

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE GEOLOGIA

HENRIQUE BAVARESCO

**TAFONOMIA DE ACÚMULOS CONCHÍFEROS DO ESTUÁRIO DE SÃO
FRANCISCO DO SUL (SC)**

São Leopoldo

2021

HENRIQUE BAVARESCO

**TAFONOMIA DE ACÚMULOS CONCHÍFEROS DO ESTUÁRIO DE SÃO
FRANCISCO DO SUL (SC)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Geologia, pelo Curso de Geologia da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -
UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Scalise Horodyski

São Leopoldo

2021

À minha família pelo apoio ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço o colega de curso Rodrigo Romanini pela ajuda na triagem dos bioclastos, aos amigos Dr. Jorge Villegas Martín (itt-Oceaneon-Unisinos) e Prof. Dr. Daniel Sedorko (Universidade Federal de Uberlândia) com dúvidas referentes a danos sofridos pelas conchas, ao amigo Dr. Hugo Schmidt-Neto (PNPD PPGeo Unisinos) por todo o apoio, dicas e ajuda prestadas ao longo dessa pesquisa e ao Prof. Dr. Rodrigo S. Horodyski (PPGeo - Geologia Unisinos) por ter me proporcionado trabalhar com essas amostras e ter auxiliado na elaboração de todo o trabalho.

“Absence of proof is not proof of absence.”

Michael Crichton, 1995

The Lost World

RESUMO

Estudos em tafonomia têm revelado que danos tafonômicos estão diretamente relacionados a condições ambientais e à dinâmica sedimentar aos quais os bioclastos são submetidos até seu soterramento final. Assim, espera-se observar assinaturas tafonômicas distintas dentro de um mesmo ambiente deposicional. O presente trabalho possui o objetivo de confrontar os dados tafonômicos das conchas com os dados ambientais do estuário de São Francisco do Sul (Quaternário, Santa Catarina). Considerada como um importante estuário para a vida marinha, as terras próximas à baía apresentam vegetação nativa de mangues, representando 75% deste ecossistema. Esta formação geográfica somado à vegetação de mangues revestindo as margens e áreas alagadas da baía são propícias para a reprodução de várias espécies de animais marinhos e terrestres. Localizada no litoral norte do estado de Santa Catarina, conhecida como Baía da Babitonga, a área de estudo no estuário fica na foz do Rio Palmital, na desembocadura para o Oceano Atlântico. Neste ambiente são encontrados restos esqueléticos abundantes da espécie *Anomalocardia brasiliana* em depósitos conchíferos. Os bioclastos foram coletados em pontos distintos dentro da desembocadura do estuário com sistema de quadrículas de 1m², para finalidade de comparação entre si e tiveram os danos tafonômicos quantificados por meio de lupas de bancada. As quadrículas 1 e 5 foram coletadas na zona proximal do corpo d'água, enquanto as quadrículas 2, 3 e 4 foram coletadas em locais mais distantes, mas representam um ambiente distal. Análises mostraram que as amostras mais distais apresentam mais bioerosão em relação as amostras proximais, também a abrasão e fragmentação são mais presentes nos bioclastos mais proximais. Característica como brilho tendem a ser menos presentes nos bioclastos que estão a mais tempo na Zona Tafonomicamente Ativa (TAZ). Marcas de gastrópodes foram identificadas nas amostras distais, bem como colonização por larvas de esponjas, enquanto as amostras proximais apresentavam melhor preservação, com poucos vestígios de interação com outras faunas. Bioclastos distais estão mais expostos a dinâmica do estuário e do oceano, bem como as demais faunas que ali habitam, tendo assim maior probabilidade de serem bioerodidos ou fragmentados, enquanto as amostras proximais, possuem menor probabilidade de serem bioerodidas ou fragmentadas, também a dissolução e abrasão nos bioclastos distais é muito mais

visível, por estarem submetidos a variação de salinidade e pH da água, bem como a dinâmica sedimentar do estuário.

Palavras-chave: Estuário. Tafonomia. Conchas. TAZ.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Baía da Babitonga, localizada no Norte do Estado de Santa Catarina (Figura elaborada pelo autor com base em imagens do Google Earth).	20
Figura 2 Área de estudo localizada no Norte do Estado de Santa Catarina indicada pela estrela vermelha (Figura elaborada pelo autor com base em imagens do Google Earth).	21
Figura 3 Quadrículas de coleta, numeração em cada imagem representa o número da quadrícula.....	27
Figura 4 exemplar de <i>Anomalocardia brasiliiana</i> coletado em uma das quadrículas (escala = 1 cm).....	30
Figura 5 valvas A e B são provenientes da Q2, valvas C, D, E & F são provenientes da Q3; A) valva apresentando sinais de dissolução com aparência gredosa; B) valva com dissolução inicial marcada por pequenas crateras na superfície e um drill hole, bem marcado no seu centro; C) valva apresentando etching na parte interior, ressaltadas pelo filme de algas; D) valva apresentando brilho natural de forma parcial bem como dissolução em estágios iniciais; E) valva fragmentada apresentando bordas ainda angulares; F) valva apresentando dissolução bem estabelecida marcada por crateras na superfície, bem como partes de brilho natural (escala = 1 cm).....	35
Figura 6 valvas A, B, C, D, E & F provenientes da Q4; A) valva apresentando dissolução bem avançada, evidenciada pela textura gredosa, afinamento das bordas e pontuações na parte interna, apresenta bordas quebradas devido à dissolução, interior recoberto por incrustações de microalgas; B) valva apresentando dissolução e textura gredosa, com fragmentação e borda mais arredondada; C) valva bioerodida apresentando boring, alguns interconectados devido à dissolução, margens visivelmente fragmentadas devido à combinação de bioerosão e dissolução; D) valva apresentando dissolução e abrasão, evidenciada pelo buraco presente na porção do umbo; E) fragmento de aspecto gredoso, apresentando boring, dissolução e bordas arredondadas devido à abrasão; F) evidencia da combinação dos processos de boring com dissolução, resultando em “buracos” de maior tamanho na superfície da valva (escala = 1 cm).	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 comparação da articulação das valvas para as 5 quadrículas.....	38
Gráfico 2 comparação da completude das valvas para as 5 quadrículas	38
Gráfico 3 comparação dos danos físicos/químicos presentes nas valvas para as 5 quadrículas.....	39
Gráfico 4 comparação dos danos de origem biológica presentes nas valvas para as 5 quadrículas.....	39
Gráfico 5 comparação da presença de brilho e linhas de crescimento nas valvas para as 5 quadrículas.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Dados referentes a articulação das valvas	28
Tabela 2 Dados referentes a completude das valvas.....	29
Tabela 3 dados referentes aos danos físicos/químicos.....	29
Tabela 4 Danos referentes a bioerosão	29
Tabela 5 Dados referentes as demais características das conchas.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 TAFONOMIA	14
2.1.1 PROCESSOS DE ORIGEM BIOGÊNICA	16
2.1.2 PROCESSOS DE ORIGEM FÍSICA	17
2.1.3 PROCESSOS DE ORIGEM QUÍMICA.....	19
2.1.4 DEMAIS CARACTERÍSTICAS DA VALVAS.....	19
3 ÁREA DE ESTUDO	20
3.1 LOCALIZAÇÃO	20
3.2 ESTUÁRIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL OU BAÍA DA BABITONGA.....	21
3.3 ESTUÁRIOS.....	22
3.3.1 ESTUÁRIOS DOMINADOS POR MARÉ	23
3.3.1.1 CANAIS	23
3.3.1.2 PLANÍCIES DE MARÉ	23
3.3.1.3 BARRAS DE MARÉ	24
3.3.1.4 SUCESSÕES EM ESTUÁRIOS DOMINADOS POR MARÉ	24
3.4 FÓSSEIS EM AMBIENTES ESTUARINOS.....	25
4 METODOLOGIA	26
5 ANÁLISE DE DADOS.....	28
6 BIOCLASTOS.....	30
6.1 <i>ANOMALOCARDIA BRASILIANA</i>	31
7 INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO.....	32
8 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem como foco um estudo teórico/prático referente a quantificação de danos tafonômicos em conchas de moluscos bivalves de um ambiente estuarino. Paleoambientes estuarinos fossilíferos, além de raros no registro fóssil, tendem a ser de difícil interpretação. Sua posição geográfica em um ambiente parálico acaba dificultando seu entendimento, pois, observa-se a mistura de faunas de água doce e salgada no registro fóssil, dificultando sua caracterização (Buatois et al., 2005). Outro problema rastreado em faunas de ambientes estuarinos modernos é a mistura temporal (*time averaging*; Olszewski, 2004). Isso pode ser explicado com base em médias temporais com datação absoluta ou quantificando danos tafonômicos (e.g. Ritter et al., 2017).

As características tafonômicas de acúmulos conchíferos modernos podem ser uteis para explicar a gênese de paleoambientes estuarinos, pois identificando assinatura(s) tafonômica(s) em moluscos bivalves provenientes de acúmulos conchíferos de ambiente estuarino moderno e verificando padrões-chave, estes podem ser usados como modelos comparativos paleoambientais para seções estratigráficas análogas, usando essas assinaturas como padrão base para identificar, interpretar e correlacionar depósitos fossilíferos.

Porém, é necessário verificar variações laterais de um mesmo ambiente e padrões tafonômicos associados a cada um deles, assim comparando assinaturas em diferentes tipos de estuários influenciados por rios ou dominados por ondas e maré é possível montar uma base de dados que possibilite correlações com depósitos fossilíferos análogos.

