estáveis e com recursos necessários à sua precipitação, bem como registrada através da sucessão faunística ascendente atrelada a momentos de raseamento do mar e incursão de siliciclásticos provenientes do Paleo-oceano Panthalassa. As concentrações possuem gênese sedimentológica e/ou mista, sobrepondo a gênese biológica em certos momentos (SPEYER; BRETT, 1988; KIDWELL, 1986a, b; BRETT; BAIRD, 1986; FÜRSICH; OSCHMANN, 1986; NUNES, 2003; MEDEIROS *et al.*, 2019).

O sistema central da plataforma carbonática se assemelha a ambientes mais profundo descritos para tafofácies da Bacia do Amazonas, de mesma idade, onde as fácies mais profundas apresentavam baixo a moderado índice de fragmentação, seleção

moderada a alta, moderada taxa de abrasão/corrosão, assim como também descrito para a TF2, podendo ser um ambiente similar a um ambiente marinho subtidal-intertidal (MOUTINHO, 2006; MOUTINHO *et al.*, 2015). A semelhança com a bacia do Amazonas é ainda observada através da fauna que abriga também uma assembleia de braquiópodes e segundo Dias (2022), apresenta elementos conodontes que denotam a intensa troca de elementos, o que demonstra que a Bacia do Amazonas era uma rota de passagem até o estabelecimento da plataforma carbonática Piauí (MOUTINHO, 2006; MOUTINHO *et al.*, 2015).

Figura 20. Modelo de deposição carbonática e raseamento da TF2, com foco à sucessão faunística e aumento da diversidade da base em direção ao topo.

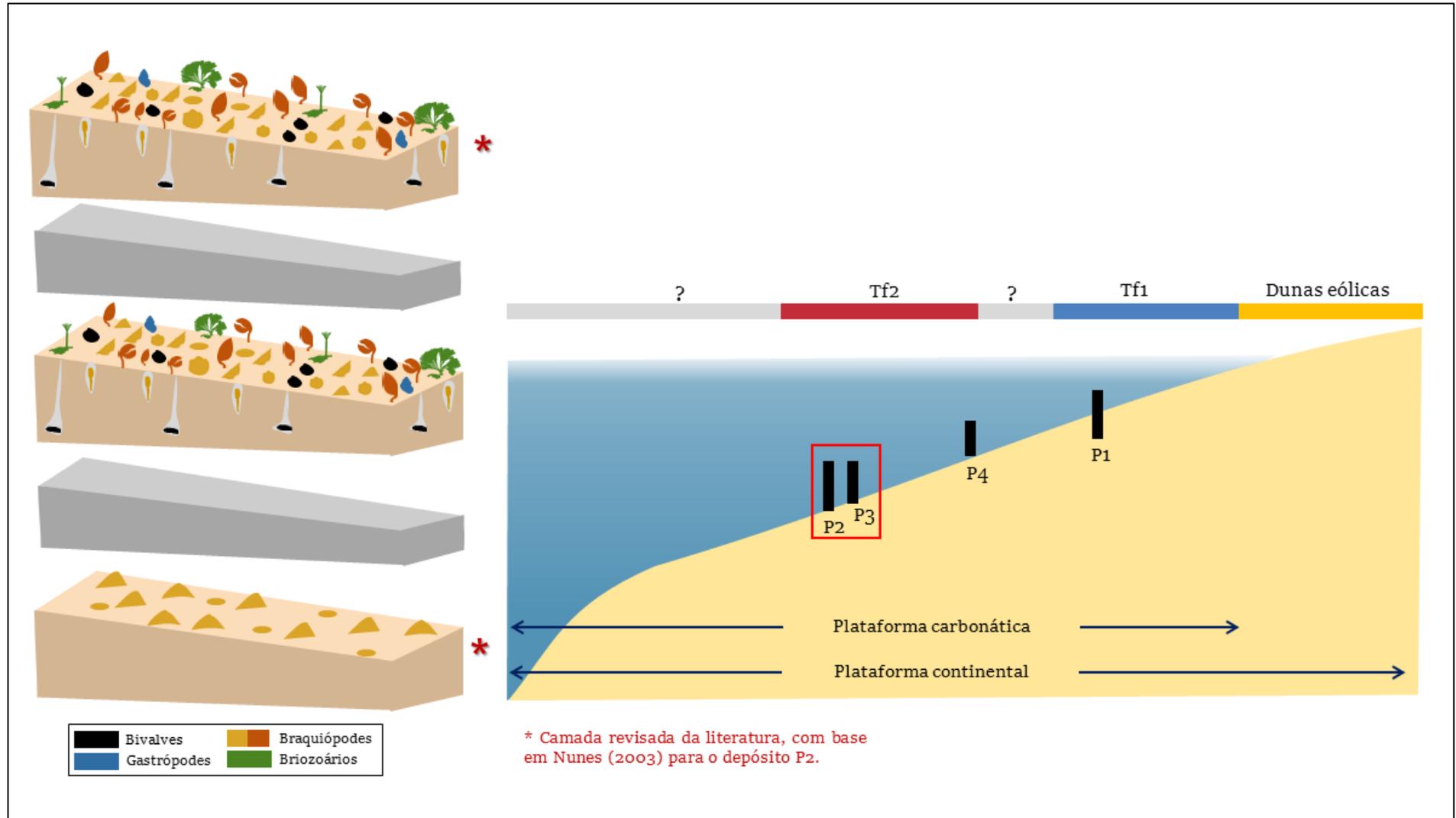
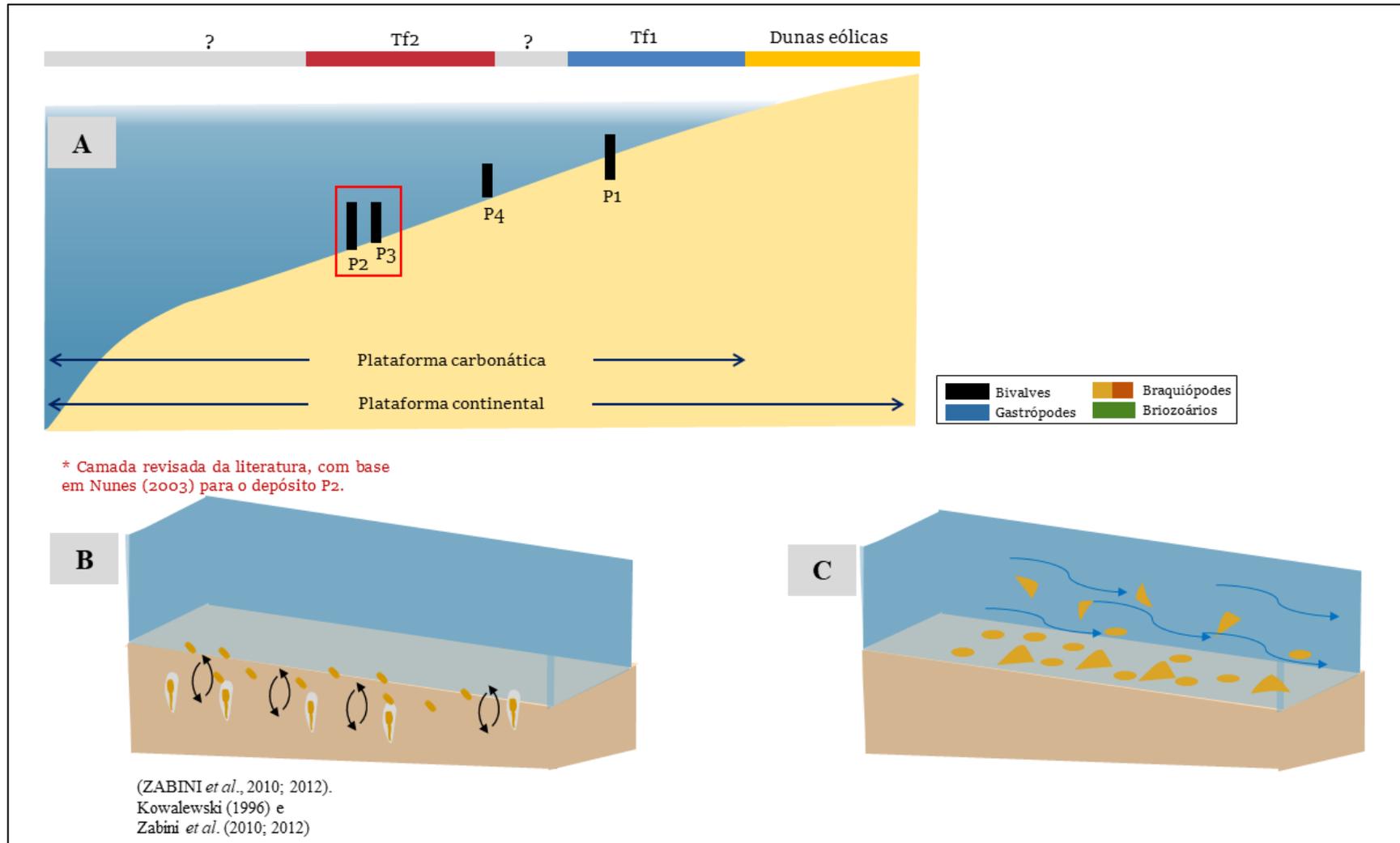


Figura 21. Modelo de processos tafonômicos focados em táxons estudados em outros estudos. A) localização dos depósitos na plataforma carbonática. B) modelo de remoção de *Lingularia?* de seus terrier e preservação paralelo à camada. C) modelo de transporte diferencial com seleção de valvas braquiiais de *Orbiculoidea*.



5.5.3. Agrupamentos de tafofácies e mecanismos de amostragem

As tafofácies são agrupamentos artificiais, segundo similaridades na composição faunística, assinaturas tafonômicas, litologias, estruturas sedimentares e ainda posição estratigráfica dos agrupamentos em análise. Contudo muitos autores discutem sobre o enviesamento de dados e proposições de modelos com baixa acurácia, assim sendo necessário diminuir ao máximo possível tais vieses, sejam eles de coleta, de análise ou de agrupamentos (KIDWELL, 1986; KIDWELL; HOLLAND, 1991; ERTHAL; KOTZIAN; SIMÕES, 2011).

A partir de testes estatísticos verificou-se que o agrupamento das tafofácies proposto, é suportado por meio do índice de similaridade Euclidiana (Figura 13.A), onde foi possível categorizar 3 agrupamentos, considerando as assinaturas tafonômicas previamente descritas. O índice indica um grupo externo, com maior dissimilaridade (TF1-P1), outro grupo interno (TF2) com agrupamento verdadeiro e mais próximo entre os depósitos P2 e P3, enquanto o depósito P4 possui maiores similaridades tafonômicas com os depósitos P2 e P3, sendo assim os três depósitos sendo alocados dentro da TF2.

A mesma confirmação vinda do índice de distância euclidiana também foi verificada na matriz de assinaturas (Figura 22B) para depósitos e tafofácies, em que são vistos altos valores em determinadas assinaturas do depósito P1, onde é possível identificar que as assinaturas diferenciais para o depósito e diferenciação das tafofácies TF1 e TF2 são o grau de fragmentação dos bioclastos, posição de acamamento dos bioclastos em relação à camada, grau de desarticulação e proporção de valvas.