Estudos e experimentos, mostram que o dano tafonômico nas conchas de moluscos pode ser altamente variável em uma mesma fácies sedimentar (e.g. Speyer e Brett, 1988). Além disso, os perfis tafonômicos obtidos parecem ser mais dependentes do local específico do que de fatores de escala mais ampla, como os de bacia (Powell et al. 2011 a b). Tal característica única, de assinaturas relacionadas a ambientes específicos, permite uso de padrões tafonômicos/estratigráficos como análogos comparativos para ambientes estuarinos pretéritos.

O presente trabalho tem como objetivo utilizar de tafonomia para quantificar *time averaging* e entender como o ambiente estuarino afeta a preservação dos

bioclastos, fornecer dados tafonômicos a um estuário brasileiro e tentar gerar modelos como análogos para paleoestuários fossilíferos

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A tafonomia é o estudo de quanto o processo de fossilização afeta qualidade e quantidade de informação presente em restos bioclásticos (Behrensmeyer et al., 2000). Um de seus objetivos é quantificar a influência do ambiente em relação ao grau de destruição verificado em restos esqueléticos modernos ou nos fósseis. Informações ambientais que podem ser obtidas com base na geologia sedimentar, podem ser muito relevantes. Porém, a quantificação que mais se aproxima de uma relação entre ambiente e tafonomia, só pode ser realizada com base em estudos de bioclastos provenientes de ambientes modernos (Erthal 2016).

Entre os vários métodos de estudos em tafonomia, um visa coletar dados de associações mortas e vivas, provenientes de ambientes atuais para auxiliar as interpretações do registro fóssil. Esse ramo é denominado de Tafonomia Atualística (Kowaleswski & Labarbera 2004). Em conchas de moluscos marinhos, processos tafonômicos tem demonstrado serem bons indicadores de ambientes deposicionais (Powell et al., 2011b). Assembleias mortas geralmente passam por alguma mistura temporal na escala de centenas a milhares de anos (Kowalewski et al., 1998). Espécimes encontrados juntos em assembleias de morte podem representar restos mistos de organismos que viveram em épocas diferentes e nunca interagiram uns com os outros (Kowalewski and Bambach, 2003).

Informações sobre processos tafonômicos que agem em assembleias de moluscos estuarinos na América do Sul são raras (Ritter 2013).

Este trabalho visa fornecer dados tafonômicos para um estuário brasileiro, bem como usar de quantificações tafonômicas para tratar de *time averaging* e tentar traçar modelos como análogos para paleoestuários fossilíferos.

2.1 TAFONOMIA

Tafonomia é o estudo que se encarrega de entender como os organismos se decompõem, como são fossilizados e preservados no registro fóssil. O termo tafonomia significa “leis do soterramento” (do grego *taphos* que significa enterro e *nomos* que significa lei). Foi utilizada pela primeira vez em 1940 pelo cientista russo Ivan Efremov, que empregou o termo para se referir ao estudo da transição dos restos

orgânicos de seres vivos, da biosfera para a litosfera, assim gerando assembleias fósseis (Efremov 1940).

Tafonomos estudam as implicações dos fenômenos da bioestratinomia (danos causados ao organismo entre a sua morte e o seu soterramento final), como quebra, transporte, desarticulação, exumação, decomposição, bioturbação, bioerosão, incrustações, etc. Também os efeitos da diagênese são avaliados pelos tafonomos. Durante a diagênese é quando o organismo se transforma em fóssil de fato, e danos como compactação podem alterar a qualidade do fóssil.

A tafonomia auxilia a entender quanto tempo um determinado organismo demorou para ser soterrado e fossilizado, pois quanto mais tempo permanecer na TAZ, mais danos o organismo irá acumular, assim perdendo qualidade de informações que podem ser obtidas. Pode-se estabelecer que quanto mais completo e bem preservado um fóssil for, menos tempo permaneceu na TAZ e mais informações podem ser obtidas do fóssil, já quanto mais danos forem acumulados no fóssil, mais tempo o organismo foi exposto na TAZ, assim perdendo informações e dificultando sua interpretação.

Outra questão que pode ser respondida pelo uso da tafonomia é entender como assembleias fósseis foram formadas, por que existem mais fósseis de indivíduos jovens do que adultos, por que motivo os bioclastos foram depositados na mesma orientação, questões que poderiam ser respondidas respectivamente após estudo tafonômicos como “mortes seletivas” e “direção do fluxo”.

Camadas de fósseis podem se formar por conta de separação por densidade, fluxos de rios, marés ou ondas podem carregar bioclastos menos densos para mais longe do seu local de morte, enquanto os mais densos podem permanecer mais próximo ao local de sua morte, assim criando assembleias enviesadas, que não refletem a real situação original de mortalidade.

A actuopaleontologia ou paleontologia atualística visa o estudo de comunidades de organismos atuais com uma ótica paleontológica. Esse ramo da paleontologia, aplica conceitos de tafonomia e paleontologia em comunidades de organismos recentes tentando entender processos ocorridos em fósseis, e ver como isso afeta a fossilização e preservação dos organismos.

Utilizando a acutopaleontologia e tafonomia o presente trabalho tenta identificar como bioclastos de moluscos bivalves marinhos são afetados pelo ambiente

estuarino, e como sua preservação pode ser enviesada pelos fatores físico, químico e biológicos presentes nestes ambientes.

Os processos estudados serão divididos em categorias:

1. De origem física — gerados por processos mecânicos como abrasão por sedimentos e força do fluxo nos bioclastos;
2. De origem química — gerados por dissolução devido a mudanças de pH e salinidade do meio;
3. De origem biogênica — gerados por predação, incrustações ou perfurações e escavações para moradia.

2.1.1 PROCESSOS DE ORIGEM BIOGÊNICA

Danos tafonômicos provenientes de ação biológica variam entre alteração destrutiva (bioerosão) e processos construtivos (incrustação) (Erthal 2016).

Bioerosões são decorrentes de interações biogeoquímicas que podem modificar bioclastos e superfícies carbonáticas rochosas. Na tafonomia é um agente importante no ambiente marinho, deixando muitos traços fósseis bem característicos (Erthal 2016). Em ambientes marinhos os principais agentes bioerodidores podem ser algas, bivalves, briozoários, esponjas, fungos, poliquetas, gastrópodes entre outros (Taylor & Wilson 2003).

A intensidade da bioerosão pode refletir informações sobre soterramento, ambiente deposicional e permanência na TAZ. A bioerosão pode refletir a organismos específicos que a causaram ou até mesmo ao ambiente onde ocorre, sendo assim uma ótima ferramenta para usos paleoambientais (Taylor & Wilson 2003). A bioerosão também facilita a dissolução. Fatores que controlam a bioerosão são a produtividade marinha, a taxa de sedimentação, a profundidade na coluna d'água onde o bioclasto se encontra e a densidade do substrato (Edinger 2003).

A categoria de "*boring*" representa esses organismos que bioerodem e habitam o substrato bioerodido, em curtas palavras ela está associada a bioerosão em função de moradia.

Três principais organismos podem ser responsáveis por realizar as bioerosões. Os microperfuradores e macroperfuradores internos (organismos endobiontes que habitam dentro do meio que perfuram) e raspadores externos (Edinger 2003). Microperfuradores englobam as cianobactérias, algumas algas e fungos, já os

macroperfuradores por sua vez não se alimentam do substrato, mas sim escavam habitações neles, usando-as como proteção. Bivalves, gastrópodes, cracas e briozoários constituem alguns dos organismos macroperfuradores (Edinger 2003).

Organismos raspadores, alimentam-se nas camadas superficiais do substrato, como algas no topo de conchas ou rochas, sendo limitados a zona fótica (Edinger 2003). Bioerosão juntamente com dissolução, são fatores importantes na destruição de bioclastos, especialmente conchas em ambientes marinhos modernos, principalmente em ambientes de intermarés e sublitorais.

A categoria “etching” está relacionada a incrustação, mais especificamente as marcas geradas por ancoragem de um organismo em um substrato, seja por ação química ou física.

Incrustações são o resultado do estabelecimento de um organismo sobre um substrato seja ele qual for, sendo muito comum em ambientes marinhos. Bioclastos de moluscos e também de gastrópodes são muito propensos a serem incrustados. Incrustações são importantes fontes de informações no que tange a paleoecologia, já que está não é muito observada no registro fóssil (Erthal 2016).

A categoria “drill hole” engloba as perfurações e demais bioerosões relacionadas a predação. A maioria dos vestígios predatórios, permitem que o organismo que o produziu possa ser identificado, intrinsecamente ligado com a paleoecologia. Predação por perfuração em bivalves, difere quando produzida por gastrópodes muricídeos e naticídeos. Variações no padrão de predação em relação ao ambiente, nos ecossistemas marinhos a predação é muito comum, com praticamente todas as conchas apresentando alguma predação, já em ecossistemas de água doce é praticamente desprezível sua presença (Zuschin et al. 2003).

2.1.2 PROCESSOS DE ORIGEM FÍSICA

Na fragmentação, um fragmento pode ser considerado um bioclasto que possui menos de 90% do tamanho e forma original do organismo (Zuschin et al. 2003). Fragmento de bioclastos por si só, podem permanecer mais tempo expostos a TAZ, por isso refletem padrões diferentes de assinaturas tafonômicas que os bioclastos inteiros (Davies et al. 1989a).

Apesar de fragmentos serem de fácil reconhecimento o processo que o gerou não é de fácil reconhecimento, pois ele pode ser originário de vários processos

distintos, ou de uma combinação de diversos processos agindo juntos sobre o bioclasto (Erthal 2016).

A fragmentação pode ser muito variável, dependendo o ambiente. Em alguns, a fragmentação pode ser quase ausente, sem relação alguma com energia do fluxo aquoso, porém em alguns ambientes, principalmente dominados por ondas e correntes, o nível de fragmentação pode estar diretamente relacionado com a velocidade e força do fluxo. Eventos de maior magnitude como tsunamis e furacões também podem deixar sua marca (Davies et al. 1989a), algo observado nos estudos de Neto et al. 2018. A fragmentação pode ser de dois tipos, pré-morte (ecológica), e pós-morte (tafonômica). O principal fator ecológico de fragmentação é a predação (eg. perfuração predatória), por ser muito frequente em moluscos, a predação tem alto valor como uma ferramenta paleoecológica (Kowalewski & Kelley 2002).

Após a morte, bioclastos podem ser enfraquecidos por dissolução, abrasão e bioerosão, assim quando agindo juntos a fragmentação pode ser amplificada. A espessura do bioclasto também é um fator importante para a fragmentação, sendo que conchas mais espessas, mais difíceis de serem fragmentadas, quando apresentam esta condição podem indicar um alto tempo de residência na TAZ, tendo maior *time-averaging* (Kidwell et al. 2001). Organismos da infauna tendem a apresentar menos fragmentação em relação a epifauna, justamente por estarem enterrados no substrato e menos suscetíveis as condições de fragmentação.

Moluscos possuem uma concha formada por carbonato de cálcio, com proteínas que mantém os cristais inorgânicos juntos, após a morte as proteínas que mantém a estrutura intacta são perdidas deixando o bioclasto vulnerável a fragmentação (Zuschin et al. 2003). Quando combinadas, dissolução e alta energia do local, existe uma aceleração da perda dos cristais, esse fenômeno tafonômico é conhecido como abrasão. Em ambientes fluviais essa abrasão pode ser relacionada com o atrito dos sedimentos contra os bioclastos em decorrência do seu transporte pelo meio aquoso (Newell et al. 2007).

Bivalves que possuem conchas mais espessas tendem a ser mais resistentes a abrasão do que os de conchas mais finas, que acabam sendo mais frágeis. Um bioclasto que é fragmentado e posteriormente abradido, tende a cada vez mais perder sua angulosidade e ficar mais arredondado, isso é um bom indicativo de energia ambiental e tempo de permanência na TAZ, conchas que possuem algum tipo de ornamentação tendem a perde-la devido à abrasão (Powell et al., 2011b). Assim o

nível de abrasão pode ser mesurado pelo nível de perda da ornamentação e do brilho original do bioclasto (Erthal 2016).

2.1.3 PROCESSOS DE ORIGEM QUÍMICA

Desequilíbrio químico do carbonato de cálcio presente na água do mar e no presente no esqueleto dos organismos marinhos resultará na dissolução dos bioclastos, essa dissolução ocorrerá com maior intensidade próximo da interface sedimento água, onde existe uma instauração de carbonato de cálcio (CaCO_3) (Erthal 2016).

Essa dissolução superficial resulta em um aspecto gredoso do material. A dissolução consiste em um processo importante de destruição dos restos de bioclastos. Além da textura gredosa, vários aspectos visuais refletem a dissolução, como margem mais finas, pontos, crateras e furos (Ritter et al. 2013).

Com a dissolução da matriz orgânica, através de ação microbiana, temos a dissolução dos cristais carbonáticos, de forma mais significativa (Erthal 2016). A dissolução pode variar conforme a morfologia da concha, já que a área interna à linha palial, pode sofrer dissolução ainda em vida, em situações que o bivalve está exposto a situações anaeróbicas, este pode produzir ácidos que acabam dissolvendo parte da concha. Essa situação pode ocorrer em bivalves de ambiente de meso-macromaré que são constantemente expostos ao ar (Crenshaw 1980).

2.1.4 DEMAIS CARACTERÍSTICAS DA VALVAS

Nem tudo que se observa em conchas de moluscos bivalves são danos tafonômicos. Porém algumas características presentes em nessas conchas podem nos refletir diretamente alguns padrões de danos.

Conchas ornamentadas com espinhos, costelas, tendem a perder essa ornamentação devido à abrasão (Powell et al. 2011c). Também através de abrasão, o brilho original pode ser perdido. Assim, características como brilho ou lustre, presença de ornamentação e linhas de crescimento podem ser utilizadas como parâmetros para mesurar alguns danos como abrasão e dissolução.

3 ÁREA DE ESTUDO

Para o presente estudo, escolheu-se como alvo o estuário de São Francisco do Sul em SC, este por ser um estuário acessível da região sul do Brasil.

3.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo está localizada no litoral norte do estado de Santa Catarina, conhecida como Baía da Babitonga (Figura 1), o estuário fica na foz do Rio Palmital e tem nos seus arredores as cidades de São Francisco do Sul, Joinville e Itapoá. Situada na Ilha de São Francisco do Sul, a 18 quilômetros da cidade de São Francisco do Sul, encontra-se a localidade estudada, na parte sul do canal de desembocadura do estuário (Figura 2).

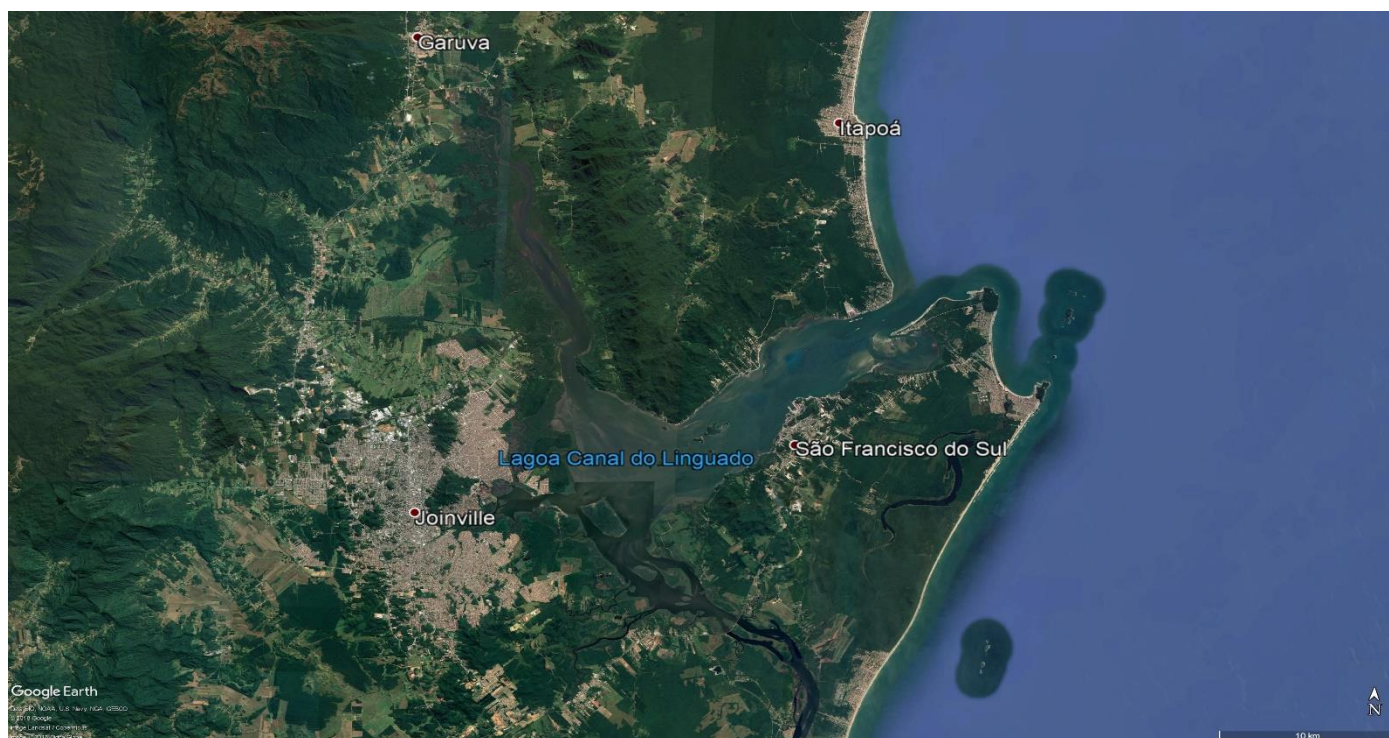


Figura 1 Baía da Babitonga, localizada no Norte do Estado de Santa Catarina (Figura elaborada pelo autor com base em imagens do Google Earth).