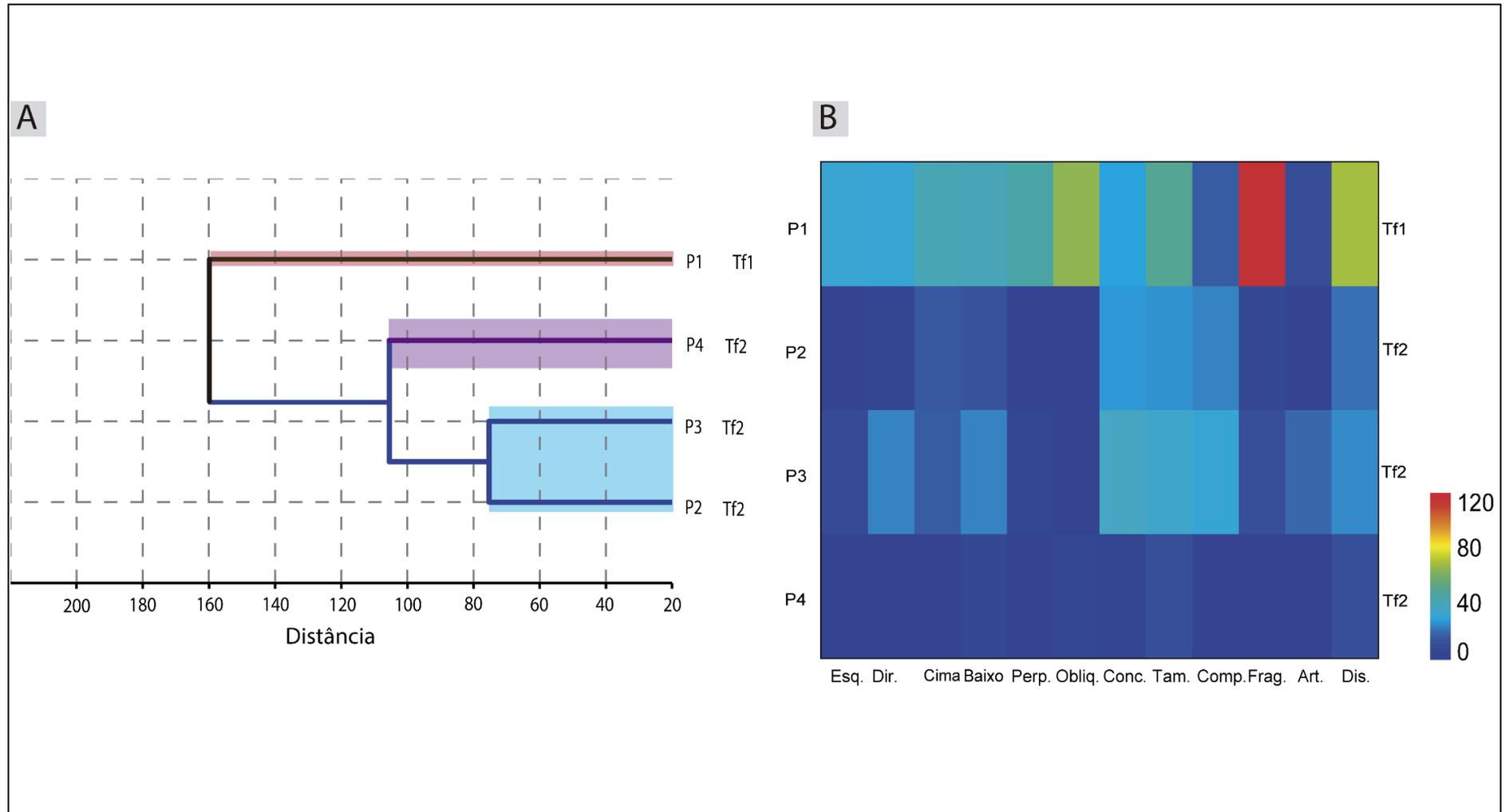
Ao realizarmos uma análise de variância (ANOVA), com hipótese nula a igualdade entre os tipos de coleta (blocos x grid), utilizando-se como dados as categorias: 1) afloramentos; 2) orientação bioclástica e 3) acamamento, os resultados mostram enviesamento pela coleta de *grid*. Isso por que os bioclastos analisados são somente os encontrados paralelos à camada em concentrações esqueléticas dispostas em pavimentos. Esse método comparado diretamente ao método de análise em bloco, influencia os resultados encontrados principalmente para os afloramentos P2 e P3, em que foram realizadas as coletas em *grid*. Dessa maneira, é necessário cautela na interpretação ambiental, ao tratar das categorias que sofrem tal enviesamento (MARTIN, 1999; ERTHAL; KOTZIAN; SIMÕES, 2011). A comparação entre afloramentos que possuem o mesmo padrão de pavimentação fossilífera (P2 e P3), portanto o mesmo mecanismo de coleta, podem ser realizadas explanações, contudo esses mecanismos não devem ser

extrapolados em comparações com outros afloramentos que tiveram coleta essencialmente por meio de blocos (P1 e P4).

Tabela 5. Resultados das análises de variância para o banco de dados da presente dissertação.

	sum_sq	df	F	PR (>F)
Afloramento	1.804.823	3.0	128.073.061	7,49E-42
Orientação	0.138146	1.0	2.940.940	8,78E+04
Articulação	0.435942	1.0	9.280.646	2,60E+03
Valvas	0.112635	1.0	2.397.856	1,23E+05
Fragmentação	0.001780	1.0	0.037886	8,46E+05
Molde	0.001241	1.0	0.026415	8,71E+05
Preenchimento	0.084133	1.0	1.791.081	1,82E+05
Convexidade	0.002960	1.0	0.063018	8,02E+05
Residual	10.240.168	218.0	NaN	NaN

Figura 22. Análises de agrupamento e correlação realizadas para compreender o agrupamento de dados. A) Índice de similaridade Euclidiano, com eixo de alta dissimilaridade na distância de 80 pontos (linha tracejada em vermelho). B) Matriz de distribuição das assinaturas por depósito e tafofácies apresentadas anteriormente.



5.6. CONCLUSÕES

Foram identificadas e individualizadas aqui, duas tafofácies (TF1 e TF2), distribuídas ao longo da plataforma carbonática sob uma variação de profundidade que foi responsável pelo estabelecimento faunístico. A presença de faunas dominadas por moluscos ou braquiópodes foram ainda controladas por fatores de oxigenação, salinidade e temperatura, em que o ambiente marginal raso sofria constantes variações desses fatores ao longo do dia, enquanto o ambiente mais central e profundo se demonstrava menos variável. Dentre os fatores-chave que delimitam as tafofácies do presente trabalho são: fragmentação, proporção de valvas, taxa de articulação esquelética, composição faunística e litológica.

A Tafofácies 1 corresponde a um ambiente marginal da plataforma carbonática, onde se mantinha um clima calmo e quente, contudo os elementos tafonômicos indicam a grande remobilização de substrato e uma grande mistura da fauna. Eventos esporádicos e de grande energia marcam o depósito com assinaturas de depósitos influenciados por tempestades. Os mesmos tipos de assinaturas puderam ser observados na Bacia do Amazonas por outros autores. Algumas espécies indicam, inclusive, eventos de sufocamento após o evento de alta energia, que sobreviveram e foram gradualmente perdendo oxigênio devido à evaporação do sistema.

A Tafofácies 2 corresponde a um ambiente anóxico, mais profundo, com substrato fino, que sofre cíclicas incursões siliciclásticas, onde leva o sistema central da plataforma a um raseamento, associado a evaporação devido ao sistema de campo de dunas e aumento das temperaturas no final do Carbonífero. Essa tafofácies reflete, diferentemente da TF1, processos diários que levaram a assinaturas mais sutis, com menor *time-averaging*, e maior tempo de exposição na interface sedimento água e também maior exposição à correntes de fundo, que promoveram maior abrasão, corrosão, desarticulação e reorientação nos elementos bioclásticos. Essa tafofácies possui um controle também de origem sedimentar, e as assinaturas indicam uma energia ambiental variavelmente moderada. Possivelmente, as tempestades que reorganizavam toda a estrutura da comunidade mais proximal, tinham efeitos mais leves de reorientação e desarticulação na porção mais distal da plataforma.

Também pudemos observar que as metodologias de coleta são fatores que afetam diretamente na qualidade dos dados e da interpretação, tendo em visto o grau de influência que os dados sofreram, indicamos que mais estudos sejam realizados, de maneira aprofundada focando não somente os processos mecânicos ou estratinômicos,

mas também os controles diagenéticos do depósito, tendo em vista que as tafofácies possuem alto quantitativo de moldes, sugerindo fatores ambientais pós-soterramento que levaram à dissolução das conchas originais.

Foi possível estabelecer ainda um paralelo entre estudos tafonômicos previamente realizados em um sistema conectado e diretamente influenciado pelo mesmo evento transgressivo, reforçando as correlações e similaridades entre os depósitos Carboníferos das Bacia do Parnaíba e Amazonas, que possuíam similaridades ambientais quanto à fauna e ambientes da plataforma carbonática desenvolvida por efeito da transição *Icehouse-Greenhouse*. O paleomar epírico da formação Piauí, registra assim a porção mais interna desse sistema transgressivo, o qual foi influenciado por aporte sedimentar, altas temperaturas e uma correlação com um sistema de campos de dunas já conhecido anteriormente.

Por fim, os modelos de tafofácies e paleoecologia regionais, propostos pelos exemplos do Pensilvaniano-médio da Bacia do Parnaíba e suas seções sedimentares são exclusivas para caracterização intracratônica, que difere do contexto de outras Bacias, como a do Amazonas, Solimões e Paraná, contudo muitos elementos tafonômicos e ambientais são compartilhados entre as Bacias do Parnaíba e Amazonas, reforçadas pela similaridade ambiental verificada.

REFERÊNCIAS

- ABD-ELHAMEED, S.; MAHMOUD, A.; EL-KAZZAZ, Y. et al. **Carboniferous Braquiópodes communities from Wadi Araba, western side of the Gulf of Suez, Egypt: Paleontology, paleoecology and paleobiogeography.** Journal of African Earth Sciences, 103744, 162, 2020.
- ABELHA, F. M., 2013. **Análise estratigráfica do intervalo Carbonífero/Permiano da Bacia do Parnaíba em testemunhos de sondagem.** Master dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ABERHAN, M. 1994. **Guild-structure and evolution of Mesozoic benthic shelf communities.** Palaios 9:516-545.
- ABERHAN, M., W. KIESSLING, AND E T. FILRSICH. 2006. **Testing the role of biological interactions in the evolution of mid-Mesozoic marine benthic ecosystems.** Paleobiology 32:259-277.
- ANELLI, L. E.; ROCHA-CAMPOS, A.C.; SIMÕES, M.G.; PECK, R.L. **PENNSYLVANIAN HETEROCONCHIA (MOLLUSCA, BIVALVIA) FROM THE PIAUÍ FORMATION, PARNAÍBA BASIN, BRAZIL.** Revista Brasileira de Paleontologia, v. 12, p. 93-112, 2009.
- ANELLI, L.E. **Pelecípodes da Formação Piauí (Pensilvaniano médio), Bacia do Parnaíba.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Geociências.1994.
- ANELLI, L.E. **Invertebrados neocarboníferos das formações Piauí (Bacia do Parnaíba) e Itaituba (Bacia do Amazonas): taxonomia; análise cladística das subfamílias Oriocrassatellinae (Crassatellacea, Bivalvia) e Neospiriferinae (Spiriferoidea, Braquiópodea).** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 1999.
- ANELLI, L.E.; ROCHA-CAMPOS, A.C.; SIMÕES, M.G. **Pennsylvanian Pteriomorphian (bivalvia) from the Piauí Formation, Parnaíba Basin, Brazil.** Journal of Paleontology, Estados Unidos, v. 80, n.6, p. 1125-1141, 2006.
- ANELLI, L.E.; SIMOES, M.G.; González, C.R.; Souza, P.A. **A new Pennsylvanian Oriocrassatellinae from Brazil and the distribution of the genus Oriocrassatella in space and time.** Geodiversitas (Paris. Imprimév. 34, p. 595-610, 2012.
- ANELLI, L.E.; SIMOES, M.G.; González, C.R.; Souza, P.A. **A new Pennsylvanian Oriocrassatellinae from Brazil and the distribution of the genus Oriocrassatella in space and time.** Geodiversitas (Paris. Imprimév. 34, p. 595-610, 2012.
- ANSTEY, R., & RABBIO, S. (1989). **Regional Bryozoan Biostratigraphy and Taphonomy of the Edenian Stratotype (Kope Formation, Cincinnati Area): Graphic Correlation and Gradient Analysis.** PALAIOS, 4(6), 574-584. doi:10.2307/3514747
- ASSIS J. F. P. 1979. **Uma fauna de moluscos bivalves do calcário Mocambo, Formação Piauí, Carbonífero superior da Bacia do Maranhão – Município de José de Freitas, Estado do Piauí.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em geologia, UFRJ, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 94p.
- BAMBACH, R. 1983. **Ecospace utilization and guilds in marine communities through the Phanerozoic.** Pp. 719-746 in M. J. S. Tevesz and P. L. McCall, eds. Biotic interactions in recent and fossil benthic communities. Plenum, New York.
- BAMBACH, R. K., A. M. BUSH, AND D. H. ERWIN. 2007. **Autecology and the filling of ecospace: key metazoan radiations.** Palaeontology 50:1-22.
- BARBOSA, E. N., CÓRDOBA, V. C., SOUZA, D. C., 2016. **Evolução estratigráfica da seqüência Neocarbonífera-Eotriássica da Bacia do Parnaíba, Brasil.** Brazilian Journal of Geology, 46 (2), 181-198.