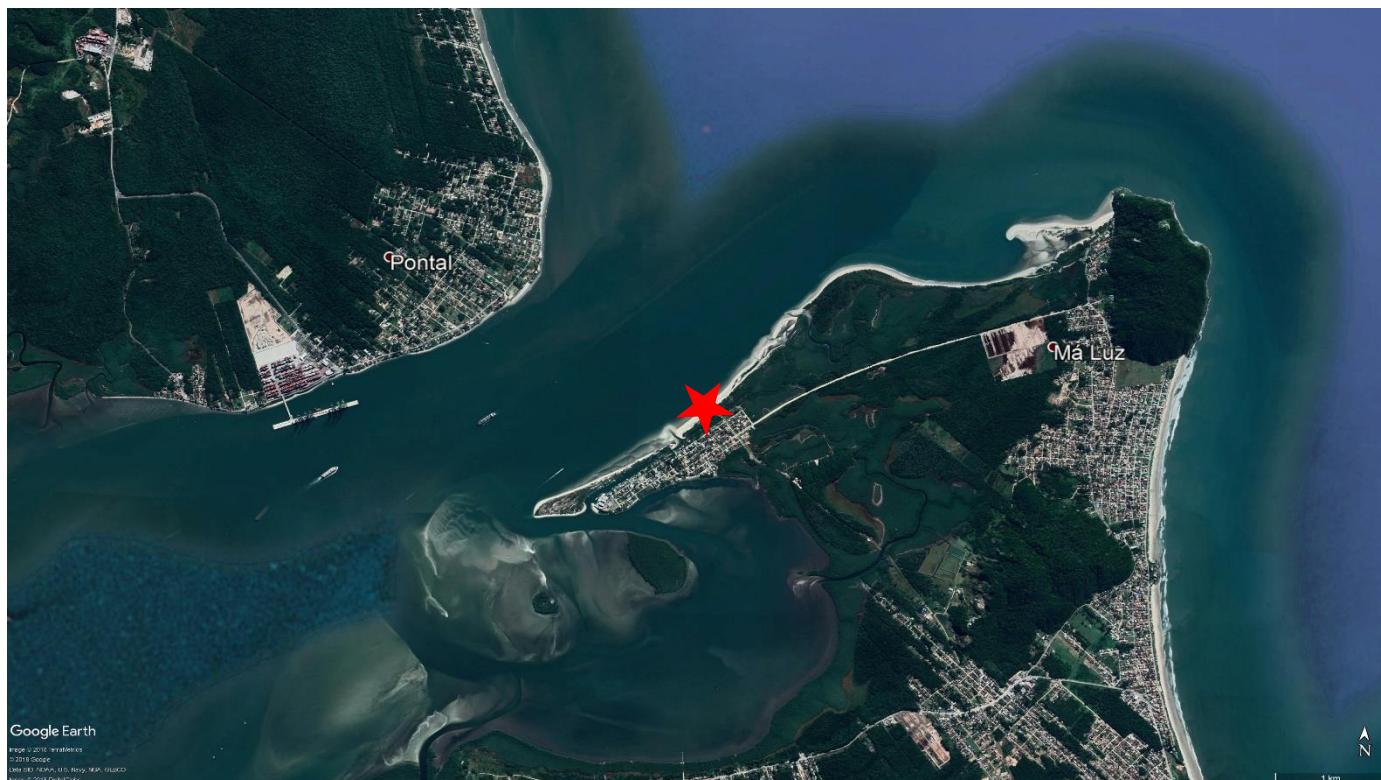


Figura 2 Área de estudo localizada no Norte do Estado de Santa Catarina indicada pela estrela vermelha (Figura elaborada pelo autor com base em imagens do Google Earth).

3.2 ESTUÁRIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL OU BAÍA DA BABITONGA

A Baía da Babitonga, situada na porção norte do litoral o estado de Santa Catarina, é um complexo estuarino que possui um vasto ecossistema, sendo um dos mais importantes do estado. Possui vastas áreas arborizadas nas zonas intermarés, que representam um ecossistema de manguezais, representando mais de 75% dos manguezais do estado (Herz, 1991).

O complexo estuarino é formado por dois canais principais, o canal do Palmital situado na porção norte (alvo do estudo) e do Linguado situado na porção sul (canal que foi fechado em 1935). A Baía da Babitonga possui clima úmido mesotérmico, com ausência de estação seca e verão quente, teor de umidade varia de 68% a 89% e temperatura mensal que varia de 16,5 e 25,6 °C, tendo precipitação mensal entre 402 mm e 106 mm (FUNDEMA, 1994).

3.3 ESTUÁRIOS

Um estuário é a porção de um vale submerso de influência marinha (Dalrymple et al. 1992), ou seja, a porção voltada para o mar de um vale fluvial que fica inundada com água do mar quando há um aumento relativo do nível do mar.

São regiões de mistura de água doce e salgada. O suprimento de sedimentos para o estuário é proveniente de fontes tanto fluviais quanto marinhas, e os processos que transportam e depositam esses sedimentos são uma combinação de processos fluviais e de ondas e/ou marés. Um trecho de rio próximo à foz que não tem influência marinha não seria considerado um estuário.

Os estuários são características comuns na foz dos rios atualmente, porque desde o último período glacial houve uma elevação relativa do nível do mar. Durante esta transgressão no Holoceno, muitos vales de rios foram inundados.

Dois tipos são reconhecidos (Dalrymple et al. 1992): estuários dominados por ondas e estuários dominados por marés (que será abordado neste trabalho). Além desses dois controles básicos de processo, o volume do suprimento de sedimentos e a importância relativa do suprimento de fontes marinhas e fluviais também desempenham um papel importante na determinação das distribuições de fácies em uma sucessão estuarina.

A extensão dos depósitos estuarinos dependerá do tamanho do vale e da profundidade a que foi inundado. A sedimentação em um estuário acabará resultando no afogamento do vale até o nível do mar e, a menos que haja mais elevação do nível do mar, a área deixará de ter um caráter estuarino. Se houver uma alta taxa de suprimento de sedimentos fluviais, a deposição começará a ocorrer na foz do rio e um delta começará a se formar. Sob condições onde os processos marinhos são dominantes, a foz do rio se tornará uma área de planícies de maré se as correntes de maré forem fortes, o sedimento será retrabalhado e redistribuído por processos de ondas para formar uma planície de praia. Um estuário é, portanto, uma feição morfológica temporária, existindo apenas durante e imediatamente após a transgressão, enquanto os sedimentos preenchem o espaço criado pela elevação do nível do mar.

3.3.1 ESTUÁRIOS DOMINADOS POR MARÉ

Os processos de maré podem dominar em regimes costeiros que apresentem mesomaré e macromaré, onde a energia dessas correntes excede a energia das ondas na foz do estuário.

O formato de funil de um estuário acaba aumentando a força da corrente de maré de inundação, que tende a diminuir em direção a foz do rio. A força do fluxo do rio diminui à medida que ele interage com as forças de maré dominantes. Três áreas deposicionais podem ser identificadas neste ambiente, os depósitos de canais de maré, as planícies de maré e as barras maré.

3.3.1.1 CANAIS

No estuário, onde seu canal possui influência de maré, ele tende a adotar uma forma mais sinuosa, por se tratar de um ambiente de menor gradiente. Barras podem ser formadas nas margens internas nas curvas dos meandros, porém o que as distingue das barras de sistemas puramente fluviais são os efeitos das marés.

Isso fica evidenciado nas flutuações de energia do fluxo, quando uma forte maré vazante e a corrente do rio atuam juntas, podem transportar sedimento tamanho areia, mas quando a maré vazante é mais forte que o fluxo do rio, este será neutralizado e estagnado, assim ocorrerá a deposição dos sedimentos de tamanho silte e argila em suspensão.

Depósitos de barras em pontal são heterolíticos, consistindo em mais de um tamanho de grão (camadas alternadas de sedimentos tamanho argila e areia neste caso) (Reineck & Singh 1972). Esse tipo de estratificação é conhecido como estratificação heterolítica inclinada, (Thomas et al. 1987). Essas camadas de areia e argila mergulhando em direção ao eixo do canal, perpendiculares ao fluxo, são uma característica que distingue os canais influenciados por marés.

3.3.1.2 PLANÍCIES DE MARÉ

Localizadas ao longo do estuário, ao lado dos canais, encontram-se as planícies de maré, que são cobertas pela água do mar na maré alta e expostas durante a maré baixa. São áreas tipicamente pantanosas salobras, recobertas por vegetação

e cheia de pequenos riachos, que atuam como canais para as águas durante os ciclos da maré.

3.3.1.3 BARRAS DE MARÉ

A porção mais externa de um estuário dominado por marés, é a que apresenta as correntes de maré mais fortes, podendo transportar e depositar sedimentos de origem marinha e fluvial. Em regiões de macromaré as correntes têm força para erodir o sedimento transportar areia, cascalho e bioclastos, que são depositados nos fundos dos canais (Reinson 1992). Também presentes neste local, encontram-se dunas, que geram estratificações cruzadas. As evidências de maré neste local incluem *mud drapes*, estratificação cruzada espinha de peixe (mais rara) e superfícies de reativação.

As *mud drapes* se formam quando a força da maré sobrepuja a correnteza do rio, assim estagnando o fluxo fluvial e permitindo que os sedimentos finos em suspensão se depositem, são geralmente encontradas em conjuntos de 28, totalizando um ciclo completo de fases da lua.

As estratificações cruzadas espinha de peixe, precisam de condições mais específicas para serem formadas, elas dependem que os fluxos de maré cheia e vazante se “sobreponham”, assim registrando fluxos para direções opostas em um mesmo ponto (Nichols 2009).

3.3.1.4 SUCESSÕES EM ESTUÁRIOS DOMINADOS POR MARÉ

As sucessões sedimentares formadas em estuários dominados por maré consistem em combinações de canal de maré, planície de maré e barras de maré. A espessura de cada parte depende de qual porção do estuário é observada, força das correntes e proporções de sedimentos.

A base dos canais geralmente apresenta superfícies de reativação, camadas de arenitos com estratificação cruzada, *mud drapes*, e camadas heterolíticas. Os depósitos de canais e de barras apresentam também marcadores de direções opostas, evidenciando a ação das marés. As planícies de maré, tendem a ser ricas em matéria orgânica e sedimentos arenosos depositados nos riachos durante a maré alta e eventos de tempestade.

3.4 FÓSSEIS EM AMBIENTES ESTUARINOS

Uma das características encontradas em estuários, é a mistura de condições marinhas e fluviais, refletindo em seus depósitos fossilíferos. Conchas podem ser trazidas do ambiente marinho, misturando-se com espécies que habitam em estuários (Buatois et al., 2005) e também apresentam conchas.

Vestígios fósseis ou icnofósseis (e.g. Buatois et al., 2005) também se fazem presente, tanto em planícies de maré, onde são mais abundantes, quanto em ambientes mais arenosos onde são mais escassos.

A vegetação pode crescer de forma abundante em planícies de maré, especialmente nas partes mais elevadas, e seus detritos podem estar presentes como matéria orgânica ou vestígios de suas raízes.

4 METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em três etapas principais, sendo elas: trabalho de campo, análises laboratoriais e análises comparativas.

O trabalho de campo foi realizado no ano de 2014 com finalidade de coleta do material bioclástico, coletando 5 amostras (Figura 3), com o método de quadrículas de 1m², o método consiste em recuperar todo e qualquer resquício de bioclastos presentes na superfície do sedimento. Esse método serve para fins comparativos, tanto para os bioclastos do estuário, como para futuras comparações com o registro fóssil.

As análises laboratoriais consistiram na análise tafonômica dos acúmulos conchíferos, com o auxílio de lupas de bancada, visando analisar uma série de 13 características, que foram identificadas e quantificadas nos bioclastos.

Posterior tratamento estatístico foi realizado, utilizando os dados quantitativos obtidos, no programa *Microsoft Excel*. Comparações entre as quadrículas foram realizadas, visando estabelecer um padrão de assinaturas tafonômicas para o estuário.

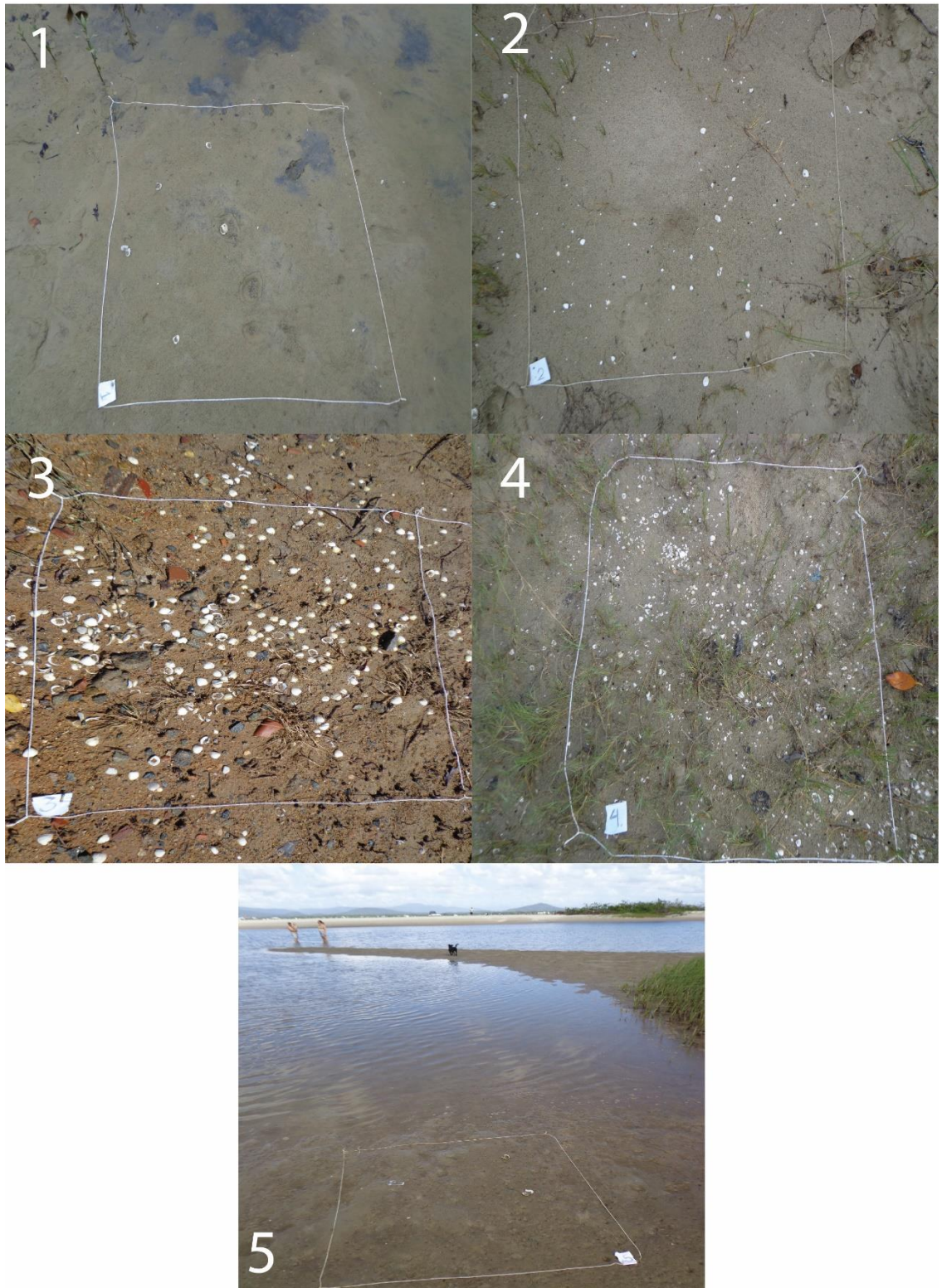


Figura 3 Quadrículas de coleta, numeração em cada imagem representa o número da quadrícula.

5 ANÁLISE DE DADOS

As amostras de bioclastos 1 e 5 foram recuperadas na margem do corpo d'água do estuário, enquanto as amostras 2, 3 e 4 foram recuperadas em zonas mais distantes da água, já em terra. Para fins de entendimento trataremos o termo distal como, amostras com proveniência de dentro do corpo d'água, e proximal para amostras nas imediações da margem. Deve-se considerar que a espécie estudada habita até os 5 metros de profundidade.

Um total de 736 bioclastos foram recuperados e analisados. Características como tipo de esqueleto (univalve e bivalve), articulação (articulado fechado, articulado aberto ou desarticulado), completude da valva (completo a quase completo, fragmentação média e muito fragmentado), dano físico/químico (abrasão e dissolução), bioerosões (*drill hole*, *boring* e *etching*) e demais características da concha (brilho e linhas de crescimento) foram consideradas.

Todos os bioclastos analisados eram restos de moluscos bivalves, a articulação foi considerada, quando presente, para entender o tempo de permanência na zona tafonomicamente ativa (*sensu* Olszewski, 1999) (Tabela 1).

Tabela 1 Dados referentes a articulação das valvas

QUADRÍCULA	ARTICULADO ABERTO	ARTICULADO FECHADO	DESARTICULADO
Q1	2	0	8
Q2	0	0	46
Q3	0	0	240
Q4	0	0	431
Q5	3	0	6

Juntamente com a completude da valva foi observado que muitas valvas possuíam diferentes tipos de fragmentação, ora induzidas por ação biogênica, ora por ação mecânica (Tabela 2). Abrasão e dissolução foram identificadas nos bioclastos, a última estando presente em praticamente todos (Tabela 3). As bioerosões foram divididas em três categorias, *drill hole* associada a predação, *boring* associada a moradia e *etching* relacionada a incrustações (Tabela 4).

Tabela 2 Dados referentes a completude das valvas

QUADRÍCULA	C-QC	F-M	M-F
Q1	7	0	3
Q2	13	24	9
Q3	213	7	20
Q4	384	35	12
Q5	5	1	3

Tabela 3 dados referentes aos danos físicos/químicos

QUADRÍCULA	ABRASÃO	DISSOLUÇÃO
Q1	3	8
Q2	44	46
Q3	240	240
Q4	431	431
Q5	3	6

Tabela 4 Danos referentes a bioerosão

QUADRÍCULA	DRILL HOLE	BORING	ETCHING
Q1	0	0	0
Q2	23	6	44
Q3	238	126	18
Q4	216	59	97
Q5	0	0	0

As demais características, brilho e linhas de crescimento, foram quantificadas como presente ou ausente (Tabela 5).

Não foram atribuídos níveis de intensidade, todas as categorias foram medidas como presente ou ausente, contabilizando o total no conjunto como um todo.

Tabela 5 Dados referentes as demais características das conchas

QUADRÍCULA	BRILHO	LINHAS DE CRESCIMENTO
Q1	7	7
Q2	13	43
Q3	90	222
Q4	129	404
Q5	6	6

6 BIOCLASTOS

Os bioclastos coletados no ambiente estuarino, refletem várias espécies que habitam esta zona de entre marés e infralitoral, porém para o presente estudo somente foram utilizados dados referentes a espécie de bivalve *Anomalocardia brasiliana*, já que as amostras coletadas eram compostas por mais de 97,5% por bioclastos de *A. brasiliana* (Figura 4).

A classificação, dos bioclastos, se deu de forma comparativa com espécimes que habitam a região dos estudos, tendo em vista que as características que são usadas para a classificação não são tão visíveis devido aos danos tafonômicos.



Figura 4 exemplar de *Anomalocardia brasiliana* coletado em uma das quadrículas (escala = 1cm).