- BEHRENSMEYER, A.K., KIDWELL, S.M., GASTALDO, R.A. 2000. **Taphonomy and paleobiology**. In: D.H. Erwin & S.L. Wing (eds.) **Deep time: Paleobiology's perspective**, Paleobiology Supplement 4, v. 26, p. 103-147.
- BOSETTI, E.P., 2004. **Tafonomia de alta resolução das fácies de offshore da sucessão devoniana da região de Ponta Grossa e Paraná, Brasil**. Ph.D. thesis, Federal University of Rio Grande do Sul.
- BRETT, C. E. 1995. **Sequence stratigraphy, biostratigraphy, and taphonomy in shallow marine environments**. *Palaios* 10:597- 616.
- BRETT, C. E.; BAIRD, G. C. 1986. **Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation**. *Palaios* 1:207-227.
- BRETT, C. E.; BOUCOT, A. J.; JONES, B. 1993. **Absolute depths of Silurian benthic assemblages**. *Lethaia* 26:25-40.
- BRETT, C.E.; BAIRD, G.C., 1993. **Taphonomic approaches to temporal resolution in stratigraphy: examples from Paleozoic marine mudrocks**. In S.M. Kidwell, A.K. BEHRENSMEYER (eds.). *Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages*, Short Course in Paleontology. 6, 250-274.
- BUSH, A. M., R. K. BAMBACH, AND D. H. ERWIN. 2011. **Ecospace utilization during the Ediacaran Radiation and the Cambrian Eco-explosion**. Pp. 111-133 in M. LaFlamme, J. D. Schiffbauer, and S. Q. Dornbos, eds. *Quantifying the evolution of early life: numerical approaches to the study of fossils and ancient ecosystems*. Springer, Dordrecht.
- BUSH, A.M., BAMBACH, R.K., DALEY, G.M., 2007. **Changes in theoretical ecospace utilization in marine fossil assemblages between the mid-Paleozoic and late Cenozoic**. *Paleobiology* 33, 76–97.
- CAMPANHA.V. A.; ROCHA-CAMPOS.A.C. **Some Microfossils from the Piauí Formation (Late Carboniferous), Parnaíba Basin**. *BoI. IG, V. 10*. p. 57 - 66,1979.
- CHINELATTO, G. F.; BELILA, A. M. P. et al. **A Taphofacies interpretation of shell concentrations and their relationship with petrophysics: A case study of Barremian-Aptian coquinas in the Itapema Formation, Santos Basin-Brazil**. *Marine and Petroleum Geology*, 116, 6, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104317>
- CHINELATTO, G. F.; VIDAL, A. C.; KURODA, M. C.; BASILICI, G. **A taphofacies model for coquina sedimentation in lakes, (Lower Cretaceous, Morro do Chaves Formation, NE Brazil)**. *Cretac. Res.*, 85 (2018), pp. 1-19.
- COMNISKEY, J.C. 2011. **Paleontologia dos Discinidae (Braquiópodea: Linguliformea) da sucessão devoniana da Bacia do Paraná, Estado do Paraná, Brasil: Revisão sistemática, distribuição geográfica e estratigráfica**. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, M.Sc. thesis, 180 p.
- CONSTITUIÇÃO (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- COSTA, J. S. **Tafonomia da paleoflora permiana do afloramento Rio Capivari (Grupo Itararé), SP**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências – UNICAMP.
- CUNHA F. M. B. 1986. **Evolução paleozoica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico**. 1986. Dissertação (Mestrado em geologia) - Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- DAVYDOV, V.I., WARDLAW, B.R., GRADSTEIN, F.M., 2004. **The Carboniferous Period**. In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G. (Eds.), *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 222e248.
- DIAS; SOARES; SCOMAZZON *et al.*, 2022. **Taxonomic revision of conodonts of Piauí formation, Parnaíba basin, updating to late Bashkirian age and biostratigraphic–Paleoecologic correlation with the Itaituba formation, Amazonas basin**. *J. South Am. Earth Sci.*, 115 (2022), p. 103750.

- DOLIANITI, E., 1972. **Relações entre as floras paleozoicas do Brasil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 44, 113-117.
- DUARTE, A., 1936. **Fósseis da sondagem Theresina, Estado do Piauí**. Notas preliminares e estudos: Serviço Geológico e Mineralógico, n.2, p. 1-3.
- ELLIS, J.; ANLAUF, H.; KÜRTEEN, S.; LOZANO-CORTÉS, D.; ALSAFFAR, Z.; CÚRDIA, J.; JONES, B.; CARVALHO, S., 2017. **Cross shelf benthic biodiversity patterns in the Southern Red Sea**. Scientific Reports, 437, v. 7. doi.org/10.1038/s41598-017-00507-y.
- ERTHAL, F., KOTZIAN, C.B., AND SIMÕES, M.G., 2011, **Fidelity of molluscan assemblages from the Touro Passo Formation (Pleistocene–Holocene), southern Brazil: taphonomy as a tool for discovering natural baselines for freshwater communities**: PALAIOS, v. 26, p. 443–446, doi: 10.2110/palo.2010.p10–145r.
- ERTHAL, F.; RITTER, M. N.; KOTZIAN, C. B. . **Assinaturas tafonômicas em moluscos recentes e seu significado paleoambiental**. REVISTA TERRAE DIDACTICA, v. 13, p. 4, 2017.
- FOSTER, W. J.; TWITCHETT, R. J., 2014. **Functional diversity of marine ecosystems after the Late Permian mass extinction event**. Nature Geosciences, v. 7.
- FRAISER, M. L.; BOTTJER, D. J. **When Bivalves Took over the World**. *Paleobiology* 33, no. 3 (2007): 397-413.
- FURSICH, F.T. & OSCHMANN, W. 1993. **Shell beds as tool in basin analysis –the Jurassic of Kachchh, western India**. Journal of the Geological Society, 150, 169–185.
- GHILARDI, R.P. 2004. **Tafonomia comparada e Paleoeologia dos Macroinvertebrados (ênfase em Trilobites), da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Sub-bacia Apucarana), Estado do Paraná, Brasil**. São Paulo, SP. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 113 p.
- GHILARDI, R.P., 2004. **Tafonomia comparada e paleoeologia dos macroinvertebrados (ênfase em trilobites), da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Sub-bacia Apucarana), Estado do Paraná, Brasil**. Ph.D. thesis, São Paulo University.
- GÓES A. M.; FEIJÓ F. J. 1994. **Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro**, Bol. Geoc. PETROBRÁS. *Rel. interno*. v. 8, n. 1.
- GOLONKA, J., FORD, D., 2002. **Pangean (Late Carboniferous–Middle Jurassic) paleoenvironment and lithofacies**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 161, 1-34.
- KEGEL, W. (1952). **Sobre a Formação Piauí (Carbonífero Superior) no Araguaia**. Notas preliminares e estudos, Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, v.135, 36 p.
- KEGEL, W. 1951. **Sobre algumas trilobitas carboníferas do Piauí e do Amazonas**. Divisão de geologia e Mineralogia, Boletim, Rio de Janeiro, n. 135, p. 1-38.
- KEGEL, W.; COSTA M. T. 1951. **Espécies neopaleozóicas do Brasil, da família Aviculopectinidae, ornamentadas com costelas fasciculadas**. Divisão de Geologia de Mineralogia., Boletim, Rio de Janeiro, n. 137, p. 1-48.
- KIDWELL, S.M., FÜRSTICH, F.T., AIGNER, T., 1986. **Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations**. Palaios 1, 228–238.
- KIDWELL, S.M., 1989?
- LIMA FILHO, F. P., 1998. **A sequência Permo-Pensilvaniana da Bacia do Parnaíba. Bacia do Parnaíba**. Ph.D thesis, Instituto de Geociências – USP, 99.
- LIMA FILHO, F.P., 1991. **Fácies e ambientes deposicionais da Formação Piauí (Pensilvaniano). Bacia do Parnaíba**. Master dissertation, Instituto de Geociências – USP, 81.
- LUCAS, S. G. **Taphotaxon**. Lethaia, v. 34, n. 1, p. 30, 2001.

- MARTIN, R.E. (1999). **Taphonomy: A Process Approach**. Cambridge: Cambridge University Press.
- MEDEIROS, R.S.P. **Depósitos carbonáticos-siliciclásticos da porção superior da formação Piauí, carbonífero da bacia do Parnaíba, região de José de Freitas-PI**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém: 2015.
- MEDEIROS, R.S.P.; POMPEU, M.C.; DIAS, S.K.R.; IBARRA, J.Y.S.; JUNQUEIRA, I.S.; VICCARI, J.M.; BILHAR, J.D.; SCOMAZZON, A.K.; NASCIMENTO, S.; NOGUEIRA, A.C.R. **Ocorrências de conodontes do Pensilvaniano Inferior, Formação Piauí, na região Mocambo, Bacia do Parnaíba**. Anais do 49º Congresso Brasileiro de Geologia: Rio de Janeiro, 2018.
- MERGL, M., 2010, **Discinid Braquiópode life assemblages, fossil and extant**: Bulletin of Geosciences, 85(1), 27-38.
- MERGL, M.; MASSA, D. **A new giant discinoid Braquiópode from the Lower Devonian of Algeria**. Acta Palaeontol. Polonica, v. 50, n. 2, p. 397–402, 2005.
- MIALL, A.D. 2000. **Principles of sedimentary basin analysis**, 3rd ed. New York: Springer, 616 pp.
- MOUTINHO, L. P., 2006. **Assinatura dos invertebrados da Formação Itaituba – Aplicação como ferramenta de análise estratigráfica e paleoecológica na secção Pensilvaniana aflorante na porção sul da Bacia do Amazonas, Brasil**. Ph.D. thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PÉREZ-HUERTA, A.; SHELDON, N. D. **Pennsylvanian sea level cycles, nutrient availability and Braquiópode paleoecology**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.07.020.
- QUAGLIO, F., WARREN, L., ANELLI, L., DOS SANTOS, P., ROCHA-CAMPOS, A., GAŹDZICKI, A., SIMÕES, M. (2014). **Shell beds from the Low Head Member (Polonez Cove Formation, early Oligocene) at King George Island, west Antarctica: New insights on facies analysis, taphonomy and environmental significance**. Antarctic Science, 26(4), 400-412. doi:10.1017/S0954102013000783.
- RICKLEFS, R.; RELYEA, R. **A economia da natureza**. 7. ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 2018 v, xxiii, 606. p.
- SANTOS, M.E.C.M; CARVALHO M.S.S. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM Serviço Geológico do Brasil – DGM/DIPALE.
- SANTOS, M.E.C.M; CARVALHO M.S.S., 2009. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM Serviço Geológico do Brasil – DGM/DIPALE - 2009.
- SCOMAZZON, A. K., 2004. **Estudo de conodontes em carbonatos marinhos do Grupo tapajós, pensilvaniano inferior a médio da Bacia do Amazonas com aplicação de isótopos de Sr e Nd neste intervalo**. Porto alegre. Ph.D. thesis, Universidade federal do Rio Grande do Sul, 294.
- SCOTese, C.R., MCKERROW, W.S., 1990. Revised world maps and introduction. In: McKerrow, W.S., Scotese, C.R. (Eds.), **Palaeozoic Palaeography and Biogeography: Geological Society Memoir**, 1-21.
- SILVA, O. B., 1996. **Ciclicidade sedimentar no pensilvaniano da Bacia do Amazonas e o controle dos ciclos de sedimentação na distribuição estratigráfica dos conodontes, fusulinídeos e palinomorfos**. Ph.D. thesis, Universidade federal do Rio Grande do Sul, 331.
- SIMÕES, M.G., GHILARDI, R.P., 2000. **Protocolo tafonômico/paleoautoecológico como ferramenta nas análises paleossinecológicas de invertebrados: exemplos de aplicação em concentrações fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil**. Pesquisas em Geociências 27, 3–13.
- SIMOES, M.G.; ROCHA-CAMPOS, A.C. **Paleobiogeografia e evolução dos pelecípodes neopaleozóicos da América do Sul**. Boletim IG-USP. Série Científica, São Paulo, v. 12, p. 115-116, 1992.

SIMÕES, M.G.; ROCHA-CAMPOS, A.C. **Paleoecologia dos bivalves neopaleozóicos da Bacia do Paraná, Brasil**. Boletim IG-USP. Série Científica, São Paulo, p. 130-131, 1990.

STREEL, M., 1986. **Miospore contribution to the upper Famennian-Strunian event stratigraphy**. Ann. Soc. G6ol. Belg., 109, 75-92.

SUN, H.; ZHAO, F.; STEINER, M.; LI, G.; NA, L.; PAN, B.; YIN, Z.; ZENG, H.; VAN ITEN, H.; ZHU, M. **Skeletal faunas of the lower Cambrian Yu'anhsan Formation, eastern Yunnan, China**: Metazoan diversity and community structure during the Cambrian Age 3. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Elsevier, 2020. doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109580

TORSVIK, T. H., 2013. **Gondwana from top to base in space and time**. Gondwana Research, 24(3-4), 999-1030.