6.1 *Anomalocardia brasiliiana*

Também conhecida popularmente como “berbigão”, “vôngole” ou “sernambi”, pertence ao Reino Animalia (Linnaeus, 1758), Filo Mollusca (Linnaeus, 1758), Classe Bivalvia (Linnaeus, 1758), Família Veneridae (Rafinesque, 1815), Gênero *Anomalocardia* (Schumacher, 1817), espécie *A. brasiliiana* (Gmelin, 1791).

Espécie marinha/litorânea, habita o litoral latino-americano no Oceano Atlântico (Belize, Brasil, Mar do Caribe, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Golfo do México, Jamaica e Venezuela), possuindo habito infaunal suspensívoro, pode ser encontrada entre as zonas de entre marés e o infralitoral, dificilmente habitando zonas abaixo de 5 metros de profundidade. Geralmente pode ser encontrada em fundos lamosos, enterrando-se em pequenas profundidades. Habita preferencialmente ambientes de água salobra, como estuários e mangues.

7 INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO

Quando avaliadas pela sua distribuição em relação à distância de coleta ao corpo d'água, as amostras proximais, quadrículas 1 e 5 (coletadas nas margens), foram as que tiveram menos danos tafonômicos associados, quase ausentes. Nenhuma das valvas apresentava sinais de bioerosão, em média 77,1% dos bioclastos proximais, apresentavam características originais da concha como linhas de crescimento (Figura 5 D) e brilho (Figura 5 D e F) (Gráfico 5), algumas ainda estavam articuladas fechadas (Figura 3 Q5) indicando baixo tempo de permanência na TAZ). Vale ressaltar que o número total de bioclastos recuperados nestes dois pontos, é muito baixo quando comparado com os demais, tendo assim uma comparação enviesada dos números para os danos tafonômicos quantificados. Contudo, isso se deve, provavelmente, por conta do nulo espaço de acomodação fora do corpo d'água nas fases de marés baixas, já que processos erosivos e de intemperismo nesta zona que agem para a destruição total de restos esqueléticos tendem a ser muito mais atuantes (Olszewski, 2004). No entanto, as quadrículas 1 e 5 representam bioclastos com pouco tempo de permanência na TAZ, já que não possuem danos de origem biológica, e os bioclastos mesmo que fragmentados apresentam ainda angulosidade em suas bordas (como na Figura 5 E). A presença de angulosidade em bordas de conchas quebradas significa que esse processo de dano aconteceu a pouco tempo e sem retrabalhamentos posteriores. Brilho natural se faz presente e processos químicos e físicos podem ser considerados incipientes. Diante de tais características, os bioclastos destas quadrículas são interpretados aqui como restos esqueléticos recém inseridos na TAZ após a morte.

As quadrículas 2, 3 e 4 foram coletadas em locais mais distantes do corpo d'água. As análises mostraram que as amostras apresentam maior taxa de bioerosão (Figura 5 B; Figura 6 C, E & F), em média 66,6% para *Drill Hole*, 26,5% para *Boring* e 41,9% para *Etching* (Gráfico 4). Também a abrasão (98,7%) e fragmentação são mais presentes nos bioclastos (Figura 5 E e F; Figura 6 B, C, D & E; Gráfico 3). Marcas de gastrópodes foram identificadas nas amostras, bem como colonização por larvas de esponjas, mostrando que as amostras permaneceram por um longo período na TAZ antes de serem transportadas para porções mais afastadas do corpo d'água.

Apesar das amostras 2, 3 e 4 terem sido coletadas em partes secas, são amostras que permaneceram por mais tempo no corpo d'água, sendo posteriormente

carregadas para pontos fora desse corpo. O padrão de assinaturas associados a elas, denota um maior tempo de residência na TAZ.

Padrão esse caracterizado pelo alto índice de bioerosões presentes, bem como a alta taxa de abrasão (Gráfico 4, Gráfico 3). A fragmentação presente pode ser tratada como um produto da interação do alto índice de bioerosão combinado com a alta taxa da abrasão, assim enfraquecendo a estrutura carbonática da concha e posteriormente gerando a fragmentação (Figura 6 C).

Quadrículas 2 e 4 representam bioclastos com alto tempo de permanência na TAZ. Os processos de ordem biológica estão altamente presentes, na grande maioria todos os bioclastos apresentam algum tipo de dano de bioerosão. Processos físicos e químicos tiveram grande impacto nos bioclastos, pois a grande maioria se encontra fragmentado ou são fragmentos, e os poucos bioclastos inteiros apresentam textura gredosa, evidenciando o processo de dissolução avançado.

Bioclastos provenientes da quadrícula 3, representam um meio-termo entre as quadrículas citadas anteriormente. Apresentam bioclastos inteiros que sofreram danos físicos e químicos, onde a dissolução é a mais notável, também processos biológicos são visíveis com destaque para o *boring* e *drill hole*. Percebe-se uma notável mistura nesta quadrícula, onde temos bioclastos mais bem conservados com fragmentos com maior presença de danos tafonômicos.

Apesar dos bioclastos das quadrículas 2, 3 e 4 serem os que estiveram por mais tempo na TAZ, muitos ainda preservavam características como linhas de crescimento (alguns bioclastos possuíam parte delas ainda preservada), brilho (mesmo que parcial), evidenciando que mesmo com alto tempo de residência na TAZ algumas características podem se manter preservadas. Fragmentos presentes nestas quadrículas não apresentavam nenhuma das características citadas anteriormente.

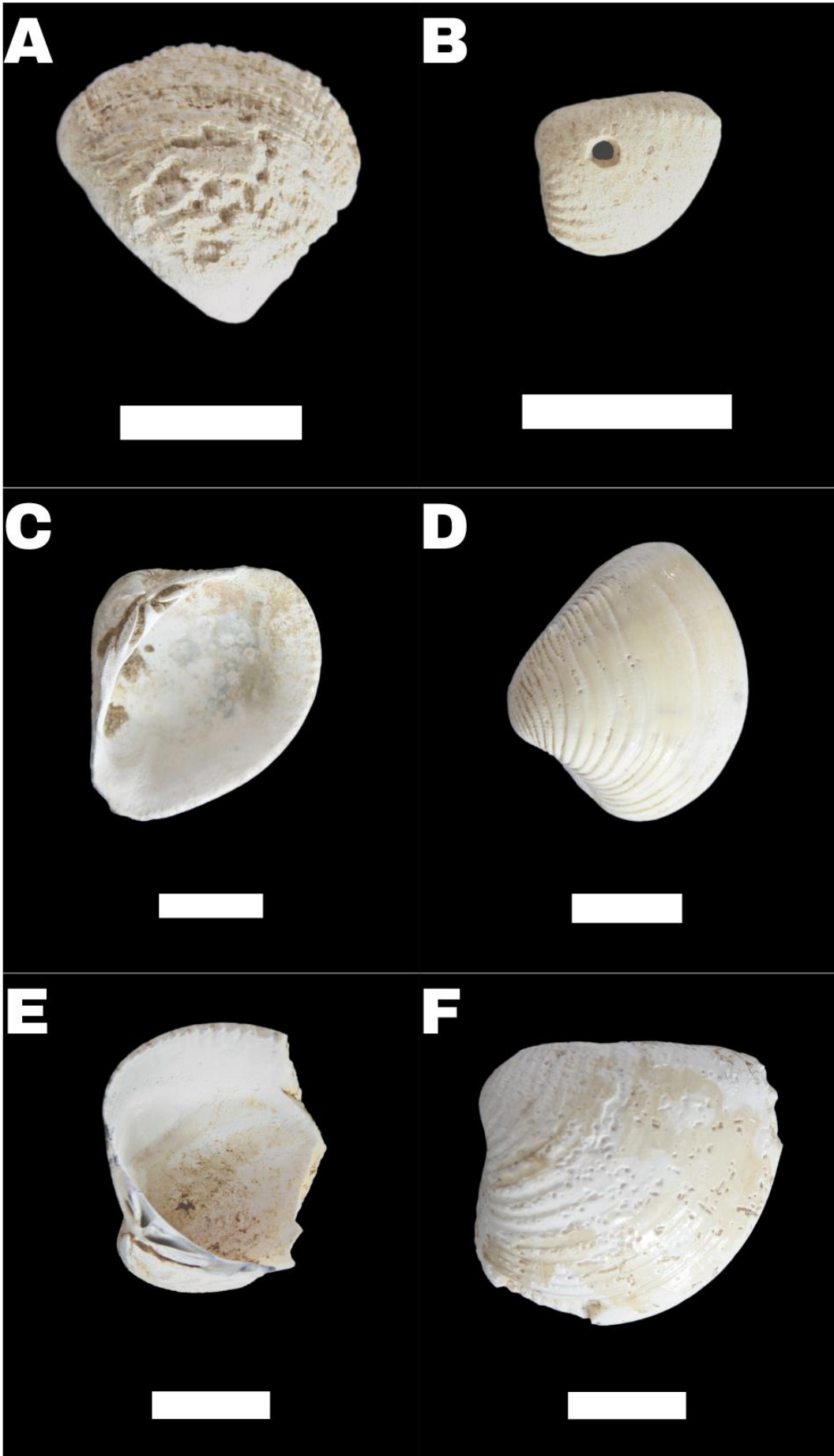


Figura 5 valvas A e B são provenientes da Q2, valvas C, D, E & F são provenientes da Q3; A) valva apresentando sinais de dissolução com aparência gredosa; B) valva com dissolução inicial marcada por pequenas crateras na superfície e um drill hole, bem marcado no seu centro; C) valva apresentando etching na parte interior, ressaltadas pelo filme de algas; D) valva apresentando brilho natural de forma parcial bem como dissolução em estágios iniciais; E) valva fragmentada apresentando bordas ainda angulares; F) valva apresentando dissolução bem estabelecida marcada por crateras na superfície, bem como partes de brilho natural (escala = 1cm).