VAZ P. T, REZENDE N. G. A. M, WANDERLEY FILHO J. R. 2007. **A Bacia do Parnaíba**, *Boletim de Geociências da Petrobras*, v.15, n.2, pp. 253-263.

ZABINI, C., 2007. **Lingulídeos da Sucessão Devoniana da Bacia do Paraná, região dos Campos Gerais, Brasil: revisão de conceitos biológicos-ecológicos e análise tafonômica básica**. MSc dissertation, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 130 pp.

ZABINI, C., BOSETTI, E.P., HOLZ, M., 2010. **Taphonomy and taphofacies analysis of lingulide Braquiópodes from Devonian sequences of the Paraná Basin, Brazil**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 292, 44–56.

ZABINI, C.; BOSETTI, E.P. & HOLZ, M. 2010. **Taphonomy and taphofacies analysis of lingulid Braquiópodes from Devonian sequences of the Paraná Basin, Brazil**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 292:44–56. doi:10.1016/j.palaeo.2010.03.025

ZABINI, C.; BOSETTI, E.P.; HORODYSKI, R.S. & MATSUMURA, W.M.K. 2007. **Lingulídeos: revisão dos conceitos morfo-anatômicos, fisiológicos, reprodutivos, paleo-ecológicos e a importância do grupo no Devoniano da região dos Campos Gerais do Paraná, Brasil**. Terr@Plural, 1:115–122.

ZABINI, C.; COMNISKEY, J.C. & BOSETTI, E.P. 2013. **John Mason Clarke e os lingulídeos e discinídeos dos estratos devonianos da Bacia do Paraná, estado do Paraná, Brasil: estado da arte**. Terr@ Plural, 7:43–58. doi:10.5212/TerraPlural.v.7iEspecial.0004

ZABINI, C.; HOLZ, M.; BOSETTI, E.P.; MATSUMURA, W.M.K. & Horodyski, R.S. 2012. **Sequence stratigraphy and taphonomic signatures of marine invertebrates: a Devonian (Pragian/Eifelian) example of the Paraná Basin**. Journal of South American Earth Sciences, 33:8–20. doi: 10.1016/j.jsames.2011.08.001

ZABINI, C.; ANELLI, L.E.; LEME, J.M., 2017. **First occurrence of a lingulide (Braquiópodea: Lingulidae) at Piauí Formation (Upper Carboniferous), Parnaíba Basin, Brazil**. Revista Brasileira de Paleontologia, v. 19, p. 527-530.

ZUSCHIN M., STACHOWITSCH M., STANTON JR. R.J. 2003. **Patterns and processes of shell fragmentation in modern and ancient marine environments**. Earth-Science Reviews, 63:33-82.

6. DISCUSSÃO GERAL

O ambiente plataformal raso representado pelo modelo TF1 é predominantemente calmo, favorecendo a deposição carbonática e a proliferação biológica. Apesar da elevada diversidade biológica (taxonômica e esquelética), a predominância de moluscos sugere variações nas condições ambientais ao longo da plataforma marinha. A TF1 apresenta um substrato arenoso de rigidez média a alta, composto por areia fina. Dias et al. (2022) sugerem que a baixa quantidade e a presença de elementos conodontes juvenis indicam um ambiente de berçário, com maior diversidade e quantidade de indivíduos jovens. A morte dos organismos mais antigos resultava em abrasão e corrosão durante um período na interface sedimento-água (ISA). Os elementos depositados eram posteriormente remobilizados por eventos episódicos de alta energia, mas a ausência de estruturas sedimentares impede a confirmação da presença de tempestitos proximais. A estabilidade (baixa energia) ambiental da TF1 é indicada pela colonização e preservação de briozoários, que têm baixa resistência ao transporte, sugerindo um soterramento rápido. Após eventos de alta energia, o depósito adquire geometria e empacotamento definidos. Os organismos remobilizados retomam sua posição de vida, mas perecem devido à diminuição da oxigenação causada pela evaporação da água e concentração de sais, gerando uma interface de exposição subaérea com gretas de contração.

A tafofácies TF2 descreve condições de um ambiente com energia moderada a baixa, com variações ao longo de certos períodos. A estabilidade ambiental reflete-se em camadas carbonáticas depositadas durante momentos estáveis, associadas à sucessão faunística ascendente durante raseamento do mar e incursão de siliciclásticos do Paleooceano Panthalassa. As concentrações têm gênese sedimentológica e/ou mista, sobrepondo a gênese biológica em certos momentos. O sistema central da plataforma carbonática assemelha-se a ambientes mais profundos descritos para tafofácies da Bacia do Amazonas, de mesma idade, onde as fácies mais profundas apresentavam baixo a moderado índice de fragmentação, seleção moderada a alta e taxa moderada de abrasão/corrosão, semelhante à TF2, sugerindo um ambiente marinho subtidal-intertidal. A semelhança com a bacia do Amazonas é reforçada pela presença de braquiópodes e elementos conodontes que indicam intensa troca de elementos, sugerindo que a Bacia do Amazonas era uma rota de passagem até o estabelecimento da plataforma carbonática Piauí.

7. CONCLUSÃO GERAL

Neste estudo, foram identificadas e caracterizadas duas tafofácies (TF1 e TF2) ao longo da plataforma carbonática, variando em profundidade e influenciando a fauna. A presença de faunas dominadas por moluscos ou braquiópodes poderia estar sujeita a fatores como oxigenação, salinidade e temperatura, sendo o ambiente marginal raso mais suscetível a variações diárias desses fatores. Os fatores-chave que delimitam as tafofácies incluem fragmentação, proporção de valvas, taxa de articulação esquelética, composição faunística e litológica.

A Tafofácies 1 representa um ambiente marginal com clima calmo e quente, evidenciando remobilização de substrato e mistura da fauna. Eventos esporádicos de alta energia, como tempestades, deixam assinaturas marcantes no depósito, semelhantes às observadas na Bacia do Amazonas. Algumas espécies indicam eventos de sufocamento após a alta energia, com sobrevivência gradualmente comprometida pela evaporação.

A Tafofácies 2 descreve um ambiente anóxico mais profundo, com substrato fino, sujeito a incursões siliciclásticas cíclicas. O raseamento do sistema central da plataforma, associado à evaporação devido ao campo de dunas e aumento das temperaturas no final do Carbonífero, resulta em assinaturas mais sutis. Processos diários causam menor time-averaging, maior exposição na interface sedimento-água e maior impacto nas características bioclásticas.

Observou-se que as metodologias de coleta afetam diretamente a qualidade dos dados e interpretação. Após verificar e aplicar diferentes métodos de coleta para lidar com diversas características de afloramentos, constatou-se que o meio de coleta pode influenciar sutilmente os dados coletados por meio de grids em áreas aflorantes com pavimentos fossilíferos. No entanto, essa influência não afetou diretamente os resultados finais para a construção dos modelos paleoambientais.

Paralelamente, estabeleceu-se uma correlação entre estudos tafonômicos em sistemas conectados e influenciados pelo mesmo evento transgressivo, destacando similaridades entre os depósitos Carboníferos das Bacias do Parnaíba e Amazonas, relacionadas às condições ambientais durante a transição *Icehouse-Greenhouse*.

Os modelos de tafofácies e paleoecologia regionais propostos para o Pensilvaniano-médio da Bacia do Parnaíba são específicos para a caracterização intracratônica, diferindo de outras bacias. No entanto, elementos tafonômicos e ambientais compartilhados entre as Bacias do Parnaíba e Amazonas reforçam a similaridade ambiental entre essas regiões.

8. BIBLIOGRAFIA GERAL

ABD-ELHAMEED, S.; MAHMOUD, A.; EL-KAZZAZ, Y. et al. **Carboniferous Braquiópodes communities from Wadi Araba, western side of the Gulf of Suez, Egypt: Paleontology, paleoecology and paleobiogeography.** Journal of African Earth Sciences, 103744, 162, 2020.

ABELHA, F. M., 2013. **Análise estratigráfica do intervalo Carbonífero/Permiano da Bacia do Parnaíba em testemunhos de sondagem.** Master dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ABERHAN, M. 1994. **Guild-structure and evolution of Mesozoic benthic shelf communities.** Palaios 9:516-545.

ABERHAN, M., W. KIESSLING, AND E T. FILRSICH. 2006. **Testing the role of biological interactions in the evolution of mid-Mesozoic marine benthic ecosystems.** Paleobiology 32:259-277.

ANELLI, L. E.; ROCHA-CAMPOS, A.C.; SIMÕES, M.G.; PECK, R.L. **PENNSYLVANIAN HETEROCONCHIA (MOLLUSCA, BIVALVIA) FROM THE PIAUÍ FORMATION, PARNAÍBA BASIN, BRAZIL.** Revista Brasileira de Paleontologia, v. 12, p. 93-112, 2009.

ANELLI, L.E. **Pelecípodes da Formação Piauí (Pensilvaniano médio), Bacia do Parnaíba.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Geociências.1994.

ANELLI, L.E. **Invertebrados neocarboníferos das formações Piauí (Bacia do Parnaíba) e Itaituba (Bacia do Amazonas): taxonomia; análise cladística das subfamílias Oriocrassatellinae (Crassatellacea, Bivalvia) e Neospiriferinae (Spiriferoidea, Braquiópodea).** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 1999.

ANELLI, L.E.; ROCHA-CAMPOS, A.C.; SIMÕES, M.G. **Pennsylvanian Pteriomorphian (bivalvia) from the Piauí Formation, Parnaíba Basin, Brazil.** Journal of Paleontology, Estados Unidos, v. 80, n.6, p. 1125-1141, 2006.

ANELLI, L.E.; SIMOES, M.G.; González, C.R.; Souza, P.A. **A new Pennsylvanian Oriocrassatellinae from Brazil and the distribution of the genus Oriocrassatella in space and time.** Geodiversitas (Paris. Imprimév. 34, p. 595-610, 2012.

ANSTEY, R., & RABBIO, S. (1989). **Regional Bryozoan Biostratigraphy and Taphonomy of the Edenian Stratotype (Kope Formation, Cincinnati Area):** Graphic Correlation and Gradient Analysis. *PALAIOS*, 4(6), 574-584. doi:10.2307/3514747

ASSIS J. F. P. 1979. **Uma fauna de moluscos bivalves do calcário Mocambo, Formação Piauí, Carbonífero superior da Bacia do Maranhão – Município de José de Freitas, Estado do Piauí.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em geologia, UFRJ, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 94p.

BAMBACH, R. 1983. **Ecospace utilization and guilds in marine communities through the Phanerozoic.** Pp. 719-746 in M. J. S. Tevesz and P. L. McCall, eds. Biotic interactions in recent and fossil benthic communities. Plenum, New York.

BAMBACH, R. K., A. M. BUSH, AND D. H. ERWIN. 2007. **Autecology and the filling of ecospace: key metazoan radiations.** Palaeontology 50:1-22.

- BARBOSA, E. N., CÓRDOBA, V. C., SOUZA, D. C., 2016. **Evolução estratigráfica da sequência Neocarbonífera-Eotriássica da Bacia do Parnaíba, Brasil**. Brazilian Journal of Geology, 46 (2), 181-198.
- BEHRENSMEYER, A.K., KIDWELL, S.M., GASTALDO, R.A. 2000. **Taphonomy and paleobiology**. In: D.H. Erwin & S.L. Wing (eds.) **Deep time: Paleobiology's perspective**, Paleobiology Supplement 4, v. 26, p. 103-147.
- BOSETTI, E.P., 2004. **Tafonomia de alta resolução das fácies de offshore da sucessão devoniana da região de Ponta Grossa e Paraná, Brasil**. Ph.D. thesis, Federal University of Rio Grande do Sul.
- BRETT, C. E. 1995. **Sequence stratigraphy, biostratigraphy, and taphonomy in shallow marine environments**. *Palaios* 10:597- 616.
- BRETT, C. E.; BAIRD, G. C. 1986. **Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation**. *Palaios* 1:207-227.
- BRETT, C. E.; BOUCOT, A. J.; JONES, B. 1993. **Absolute depths of Silurian benthic assemblages**. *Lethaia* 26:25-40.
- BRETT, C.E.; BAIRD, G.C., 1993. **Taphonomic approaches to temporal resolution in stratigraphy: examples from Paleozoic marine mudrocks**. In S.M. Kidwell, A.K. BEHRENSMEYER (eds.). **Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages**, Short Course in Paleontology. 6, 250-274.
- BUSH, A. M., R. K. BAMBACH, AND D. H. ERWIN. 2011. **Ecospace utilization during the Ediacaran Radiation and the Cambrian Eco-explosion**. Pp. 111-133 in M. LaFlamme, J. D. Schiffbauer, and S. Q. Dornbos, eds. **Quantifying the evolution of early life: numerical approaches to the study of fossils and ancient ecosystems**. Springer, Dordrecht.
- BUSH, A.M., BAMBACH, R.K., DALEY, G.M., 2007. **Changes in theoretical ecospace utilization in marine fossil assemblages between the mid-Paleozoic and late Cenozoic**. *Paleobiology* 33, 76–97.
- CAMPANHA.V. A.; ROCHA-CAMPOS.A.C. **Some Microfossils from the Piauí Formation (Late Carboniferous), Parnaíba Basin**. *BoI. IG*, V. 10. p. 57 - 66,1979.
- CHINELATTO, G. F.; BELILA, A. M. P. et al. **A Taphofacies interpretation of shell concentrations and their relationship with petrophysics: A case study of Barremian-Aptian coquinas in the Itapema Formation, Santos Basin-Brazil**. *Marine and Petroleum Geology*, 116, 6, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104317>
- CHINELATTO, G. F.; VIDAL, A. C.; KURODA, M. C.; BASILICI, G. **A taphofacies model for coquina sedimentation in lakes, (Lower Cretaceous, Morro do Chaves Formation, NE Brazil)**. *Cretac. Res.*, 85 (2018), pp. 1-19.
- COMNISKEY, J.C. 2011. **Paleontologia dos Discinidae (Braquiópodea: Linguliformea) da sucessão devoniana da Bacia do Paraná, Estado do Paraná, Brasil: Revisão sistemática, distribuição geográfica e estratigráfica**. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, M.Sc. thesis, 180 p.
- CONSTITUIÇÃO (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

- COSTA, J. S. **Tafonomia da paleoflora permiana do afloramento Rio Capivari (Grupo Itararé), SP.** 2017. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências – UNICAMP.
- CUNHA F. M. B. 1986. **Evolução paleozoica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico.** 1986. Dissertação (Mestrado em geologia) - Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- DAVYDOV, V.I., WARDLAW, B.R., GRADSTEIN, F.M., 2004. **The Carboniferous Period.** In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G. (Eds.), *A Geologic Time Scale 2004.* Cambridge University Press, Cambridge, pp. 222e248.
- DIAS; SOARES; SCOMAZZON *et al.*, 2022. **Taxonomic revision of conodonts of Piauí formation, Parnaíba basin, updating to late Bashkirian age and biostratigraphic–** Paleocologic correlation with the Itaituba formation, Amazonas basin. *J. South Am. Earth Sci.*, 115 (2022), p. 103750.
- DOLIANITI, E., 1972. **Relações entre as floras paleozoicas do Brasil.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 44, 113-117.
- DUARTE, A., 1936. **Fósseis da sondagem Theresina, Estado do Piauí.** *Notas preliminares e estudos: Serviço Geológico e Mineralógico*, n.2, p. 1-3.
- ELLIS, J.; ANLAUF, H.; KÜRTEEN, S.; LOZANO-CORTÉS, D.; ALSAFFAR, Z.; CÚRDIA, J.; JONES, B.; CARVALHO, S., 2017. **Cross shelf benthic biodiversity patterns in the Southern Red Sea.** *Scientific Reports*, 437, v. 7. doi.org/10.1038/s41598-017-00507-y.
- ERTHAL, F., KOTZIAN, C.B., AND SIMÕES, M.G., 2011, **Fidelity of molluscan assemblages from the Touro Passo Formation (Pleistocene–Holocene), southern Brazil: taphonomy as a tool for discovering natural baselines for freshwater communities: PALAIOS**, v. 26, p. 443–446, doi: 10.2110/palo.2010.p10–145r.
- ERTHAL, F.; RITTER, M. N.; KOTZIAN, C. B. . **Assinaturas tafonômicas em moluscos recentes e seu significado paleoambiental.** *REVISTA TERRAE DIDACTICA*, v. 13, p. 4, 2017.
- FOSTER, W. J.; TWITCHETT, R. J., 2014. **Functional diversity of marine ecosystems after the Late Permian mass extinction event.** *Nature Geosciences*, v. 7.
- FRAISER, M. L.; BOTTJER, D. J. **When Bivalves Took over the World.** *Paleobiology* 33, no. 3 (2007): 397-413.
- FURSICH, F.T. & OSCHMANN, W. 1993. **Shell beds as tool in basin analysis –the Jurassic of Kachchh, western India.** *Journal of the Geological Society*, 150, 169–185.
- GHILARDI, R.P. 2004. **Tafonomia comparada e Paleoecologia dos Macroinvertebrados (ênfase em Trilobites), da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Sub-bacia Apucarana), Estado do Paraná, Brasil.** São Paulo, SP. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 113 p.
- GÓES A. M.; FEIJÓ F. J. 1994. **Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro,** *Bol. Geoc. PETROBRÁS. Rel. interno. v. 8, n. 1.*
- GOLONKA, J., FORD, D., 2002. **Pangean (Late Carboniferous–Middle Jurassic) paleoenvironment and lithofacies.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161, 1-34.

- KEGEL, W. (1952). **Sobre a Formação Piauí (Carbonífero Superior) no Araguaia**. Notas preliminares e estudos, Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, v.135, 36 p.
- KEGEL, W. 1951. **Sobre algumas trilobitas carboníferas do Piauí e do Amazonas**. Divisão de geologia e Mineralogia, Boletim, Rio de Janeiro, n. 135, p. 1-38.
- KEGEL, W.; COSTA M. T. 1951. **Espécies neopaleozóicas do Brasil, da família Aviculopectinidae, ornamentadas com costelas fasciculadas**. Divisão de Geologia de Mineralogia., Boletim, Rio de Janeiro, n. 137, p. 1-48.
- KIDWELL, S.M., FÜRSICH, F.T., AIGNER, T., 1986. **Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations**. *Palaios* 1, 228–238.
- LIMA FILHO, F. P., 1998. **A sequência Permo-Pensilvaniana da Bacia do Parnaíba. Bacia do Parnaíba**. Ph.D thesis, Instituto de Geociências – USP, 99.
- LIMA FILHO, F.P., 1991. **Fácies e ambientes deposicionais da Formação Piauí (Pensilvaniano). Bacia do Parnaíba**. Master dissertation, Instituto de Geociências – USP, 81.
- LUCAS, S. G. **Taphotaxon**. *Lethaia*, v. 34, n. 1, p. 30, 2001.
- MARTIN, R.E. (1999). **Taphonomy: A Process Approach**. Cambridge: Cambridge University Press.
- MEDEIROS, R.S.P. **Depósitos carbonáticos-siliciclásticos da porção superior da formação Piauí, carbonífero da bacia do Parnaíba, região de José de Freitas-PI**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém: 2015.
- MEDEIROS, R.S.P.; POMPEU, M.C.; DIAS, S.K.R.; IBARRA, J.Y.S.; JUNQUEIRA, I.S.; VICCARI, J.M.; BILHAR, J.D.; SCOMAZZON, A.K.; NASCIMENTO, S.; NOGUEIRA, A.C.R. **Ocorrências de conodontes do Pensilvaniano Inferior, Formação Piauí, na região Mocambo, Bacia do Parnaíba**. Anais do 49º Congresso Brasileiro de Geologia: Rio de Janeiro, 2018.
- MERGL, M., 2010, **Discinid Braquiópode life assemblages, fossil and extant**: *Bulletin of Geosciences*, 85(1), 27-38.
- MERGL, M.; MASSA, D. **A new giant discinoid Braquiópode from the Lower Devonian of Algeria**. *Acta Palaeontol. Polonica*, v. 50, n. 2, p. 397– 402, 2005.
- MIALL, A.D. 2000. **Principles of sedimentary basin analysis**, 3rd ed. New York: Springer, 616 pp.
- MOUTINHO, L. P., 2006. **Assinatura dos invertebrados da Formação Itaituba – Aplicação como ferramenta de análise estratigráfica e paleoecológica na secção Pensilvaniana aflorante na porção sul da Bacia do Amazonas, Brasil**. Ph.D. thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- NASCIMENTO, J. G. S. *et al.* **Análise quantitativa de moluscos Pensilvanianos do dolomito Mocambo, Formação Piauí (Bacia do Parnaíba), José de Freitas- Piauí. In: IV Simpósio Brasileiro de Paleoinvertebrados**, Rio de Janeiro, 2018.
- NEPHIN, J.; JUNIPER, S. K.; ARCHAMBAULT, P., 2014. **Diversity, Abundance and Community Structure of Benthic Macro- and Megafauna on the Beaufort Shelf and Slope**. *PLoS ONE* 9(7): e101556. doi:10.1371/journal.pone.0101556

- PÉREZ-HUERTA, A.; SHELDON, N. D. **Pennsylvanian sea level cycles, nutrient availability and Braquiópode paleoecology**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.07.020.
- QUAGLIO, F., WARREN, L., ANELLI, L., DOS SANTOS, P., ROCHA-CAMPOS, A., GAŹDZICKI, A., SIMÕES, M. (2014). **Shell beds from the Low Head Member (Polonez Cove Formation, early Oligocene) at King George Island, west Antarctica: New insights on facies analysis, taphonomy and environmental significance**. *Antarctic Science*, 26(4), 400-412. doi:10.1017/S0954102013000783.
- RICKLEFS, R.; RELYEA, R. **A economia da natureza**. 7. ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 2018 v, xxiii, 606 . p.
- SANTOS, M.E.C.M; CARVALHO M.S.S. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM Serviço Geológico do Brasil – DGM/DIPALE.
- SCOMAZZON, A. K., 2004. **Estudo de conodontes em carbonatos marinhos do Grupo tapajós, pensilvaniano inferior a médio da Bacia do Amazonas com aplicação de isótopos de Sr e Nd neste intervalo**. Porto alegre. Ph.D. thesis, Universidade federal do Rio Grande do Sul, 294.
- SCOTESE, C.R., MCKERROW, W.S., 1990. Revised world maps and introduction. In: McKerrow, W.S., Scotese, C.R. (Eds.), **Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography: Geological Society Memoir**, 1-21.
- SILVA, O. B., 1996. **Ciclicidade sedimentar no pensilvaniano da Bacia do Amazonas e o controle dos ciclos de sedimentação na distribuição estratigráfica dos conodontes, fusulinídeos e palinomorfos**. Ph.D. thesis, Universidade federal do Rio Grande do Sul, 331.
- SIMÕES, M.G., GHILARDI, R.P., 2000. **Protocolo tafonômico/paleoautoecológico como ferramenta nas análises paleossinecológicas de invertebrados: exemplos de aplicação em concentrações fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil**. *Pesquisas em Geociências* 27, 3–13.
- SIMOES, M.G.; ROCHA-CAMPOS, A.C. **Paleobiogeografia e evolução dos pelecípodas neopaleozóicos da América do Sul**. *Boletim IG-USP. Série Científica*, São Paulo, v. 12, p. 115-116, 1992.
- SIMÕES, M.G.; ROCHA-CAMPOS, A.C. **Paleoecologia dos bivalves neopaleozóicos da Bacia do Paraná, Brasil**. *Boletim IG-USP. Série Científica*, São Paulo, p. 130-131, 1990.
- STREEL, M., 1986. **Miospore contribution to the upper Famennian-Strunian event stratigraphy**. *Ann. Soc. G6ol. Belg.*, 109, 75-92.
- SUN, H.; ZHAO, F.; STEINER, M.; LI, G.; NA, L.; PAN, B.; YIN, Z.; ZENG, H.; VAN ITEN, H.; ZHU, M. **Skeletal faunas of the lower Cambrian Yu'an-shan Formation, eastern Yunnan, China: Metazoan diversity and community structure during the Cambrian Age 3**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Elsevier, 2020. doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109580
- TORSVIK, T. H., 2013. **Gondwana from top to base in space and time**. *Gondwana Research*, 24(3-4), 999-1030.
- VAZ P. T, REZENDE N. G. A. M, WANDERLEY FILHO J. R. 2007. **A Bacia do Parnaíba**, *Boletim de Geociências da Petrobras*, v.15, n.2, pp. 253-263.