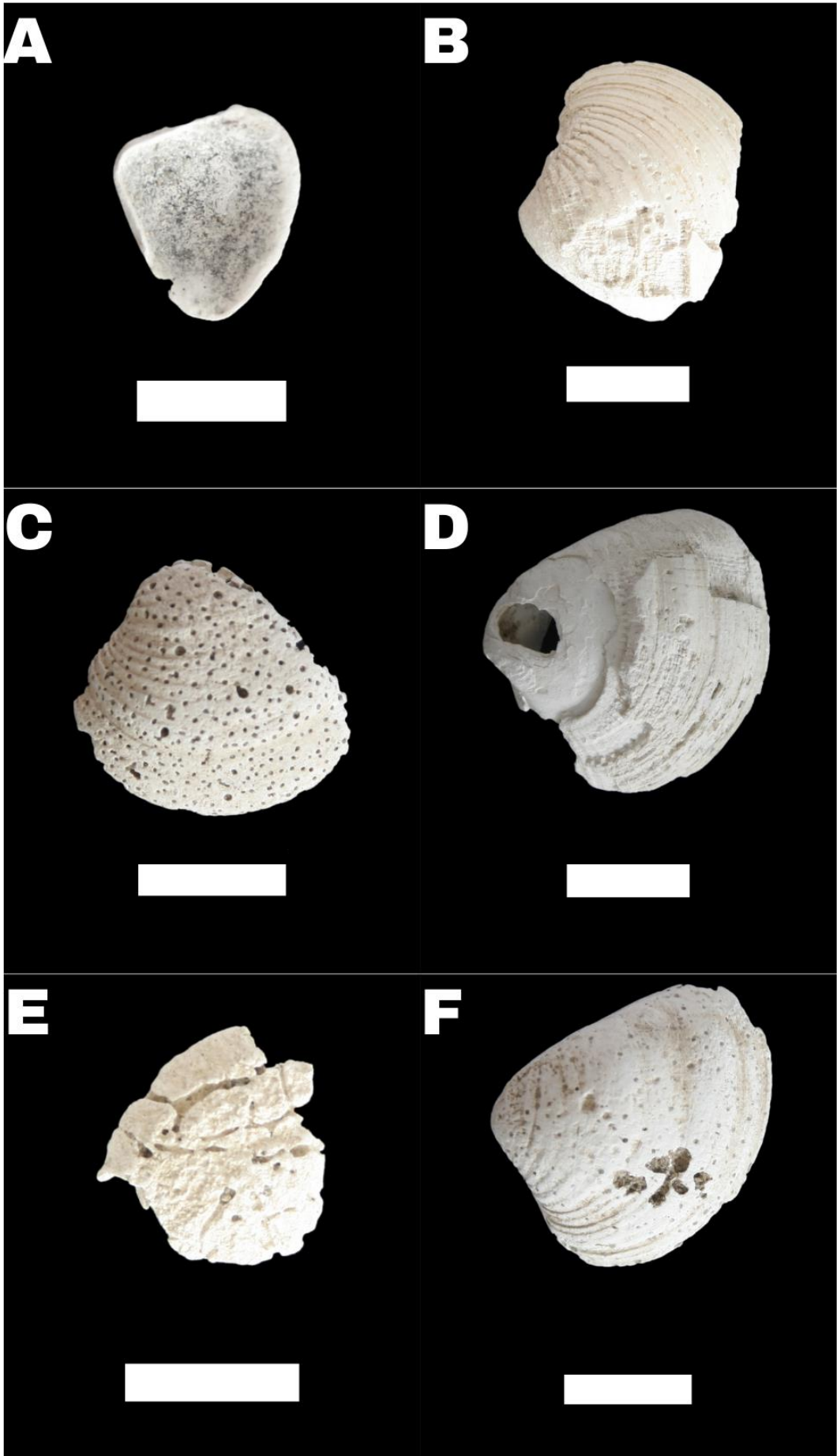


Figura 6 valvas A, B, C, D, E & F provenientes da Q4; A) valva apresentando dissolução bem avançada, evidenciada pela textura gredosa, afinamento das bordas e pontuações na parte interna, apresenta bordas quebradas devido à dissolução, interior recoberto por incrustações de microalgas; B) valva apresentando dissolução e textura gredosa, com fragmentação e borda mais arredondada; C) valva bioerodida apresentando boring, alguns interconectados devido à dissolução, margens visivelmente fragmentadas devido à combinação de bioerosão e dissolução; D) valva apresentando dissolução e abrasão, evidenciada pelo buraco presente na porção do umbo; E) fragmento de aspecto gredoso, apresentando boring, dissolução e bordas arredondadas devido à abrasão; F) evidencia da combinação dos processos de boring com dissolução, resultando em “buracos” de maior tamanho na superfície da valva (escala = 1cm).

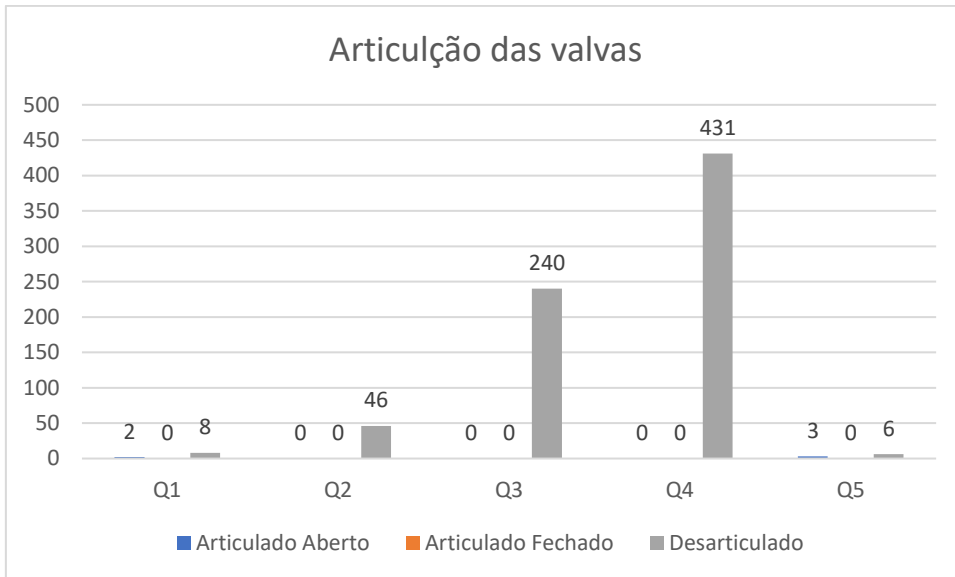


Gráfico 1 comparação da articulação das valvas para as 5 quadrículas

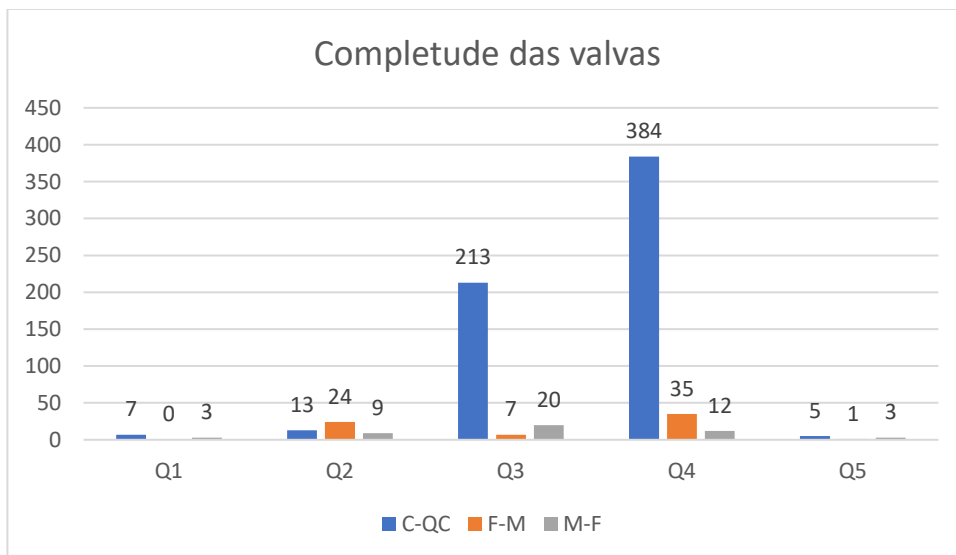


Gráfico 2 comparação da complete das valvas para as 5 quadrículas

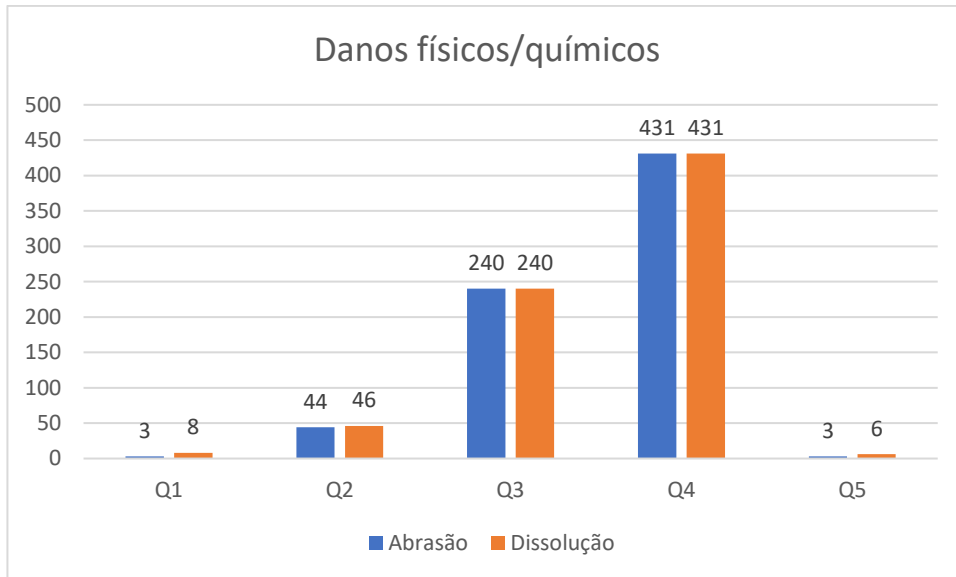


Gráfico 3 comparação dos danos físicos/químicos presentes nas valvas para as 5 quadrículas