- ZABINI, C., 2007. **Lingulídeos da Sucessão Devoniana da Bacia do Paraná, região dos Campos Gerais, Brasil: revisão de conceitos biológicos-ecológicos e análise tafonômica básica**. MSc dissertation, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 130 pp.
- ZABINI, C., BOSETTI, E.P., HOLZ, M., 2010. **Taphonomy and taphofacies analysis of lingulide Braquiópodes from Devonian sequences of the Paraná Basin, Brazil**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 292, 44–56.
- ZABINI, C.; BOSETTI, E.P.; HORODYSKI, R.S. & MATSUMURA, W.M.K. 2007. **Lingulídeos: revisão dos conceitos morfo-anatômicos, fisiológicos, reprodutivos, paleo-ecológicos e a importância do grupo no Devoniano da região dos Campos Gerais do Paraná, Brasil**. *Terr@Plural*, 1:115–122.
- ZABINI, C.; COMNISKEY, J.C. & BOSETTI, E.P. 2013. **John Mason Clarke e os lingulídeos e discinídeos dos estratos devonianos da Bacia do Paraná, estado do Paraná, Brasil: estado da arte**. *Terr@ Plural*, 7:43–58. doi:10.5212/TerraPlural.v.7iEspecial.0004
- ZABINI, C.; HOLZ, M.; BOSETTI, E.P.; MATSUMURA, W.M.K. & Horodyski, R.S. 2012. **Sequence stratigraphy and taphonomic signatures of marine invertebrates: a Devonian (Pragian/Eifelian) example of the Paraná Basin**. *Journal of South American Earth Sciences*, 33:8–20. doi: 10.1016/j.jsames.2011.08.001
- ZABINI, C.; ANELLI, L.E.; LEME, J.M., 2017. **First occurrence of a lingulide (Braquiópodea: Lingulidae) at Piauí Formation (Upper Carboniferous), Parnaíba Basin, Brazil**. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 19, p. 527-530.
- ZUSCHIN M., STACHOWITSCH M., STANTON JR. R.J. 2003. **Patterns and processes of shell fragmentation in modern and ancient marine environments**. *Earth-Science Reviews*, 63:33-82.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Tabela de descrição da biofábrica das amostras coletadas em campo, considerando os aspectos taxonômicos, empacotamento, geometria, estrutura interna, orientação dos componentes bioclásticos e agrupamentos formados pelos bioclastos.

Afloramento	Amostra	Composição taxonômica	Empacotamento	Geometria da camada	Estrutura interna	Espécies fósseis	Orientação preferencial		Aninhamento fossilífero	Distribuição dos Bioclastos na matriz	Informação adicional
							secção	Plano			
P1	CP3/586	Politépico	Grão suportado	Camada tabular	Complexo	Bivalves; gastrópodes	Oblíquo	Randomizado	Oblíquo imbrication /edgewise	Disperso	Cristais de dolomita (20-30mm) Os Bioclastos aparecem após 6 cm de cima para baixo
	CP3/587	Politépico	Grão suportado	Camada tabular	Complexo	Bivalves; gastrópodes	Oblíquo/concordante	Randomizado	Oblíquo imbrication	Disperso/denso	Ausência de Bioclastos no topo, aparecendo em torno de 7-10cm e aumentando no fundo do bloco. Cristais de dolomita (>30mm)
	CP3/588	Politépico	Grão suportado	Camada tabular	Complexo	Espiriferídeos (N. dresseri); bivalves (E. trichotomus; W. terminalis); Gastrópodes (B. amazonicus; Strobeus sp.; Straparolus batistai)		Randomizado	Oblíquo imbrication/ nesting	Disperso/denso	Cristais de dolomita (10-25mm), e moldes preenchidos por dolomita e calcita. Os Bioclastos aparecem após 6 cm de cima para baixo
	CP3/589	Politépico	Grão suportado	Camada tabular	Complexo	Gastrópodes (B. amazonicus; Strobeus sp.; Straparolus batistai); bivalves (Schizodus sp.; O. piuiensis)	Oblíquo/perpendicular		Oblíquo imbrication/ nesting	Disperso	Os Bioclastos aparecem após 6 cm de cima para baixo
	CP3/590	Politépico	Grão suportado	Camada tabular	Complexo	Bivalves; gastrópodes	Oblíquo	Randomizado	Oblíquo imbrication/ nesting	Disperso/denso	Os Bioclastos aparecem

	CP3/591	Politépico	Grão suportado	Camada tabular	Complexo	Bivalves; gastrópodes	Oblíquo/perpendicular	Randomizado	Oblíquo imbrication	Disperso/abundantes Bioclastos	após 6 cm de cima para baixo Contato entre calcário e arenito, um contato erosivo, o arenito é inferior ao calcário. O contato apresenta estrutura de bioturbação, misturando areia e carbonato.
P3	CP3/592	Politépico	Matriz suportada	Camada tabular	Complexo	Braquiópodes (Productídea, Discinidae)	Concordante	Randomizado	Pavimentos	Poucos e dispersos	As válvulas apresentam sinais de abrasão e compactação
	CP3/593	-----	Matriz suportada	Camada tabular	Complexo	-----	-----	-----	-----	Poucos/vagos	Nódulos/filmes de ferro
	CP3/594	Politépico	Matriz suportada	Camada tabular	Complexo	Braquiópodes, bivalves and gastrópodes	Concordante	Randomizado	Pavimentos	Poucos/vagos	As válvulas apresentam sinais de abrasão e compactação. Também é possível ver crostas de calcita
P4	CP3/595	Monotípico	Matriz suportada	Camada tabular	Simple	Braquiópodes fragmentos	Concordante	-----	Disperso	Poucos/vagos	-----
	CP3/596	Monotípico	Matriz suportada	Camada tabular	Simple	Braquiópodes fragmentos	Concordante	-----	Disperso	Poucos/vagos	
	CP3/597	Politépico?	Matriz suportada	Camada tabular	Simple	Braquiópodes fragmentos	Oblíquo/ concordante	-----	-----	Poucos/vagos	Apresenta nódulos/filmes de ferro. Laminações incipientes, como flasers (lama

										carbonática ?).
CP3/598	Monotípico	Matriz suportada	Camada tabular	Simple	Braquiopodes fragmentos	Obliquo/ concordante	-----	-----	Poucos/vagos	----- ----
CP3/599	Monotípico	Matriz suportada	Camada tabular	Simple	Braquiopodes fragmentos	-----	-----	-----	Poucos/vagos	----- ----

APÊNDICE B – Percentagem dos tipos esqueléticos dos componentes bioclásticos analisados de cada depósito.

Tipo esquelético	P1	P2	P3	P4
A. Unidade simples				
A1. Massivo	0%	0%	0%	0%
A2. Encrustante	0%	0%	0%	0%
A3. Ramoso robusto	2%	≤1%	0%	0%
A4. Concha univalve	40%	3,20%	4,25%	0%
B. Unidades múltiplas				
B1. Concha bivalve	58%	96,80%	85,10%	100%
B2. Multi-elementos	0%	0%	0%	0%

APÊNDICE C – Revisão das espécies descritas e reportadas para a Formação Piauí considerando o tipo esquelético, hábito de vida e composição total de espécimes reportados na literatura.

Taxa	Tipo esquelético*	Hábito de vida	Composição total	Referências
MOLUSCOS				
Bivalves				
<i>Nuculavus levatiformis</i>	Concha bivalve	Alimentador de depósito infaunal raso	14	Anelli et al., 2002
<i>Polidevcia bellistriata</i>	Concha bivalve	Alimentador de depósito infaunal raso	30	Anelli et al., 2002
<i>Solemya (Janeia) radiata</i>	Concha bivalve	Alimentador de depósito infaunal raso	12	Anelli et al., 2002
? <i>Parallelodon</i> sp.	Concha bivalve	Alimentador de suspensão Epibissado	1	Anelli et al., 2006
<i>Aviculopinna peracuta</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão de endobissato	33	Anelli et al., 2006
<i>Meekopinna americana</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão de endobissato	5	Anelli et al., 2006
<i>Leptodesma (Leptodesma) potens</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão Epibissado	15	Anelli et al., 2006
<i>Leptodesma (Leiopteria) matheri</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão Epibissado	9	Anelli et al., 2006
<i>Caneyella</i> sp.	Concha bivalve	Alimentador de suspensão Epibissado	7	Anelli et al., 2006
<i>Etheripecten trichotomus</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão Epibissado	24	Anelli et al., 2006
<i>Aviculopecten</i> sp.	Concha bivalve	Alimentador de suspensão Epibissado	4	Anelli et al., 2006
? <i>Myalina (Myalinella)</i> sp.	Concha bivalve	Alimentador de suspensão Epibissado	1	Anelli et al., 2006
<i>Septimyalina peratenuata</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão Epibissado	15	Anelli et al., 2006

<i>Pindorama nordestina</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal cimentado	63	Anelli et al., 2006
? <i>Pleurophorella sp.</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão de endobissato	2	Anelli et al., 2009
<i>Pleurophorella parnaibensis</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão de endobissato	26	Anelli et al., 2009
<i>Schizodus alpinus</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal raso	17	Anelli et al., 2009
<i>Schizodus wyominguensis</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal raso	20	Anelli et al., 2009
<i>Schizodus acuminatus</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal raso	11	Anelli et al., 2009
<i>Chaenomia caatinguensis</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal profunda	26	Anelli et al., 2009
<i>Astartella concentrica</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal raso	4	Anelli et al., 2009
<i>Astartella subquadrata</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal raso	17	Anelli et al., 2009
<i>Wilkingia terminalis</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal profunda	34	Anelli et al., 2009
<i>Exochorhynchus barringtoni</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal profunda	2	Anelli et al., 2009
<i>Sanguinolites sp 1</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal profunda	3	Anelli et al., 2009
<i>Sanguinolites sp 2 Gen. et esp. indet. 1</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal profunda	4	Anelli et al., 2009
<i>Carnauba oiticica</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal profunda	4	Anelli et al., 2009
<i>Anomalodesmata</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal profunda	3	Anelli, 1999
<i>Oriocrassatella piauiensis</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal raso	14	Anelli et al., 2012

Gastrópodes

<i>Bellerophon (Pharkidonotus) sp 2.</i>	Concha univalve	Herbívoro da epifauna Alimentador de depósitos	95	Ponciano et al., 2007
<i>Euphemites sp.</i>	Concha univalve	infaunais	1	Harper; Rollins, 1985
<i>Straparolus (Euomphalus) sp.</i>	Concha univalve	Não reportado na literatura	31	Não reportado na literatura
<i>Euconospira sp.</i>	Concha univalve	Não reportado na literatura	4	Não reportado na literatura
<i>Stegocoelia (Goniasma) sp.</i>	Concha univalve	Não reportado na literatura	21	Não reportado na literatura
? <i>Gyrtispira sp.</i>	Concha univalve	Semi-infauna Alimentador de depósitos da epifauna	1	Nützel; Erwin; Mape, 2000
<i>Strobeus sp.</i>	Concha univalve		3	Schiendel; Yochelson, 1979
Cefalópodes				
<i>Orthoceras sp.</i>	Concha univalve	Carnívoro nectônico	18	Anelli, 1999
BRAQUIÓPODES				
<i>Orbiculoidea</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão pendular	229	Nunes, 2003
? <i>Lingularia sp.</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão infaunal raso	5	Nunes, 2003; Zabini et al., 2016
cf. <i>Brasilioproductus sp.</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal de vida livre	2	Nunes, 2003
<i>Buxtonia sp.</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal de vida livre	172	Brenchley; Harper, 1998
<i>Linoproductus sp.</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal de vida livre	1.064	Nunes, 2003
<i>Neospirifer sp.</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal de vida livre	56	Brenchley; Harper, 1998
cf. <i>Crurithyris sp.</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal de vida livre	190	Brenchley; Harper, 1998
<i>Schuchertellidae</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal de vida livre	19	Nunes, 2003
<i>Schelwienella</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal de vida livre	1	Nunes, 2003
<i>Eomarginifera sp.</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal de vida livre	1	Nunes, 2003

<i>cf. Marginifera sp.</i>	Concha bivalve	Alimentador de suspensão epifaunal de vida livre	1	Nunes, 2003
BRIOZOÁRIOS				
? <i>Phylloporidinae</i>	ramoso frágil	Alimentador de suspensão epifaunal cimentado	15	Anelli, 1999

*Os tipos esqueléticos descritos na tabela de revisão são baseados na classificação de Brett & Baird (1986) quanto à susceptibilidade aos vários processos bioestratinômicos que os esqueletos de invertebrados fósseis podem sofrer.

**A classificação dos hábitos de vida é baseado na classificação de Aberhan (1994), quanto ao tipo de fixação/movimentação do organismo e seu modo de alimentação, tendo sido proposto para organismos bentônicos de comunidades fósseis (*e.g.* moluscos e braquiópodes), contudo informações complementares sobre os hábitos de vida de determinadas espécies podem ser encontradas nas referências da última coluna da tabela.

APÊNDICE D – Tabela de dados da coleta tafonômica realizada para obter os resultados da presente dissertação.

Disponível *online* em:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1f3e1VY_ScdnnoGqdHPHliSr8AAIpeXnm/edit?usp=sharing&ouid=109738432657732123663&rtpof=true&sd=true

	Amostra	Bioclasto	Ponto	Orientaç ão	Articulaç ão	Valv as	Fragmentaço o	Compriment o	Altura	Largura	Mo lde	Preenchim ento	Con vex
1	CP3/586	Gastrópode	P1	0			1	5,2	0	0	0	0	2
2	CP3/586	Bivalve	P1	0	0		1	6,4	0,9	0	1	0	1
3	CP3/586	Bivalve	P1	1	3	2	1	3,6	0	0	0	2	2
4	CP3/586	Gastrópode	P1	0			1	5,4	0	0	0	0	2
5	CP3/586	Bivalve	P1	0	3	2	1	5,3	0	0	0	1	2
6	CP3/588	Gastrópode	P1	0			1	5,4	0	0	1	0	2
7	CP3/588	Gastrópode	P1	0			1	0	0	0	1	0	2
8	CP3/588	Bivalve	P1	2	3	2	1	0	0	0	1	1	1
9	CP3/588	Gastrópode	P1	0			1	0	0	0	1	2	2
10	CP3/588	Espiriferídeo	P1	1	1		1	25	0	45	1	0	1
11	CP3/588	Bivalve	P1	1	3	2	0	1,6	0	0	0	1	1
12	CP3/588	Bivalve	P1	1	3	2	0	1	0	0	0	2	0
13	CP3/588	Gastrópode	P1	0			1	2,9	0	0	1	1	0
14	CP3/588	Bivalve	P1	1	3	2	0	0	8,6	5,9	1	2	1
15	CP3/588	Gastrópode	P1	0			0	0	0	0	1	0	1
16	CP3/588	Gastrópode	P1	2			0	0	0	1,1	0	1	0
17	CP3/588	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	1	0	1
18	CP3/588	Bivalve	P1	0	3	2	1	0	0	0	0	1	1
19	CP3/588	Gastrópode	P1	1			1	9,9	0	11,7	1	0	2
20	CP3/588	Gastrópode	P1	1			1	6,3	0	0	1	2	2

21	CP3/588	Bivalve	P1	0	3	1	1	0	0	11,8	0	0	2
22	CP3/588	Gastrópode	P1	1			1	24,5	0	14,8	1	0	2
23	CP3/588	Gastrópode	P1	0			1	9	0	3,1	0	2	2
24	CP3/588	Gastrópode	P1	2			1	5,4	0	0	1	1	1
25	CP3/588	Gastrópode	P1	2			1	0	0	0	1	1	2
26	CP3/588	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	0	0	2
27	CP3/588	Bivalve	P1	1	3	1	1	0	0	0	1	2	0
28	CP3/588	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	0	0	2
29	CP3/588	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	1	0	0
30	CP3/588	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	1	1	2
31	CP3/588	Wilkingia terminalis	P1	1	1		1	87	0	32	1	0	2
32	CP3/588	Wilkingia terminalis	P1	1	1		0	85,7	0	27,8	1	0	2
33	CP3/588	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	1	0	0
34	CP3/588	Gastrópode	P1	0			1	0	0	0	1	0	0
35	CP3/588	Gastrópode	P1	2			1	0	0	0	1	0	1
36	CP3/588	Bivalve	P1	0	3	3	1	0	0	0	1	0	0
37	CP3/588	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	1	0	1
38	CP3/588	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	0	0	2
39	CP3/588	Gastrópode	P1	0			1	0	0	0	1	0	0
40	CP3/589	Gastrópode	P1	0			1	0	0	5,1	1	0	
41	CP3/589	Gastrópode	P1	0			1	0	0	2,9	1	0	
42	CP3/589	Gastrópode	P1	0			1	0	0	2,6	0	0	
43	CP3/589	Gastrópode	P1	0			1	0	0	2	0	2	
44	CP3/589	Bivalve	P1	0	3	3	1	0	0	6,7	1	2	1
45	CP3/589	Bivalve	P1	2	3	0	1	3,4	0	0	0	1	0
46	CP3/589	Bivalve	P1	1	0		1	3,3	0	0	0	2	1

47	CP3/589	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	1	1	0
48	CP3/589	Gastrópode	P1	1			1	13,7	0	9,6	1	1	
49	CP3/589	Gastrópode	P1	1			0	22,8	0	17,1	0	1	
50	CP3/589	Bivalve	P1	1	3	1	1	6,7	0	5	0	1	0
51	CP3/589	Bivalve	P1	1	3	2	1	10,5	0	8	0	1	0
52	CP3/589	Bivalve	P1	1	3	0	0	0	0	0	1	0	1
53	CP3/589	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	1	0	
54	CP3/589	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	0	0	
55	CP3/589	Gastrópode	P1	1			0	0	0	0	0	1	
56	CP3/589	Gastrópode	P1	0			1	0	0	0	1	2	
57	CP3/589	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	1	1	
58	CP3/589	Gastrópode	P1	1			0	0	0	0	1	1	
59	CP3/589	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	1		0
60	CP3/589	Bivalve	P1	2	3	2	1	0	0	0	1		1
61	CP3/589	Bivalve	P1	0	3	2	1	0	0	0	0		1
62	CP3/589	Bivalve	P1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	1
63	CP3/589	Bivalve	P1	2	3	0	1	0	0	0	0		1
64	CP3/589	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	0		0
65	CP3/589	Bivalve	P1	0	3	0	1	0	0	0	0	1	1
66	CP3/589	Bivalve	P1	2	3	2	0	7,4	0	0	0	1	1
67	CP3/590	Bivalve	P1	1	3	2	1	7,5	0	2,4	1	1	0
68	CP3/590	Bivalve	P1	1	1		1	9,6	0	9	0		0
69	CP3/590	Bivalve	P1	2	3	1	1	6	0	4,1	1		0
70	CP3/590	Gastrópode	P1	0		0	1	0	0	0	0	0	
71	CP3/590	Bivalve	P1	1	3	0	1	0	0	0	0		0
72	CP3/590	Bivalve	P1	2	3		1	0	0	0	0		0
73	CP3/590	Gastrópode	P1				1	0	0	0	0	1	
74	CP3/590	Gastrópode	P1	2			1	0	0	0	1	1	

75	CP3/590	Bivalve	P1	0	3	2	1	0	0	0	0	1	0
76	CP3/590	Bivalve	P1	0	3	2	1	0	0	0	0		0
77	CP3/590	Bivalve	P1	1	3	0	1	0	0	0	1	0	1
78	CP3/590	Bivalve	P1	2	3	1	1	0	0	0	1		0
79	CP3/590	Bivalve	P1		3	2	1	0	0	0	1	1	
80	CP3/590	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	1	1	
81	CP3/590	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	1	1	0
82	CP3/590	Gastropode	P1	1			1	0	0	0	0		
83	CP3/590	Gastropode	P1	1			1	0	0	0	0		
84	CP3/590	Gastropode	P1	1			1	4,7	0	2,3	0	0	
85	CP3/590	Gastropode	P1	1			1	2,7	0	1,6	1	1	
86	CP3/590	Gastropode	P1	1			1	4,2	0	2,5	1		
87	CP3/590	Gastropode	P1	1			1	3,8	0	2	0		
88	CP3/590	Gastropode	P1	1			1	13,2	0	3,9	0	0	
89	CP3/590	Bivalve	P1	2	3	0	1	8,5	0	7,8	1	0	0
90	CP3/590	Bivalve	P1	2	3	3		7	0	10,4	1	0	0
91	CP3/590	Bivalve	P1	0	0		1	9,5	0	7,7	1	0	1
92	CP3/590	Bivalve	P1	0	3	3	1	5	0	6,3	1	0	1
93	CP3/590	Bivalve	P1	0	3	3		9,9	0	18,1	1	0	1
94	CP3/590	Gastropode	P1	0			1	7,6	0	9,4	1	0	
95	CP3/590	Gastropode	P1	0			1	14,3	0	12,6	0	0	
96	CP3/590	Gastropode	P1	2			1	8,7	0	3,2	0	0	
97	CP3/590	Bivalve	P1	2	3	1		12,2	0	0	0	0	0
98	CP3/590	Bivalve	P1	0	3	0	1	9,5	0	7,8	0	0	1
99	CP3/590	Bivalve	P1	1	3	1	1	17,2	0	24,8	1	0	0
100	CP3/590	Gastropode	P1	1				0	0	0	0	0	

10 1	CP3/590	Bivalve	P1	1	3	3	1	0	0	0	1	0	1
10 2	CP3/590	Bivalve	P1	2	3	3	1	0	0	0	0	0	0
10 3	CP3/591	Gastrópode	P1	0			1	0	0	0	1	0	0
10 4	CP3/591	Bivalve	P1	0	3	3	1	17,1	0	8,7	0	0	
10 5	CP3/591	Gastrópode	P1	0			1	9,6	0	0	1	0	1
10 6	CP3/591	Bivalve	P1	0		3	1	6	0	4,7	0	0	0
10 7	CP3/591	Bivalve	P1	0	3	3	1	9,8	0	0	1	0	
10 8	CP3/591	Gastrópode	P1	0			1	6,9	0	0	0	0	
10 9	CP3/591	Braquiópode	P1	2	3	3	1	7	0	0	1	0	1
11 0	CP3/591	Gastrópode	P1	1			1	0	0	0	1	0	0
11 1	CP3/591	Gastrópode	P1	1			1	4,2	0	2,6	1	0	0
11 2	CP3/591	Bivalve	P1	0		3	1	3,6	0	2,1	1	0	1
11 3	CP3/591	Bivalve	P1	1		3	1	8,7	0	5,6	1	0	0
11 4	CP3/591	Bivalve	P1	1	3	1	1	6,2	0	0	1	0	0
11 5	CP3/591	Bivalve	P1	1	3	3	1	0	0	0	0	0	0
11 6	CP3/591	Briozoário	P1	2	3		1				1	0	

11 7	CP3/591	Briozoário	P1	2	3		1				1	0	
11 8	CP3/591	Briozoário	P1	2	3		1				1	0	
11 9	CP3/591	Bivalve	P1	1	3		1	0	0	0	0	0	0
12 0	CP3/591	Bivalve	P1	1	3	3	1	0	0	0	1	1	0
12 1	CP3/591	Bivalve	P1	1	3	3	1	0	0	0	1	0	1
12 2	CP3/591	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0
12 3	CP3/591	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	1	1	1
12 4	CP3/591	Braquiópode	P1	0	3	0	1	0	0	0	1	1	
12 5	CP3/591	Braquiópode	P1	0	3	2	1	0	0	0	1	0	1
12 6	CP3/591	Bivalve	P1	1	2	3	0	6,5	0	0	1	0	1
12 7	CP3/591	Bivalve	P1	1	1		0	2,6	0	0	1	0	1
12 8	CP3/591	Bivalve	P1	1	1		0	0	0	0	0	0	1
12 9	CP3/591	Bivalve	P1	1	3	2	0	0	0	0	1	0	0
13 0	CP3/591	Bivalve	P1	2	3	2	0	0	0	0	1	0	1
13 1	CP3/591	Bivalve	P1	0	3	2	1	0	0	0	1	1	1
13 2	CP3/591	Bivalve	P1	2	3	2	1	0	0	0	0	1	1

13 3	CP3/591	Gastrópode	P1	2			1	0	0	0	1	2	
13 4	CP3/591	Bivalve	P1	2		2	1	0	0	0	0	0	1
13 5	CP3/591	Bivalve	P1	2	3	2	1	0	0	0	0	0	1
13 6	CP3/591	Bivalve	P1	2	3	2	1	0	0	0	0	1	1
13 7	CP3/591	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0
13 8	CP3/591	Gastrópode	P1	0			1	0	0	0	0	0	
13 9	CP3/591	Bivalve	P1	1	3	2	1	0	0	0	0	1	1
14 0	CP3/591	Gastrópode	P1	0			1	0	0	0	1	1	
14 1	CP3/594	Gastrópode	P3	0			1	5,6	0	4,5	1		
14 2	CP3/594	Bivalve	P3	0	3	1	1	3		2,5	1		1
14 3	CP3/594	Bioclasto	P3	0	3	2	0	3,2	0	0	1		1
14 4	CP3/594	Bioclasto	P3	1	3	2	1	1,1	0	0	1		1
14 5	CP3/594	Bioclasto	P3	0	3	2	0	2	0	0	1		1
14 6	CP3/594	Bioclasto	P3	0	3	2	0	2,3	0	0	1		1
14 7	CP3/594	Bioclasto	P3	1	3	2	0	1,7	0	0	1		
14 8	CP3/594	Aviculopinna	P3	2	1	3	0						

14 9	CP3/594	Braquiópode	P3	2	3	0	0	1,2	0	0	1	0	1
15 0	CP3/594	Braquiópode	P3	2	3	0	0	2,7	0	0	1	0	0
15 1	CP3/594	Braquiópode	P3	2	3	0	1	1	0	0	1	0	1
15 2	CP3/594	Braquiópode	P3	2	3	1	0				1	0	0
15 3	CP3/592	Orbiculoidea	P3	2	3	0	0	10	0	0	1	0	0
15 4	CP3/592	Gastrópode	P3	2			0	8			1	0	
15 5	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3	0	0				1	0	0
15 6	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3	1	0	5,3		2,2	1	0	0
15 7	CP3/592	Braquiópode	P3	2	1	1	1				1		0
15 8	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3	0	1	1,9	0	1,1	1	0	0
15 9	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3	1	1	6	0	1	1	0	0
16 0	CP3/592	Braquiópode	P3	2	1	1	1	4	0	2	1	0	0
16 1	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3	0	1	4,5	0	1,7	1	0	0
16 2	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3		0				1	0	0
16 3	CP3/592	Braquiópode	P3	1	3		0	5	0	0	1	0	1
16 4	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3		0	3,2	0	0	1	0	1

16 5	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3		0	1,5	0	0	1	0	0
16 6	CP3/592	Braquiópode	P3	2				7	0	0	1	0	0
16 7	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3			10,1	0	0	1	0	0
16 8	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3			11	0	0	1	0	0
16 9	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3			7	0	0	1	0	1
17 0	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3			2,6	0	0	1	0	0
17 1	CP3/596	Orbiculoidea	P4	2	3	0	1	3,2	0	0	1	0	
17 2	CP3/596	Bioclasto	P4	1	3			2	0	0	1	0	0
17 3	CP3/596	Bioclasto	P4	0	3			1,4	0	0			0
17 4	CP3/596	Bioclasto	P4	1	3			1,1	0	0			0
17 5	CP3/596	Bioclasto	P4	0	3			0,8	0	0			0
17 6	CP3/596	Bioclasto	P4	1	3			1	0	0			0
17 7	CP3/597	Braquiópode	P4	2	3	0	1	3,2	0	2	1	0	1
17 8	CP3/597	Bioclasto	P4	1	3			0,7	0	0	1	0	0
17 9	CP3/597	Bioclasto	P4	1	3			0,5	0	0	1	0	1
18 0	CP3/595	Orbiculoidea	P4	2	3	0	1	3,2	0	0	1	0	

18 1	CP3/595	Orbiculoidea	P4	2	3	0	0	7,1	0	0	1	0	
18 2	CP3/592	Braquiópode	P3	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0
18 3	CP3/592	Braquiópode	P3	2	3	0	1	0	0	0	1	0	1
18 4	CP3/592	Braquiópode	P3	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0
18 5	CP3/592	Braquiópode	P3	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0
18 6	CP3/592	Braquiópode	P3	2	1	0	0	20,1	0	15	1	0	0
18 7	CP3/592	Bivalve	P3	2	1	1	0	14,5	0	15,1	1	0	0
18 8	CP3/592	Braquiópode	P3	2	1	0	0	7,3	0	7,4	1	0	0
18 9	CP3/592	Braquiópode	P3		1	0	0	13,3	0	19,5	1	0	
19 0	CP3/592	Braquiópode	P3	2	1	0	1	12,4	0	9,9	1	0	0
19 1	CP3/592	Linoproductus	P3	2	1	0	0	22,3	0	21,4	1	0	0
19 2	CP3/592	Linoproductus	P3	2	1	0	0	18,9	0	20,9	1	0	1
19 3	CP3/592	Espiriferídeo	P3	2	1	0	0	23,8	0	45	1	0	1
19 4	CP3/647	Orbiculoidea	P3	2	1	0	0	0	0	0	1	0	
19 5	CP3/648	Orbiculoidea	P3	2	1	0	0	10,6	0	12,4	1	0	1
19 6	CP3/649	Orbiculoidea	P3	2	1	0	0	8,5	0	8	1	0	1

19 7	CP3/650	Orbiculoidea	P3	2	1	0	0	10,7	0	12	1	0	
19 8	CP3/657	Orbiculoidea	P3	2	1	0	0	0	0	0	1	0	1
19 9	CP3/651	Productídeo	P2	2	3	1	0	51,4	20,7	38,8	1	0	1
20 0	CP3/662	Linoproductus	P2	2	3	1	0	54,8	26,3	58,3	1	0	1
20 1	CP3/652	Productídeo	P2	2	3	0	0	18,3	9,7	16,4	1	0	1
20 2	CP3/658	Braquiópode	P2				0	0	0	0	1	0	0
20 3	CP3/658 9	Braquiópode	P2	2	3	1	0	0	0	0	1	0	1
20 4	CP3/658	Braquiópode	P2	2	3	0	0	10,4	0	14,4	1	0	1
20 5	CP3/653	Buxtonia?	P2	2	3		0	44,2	14,9	52	1	0	1
20 6	CP3/673	Braquiópode	P2	2	3	0	0	8,2	0	10,7	1	0	0
20 7	CP3/674	Braquiópode	P2	2	3	0	0	15	0	13,1	1	0	1
20 8	CP3/675	Productídeo	P2	2	3		0	0	0	0	1	0	1
20 9	CP3/712	Linoproductus	P2	2	3		0	24,6	5,3	33,8	1	0	0
21 0	CP3/676	Braquiópode	P2	2	3		0	9,3	0	9,8	1	0	0
21 1	CP3/677	Braquiópode	P2	2			0	0	0	0	1	0	0
21 2	CP3/678	Cefalópode	P2	2	3		0	0	0	0	1	0	0

21 3	CP3/679	Braquiópode	P2	2	3	0	1	0	0,35	1	0	0
21 4	CP3/680	Braquiópode	P2	2	3	0	5,1	0	7,1	1	0	1
21 5	CP3/713	Aviculopinna	P2	2	3	0	0	0	0	1	0	0
21 6	CP3/681	Braquiópode	P2				0	0	0	1	0	0
21 7	CP3/712	Bivalve	P2	2	3	0	0	0	0	1	0	0
21 8	CP3/682	Braquiópode	P2	2		0	1,6	0	0,73	1	0	1
21 9	CP3/683	Braquiópode	P2	2	3	0	50,7	0	25,8	1	0	0
22 0	CP3/684	Productídeo	P2	2	3	0	0,4	0	0,45	1	0	1
22 1	CP3/687	Productídeo	P2	2	3	1	0	0	0	1	0	1
22 2	CP3/685	Braquiópode	P2	2	3	1	11,6	0	13,7	1	0	1
22 3	CP3/686	Braquiópode	P2		3	1	12,6	0	13,9	1	0	0
22 4	CP3/688	Productídeo	P2			1	0	0	0	1	0	1
22 5	CP3/689	Braquiópode	P2	2		0	0	0	0	1	0	0
22 6	CP3/690	Braquiópode	P2	2		0	0	0	0	1	0	1
22 7	CP3/691	Braquiópode	P2	2	1	1	0	0	0	1	0	
22 8	CP3/692	Braquiópode	P2	2	1	0	8,8	0	10,1	1	0	

22 9	CP3/693	Braquiópode	P2	2	1	12,2	0	13,7	1	0
---------	---------	-------------	----	---	---	------	---	------	---	---

* Os dados entre 182-229 são referentes às coletas de dados baseados em *grid* para aqueles depósitos com fósseis distribuídos em pavimentos.

APÊNDICE E – Resumo apresentado e publicado nos Anais do Congresso Brasileiro de Geologia de 2020 e certificado de apresentação.

ANNAIS
50° CBGG - Vol. 2

50° Congresso Brasileiro de Geologia

**Geologia e Sociedade:
Construindo pontes para um
planeta sustentável**

**50° CONGRESSO
BRASILEIRO DE
GEOLOGIA**

Editoras
Paola Barbosa
Julia B. Curto Ma
Catarina Toledo

28 a 30 junho
de 2021
Brasília - DF

ISBN: 978-65-992688-3-0

9 786599 268830

Núcleo Brasília

ANÁLISE DA DENSIDADE FOSSILÍFERA DE CARBONATOS DA BACIA DO PARNAÍBA DURANTE O CARBONÍFERO

NASCIMENTO, J.G.S.^{1,2,3}; RIBEIRO, G. A. L.^{1,2}; CARDOSO, A. R.^{1,4}; ZABINI, C.^{1,2,3}

¹Instituto de Geociências (UNICAMP); ²Laboratório de Paleohidrogeologia;

³Programa de Pós-Graduação em Geociências-IGe/UNICAMP.

RESUMO: A Formação Piauí (Bacia do Parnaíba) apresenta uma sucessão de carbonatos altamente fossilíferos, representando estágios de transgressão marinha durante o Carbonífero Superior. A incursão marinha ligada a variações eustáticas levou ao desenvolvimento de um mar epírico, aqui denominado de Quéchua, que se estendeu por toda a porção Norte da Plataforma Sul-americana. Estudos comparativos que busquem explorar a variação bioclástica entre os depósitos são ainda pouco abordados e necessitam de maior clareza, principalmente ao classificar o conteúdo bioclástico dos depósitos carboníferos da Bacia do Parnaíba. Neste contexto, este trabalho quantificou a densidade fossilífera e as assinaturas tafonômicas de dois afloramentos (P2 e P3) em níveis superpostos estratigraficamente no P3 (G1 e G2) e o nível superior do P2 (G3). Para isso, utilizou-se o método de *point-counter*, associado à análise tafonômica dos bioclastos. O método de *point-counter* consiste é realizada com o uso de uma placa transparente totalizando uma área de 30cm², com 256 pontos de amostragem. Os bioclastos compõem uma associação politípica/poliespecífica organizados em rochas tabulares, matriz-suportadas e internamente complexas. O conteúdo bioclástico exibe orientação concordante (90%) em relação ao plano de acamamento nas três *grids* (G1, G2 e G3) realizadas. A orientação azimutal das conchas é randômica. Conchas com convexidade para baixo ocorrem em 25% (G1), 100% (G2) e 80% (G3) dos bioclastos. Bioclastos fragmentados representam 16,7% (G1), 14,8% (G3) e 0% (G2). Desarticulação ocorre em todos os bioclastos da G2 e G3; enquanto na G1 50% dos bioclastos estavam articulados e fechados, e 50% desarticulados. As classes de tamanho variam entre 7,3mm a 23,8mm, 8,5mm a 10,7mm, 1,0mm a 54,8mm nas G1, G2 e G3, respectivamente. A distribuição espacial dos componentes bioclásticos é característico para cada *grid* realizada, tal que a G1 apresenta densidade bioclástica média de 5.07% do total de área amostrada, enquanto que a G2 exibe densidade baixa (1.97%) na área amostrada e a G3 apresenta alta densidade (12.5%), e ainda é marcada por bioclastos distribuídos em diferentes porções da *grid*. A organização espacial dos bioclastos indica que a densidade dos depósitos fossilíferos está atrelada principalmente a correntes de energia variável, como evidenciado pelo alto grau de desarticulação, fragmentação e convexidade das conchas em posição hidrodinâmica estável. A densidade fossilífera é menor na G2 (1.97%), aumentando expressivamente no nível acima G1 (5.07%), e sendo maior na G3 (12.5%). A G3 exibe distribuição espacial bem equilibrada dos elementos de partes duras da concentração, baixa seleção de classes biométricas, além de diversidade de taxa mais altas que as *grids* anteriores. A densidade fossilífera dos carbonatos bioclásticos analisados está relacionada a ambientes predominantemente calmos, acima do nível de base de ondas de tempestades. A orientação azimutal e as assinaturas tafonômicas indicam que os bioclastos passaram por reorientação constituindo um ambiente parautóctone e a uma uma biofábrica internamente complexa nas camadas analisadas. Esta distribuição foi controlada por processos deposicionais de baixa energia associados à resistência bioclástica e caracterizam níveis distintos de acumulação fossilífera entre os depósitos.

[CAPES 88887.339843/2019-00; FAPESP 2017/10956-5]

PALAVRAS-CHAVE: Carbonífero; Gondwana Oeste; Mar epicontinental; Formação Piauí.



Certificado

Certificamos que o trabalho

ANÁLISE DA DENSIDADE FOSSILÍFERA DE CARBONATOS DA BACIA DO PARNAÍBA DURANTE O CARBONÍFERO

dos autores Jairo Gabriel da Silva Nascimento , Guilherme Antônio Moreira Lana Ribeiro , Carolina Zabini foi apresentado no formato Poster pelo apresentador Jairo Gabriel da Silva Nascimento durante o 50º Congresso Brasileiro de Geologia, realizado em formato virtual de 28 a 30 de junho de 2021.

Brasília, 30 de junho de 2021.

Catarina Toledo

Catarina Toledo (UnB)
Coordenação Geral

Julia B. Curto Ma

Julia B. Curto Ma (UnB)
Coordenação Geral

Paola Barbosa

Paola Barbosa (UnB)
Coordenação Geral