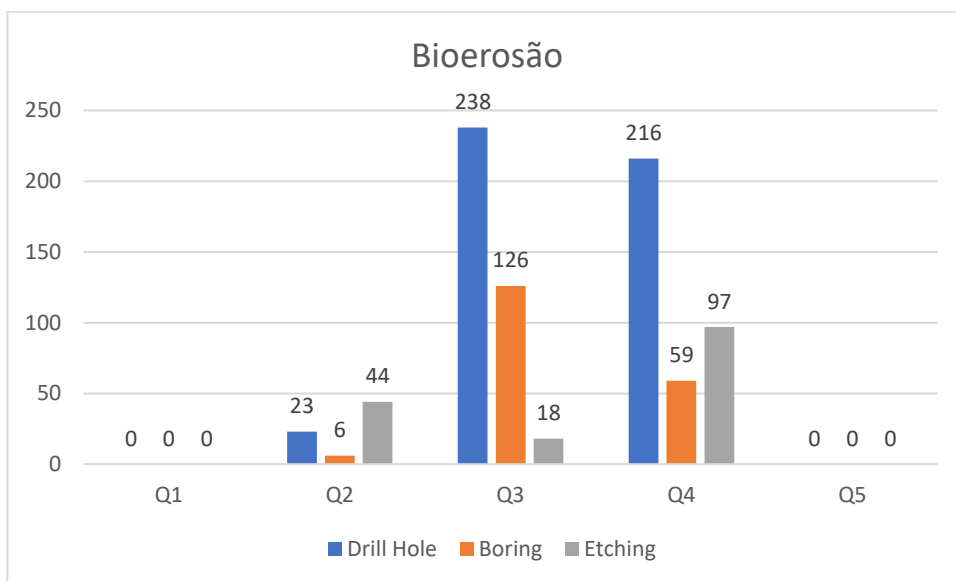


Gráfico 4 comparação dos danos de origem biológica presentes nas valvas para as 5 quadrículas

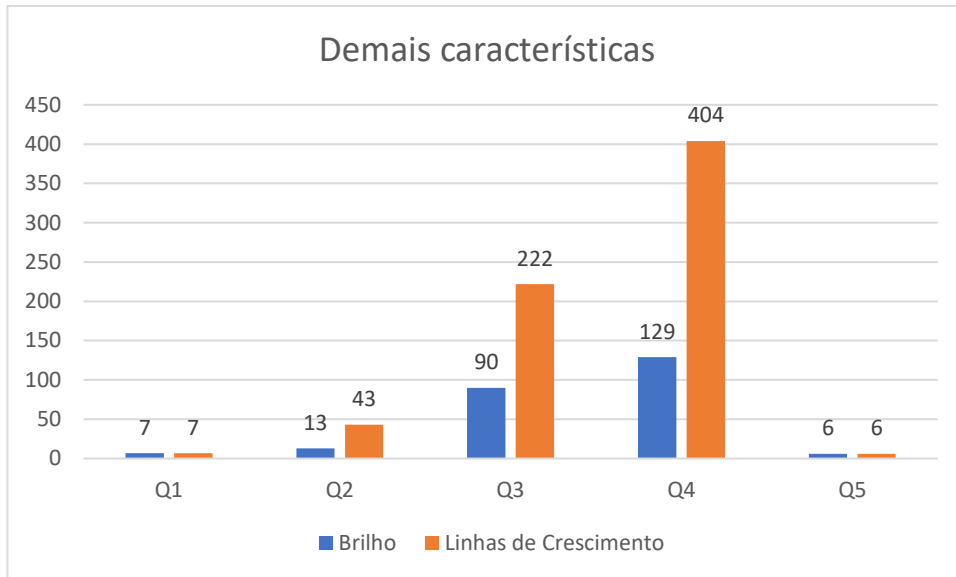


Gráfico 5 comparação da presença de brilho e linhas de crescimento nas valvas para as 5 quadrículas

8 CONCLUSÕES

A tafonomia se mostra uma ferramenta indispensável para a quantificação de danos que um bioclasto pode sofrer durante sua estadia na TAZ. Com seu uso, padrões de assinaturas tafonômicas, podem ser levantados e elaborados para a caracterização de ambientes deposicionais específicos. Uma vez que estas assinaturas são intimamente relacionadas com o ambiente.

Quando utilizada em comunhão com outras áreas da geologia como estratigrafia e sedimentologia, poderá ajudar no refinamento e melhor entendimento de seções fossilíferas.

Os bioclastos depositados no ambiente distal estão sujeitos a maior interação de processos oceânicos e fluviais, sendo mais expostos a toda fauna que habita essas porções, estando mais vulneráveis aos processos físicos, químicos e de bioerosão existentes no corpo d'água.

Eventos de maior magnitude como tempestades (mais frequentes), ciclones bomba (mais esporádicos) e marés mais fortes, podem remover bioclastos do corpo d'água depositando-os em partes secas, assim evitando que danos tafonômicos ocorram neles com maior intensidade, contribuindo para uma menor deterioração dos bioclastos em relação aos situados no corpo d'água.

Devido ao ambiente estuarino ser de alta dinâmica sedimentar e morfológica, principalmente próximo ao corpo d'água, a mistura desses bioclastos com diferentes dados tafonômicos tende a acontecer, resultando em *time averaging*. Por meio da tafonomia é possível realizar a quantificação dos danos e ajudar na interpretação do tempo de permanência na TAZ dos bioclastos, sendo uma ferramenta de quantificação de *time averaging*.

Os dados levantados sobre os bioclastos evidenciam que quanto maior o tempo de permanência no corpo d'água maior será a incidência de bioerosões, principalmente as relacionadas a *drill hole* e *borings*. Danos físicos e químicos também mostram maior ocorrência em bioclastos com maior permanência no corpo d'água, ambos sendo muito expressivos em todas as amostras coletadas que provinham de dentro do corpo d'água.

A perda de material carbonático através de danos físicos e químicos nos bioclastos provenientes deste ambiente distal, os tornam menos densos, facilitando

seu transporte para fora do corpo d'água. Assim sendo mais fáceis de remobilizar que os bioclastos mais densos, de menor tempo de permanência na TAZ.

Finalmente, *Anomalocardia brasiliiana* apresentou muitos danos tafonômicos bioerosivos. Não foi encontrado nas amostragens, os produtores de tais assinaturas tafonômicas, mas com elas se aumenta o registro de biodiversidade aparentemente ausente de restos esqueléticos em ambientes estuarinos. A presença de bioerosões/atividades biogênicas em conchas atesta a presença de uma provável rica fauna bentônica neste estuário de São Francisco do Sul (SC).

Por fim, para uma melhor caracterização do ambiente estuarino como um todo, seria ideal uma coleta de amostras em pontos mais distantes uns dos outros, melhor distribuídos ao longo de todo o estuário, e o aferimento dos parâmetros químicos nos locais de coleta. Assim se reduziria o enviesamento dos resultados, obtendo-se um padrão de assinaturas tafonômicas de todas as zonas do estuário e não só da desembocadura, assim melhor representando o ambiente.

REFERÊNCIAS

- BEHRENSMEYER, A.K., KIDWELL, S.M., and GASTALDO, R.A., 2000, Taphonomy and Paleobiology: *Paleobiology*, v. 26(4), p. 103-144.
- Crenshaw M.A. 1980. Mechanisms of shell formation and dissolution. In: Rhoads, D.C. & Lutz, R.A. (eds.) *Skeletal growth of aquatic organisms, Topics in Geobiology*, v. 1, Plenum, p. 115-132.
- CRICHTON, Michael. *The Lost World*. Estados Unidos: Knopf, 1995. 393 p. ISBN 0-679-41946-2.
- DALRYMPLE, R.W., ZAITLIN, B.A. & BOYD, R. (1992) Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62, 1130–1146.
- Davies D.J., Powell E.N., Stanton Jr. R.J. 1989a. Relative rates of shell dissolution and net sediment accumulation – a commentary: can shell beds form by the gradual accumulation of biogenic debris on the sea floor? *Lethaia*, 22:207-212.
- DAVIES, D.J., POWELL, E.N., E STANTON JR., R.J., 1989b. Taphonomic signature as a function of environmental processes: shells and shell beds in a hurricane-influenced inlet of the Texas coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72:317-356.
- Edinger E.N. 2003. Bioerosion. In: Briggs, D.E.G. & Crowther, P.R. (eds.) *Paleobiology II*, Blackwell Publishing, Malden, Oxford, p. 273-277.
- Efremov, I. A. (1940). "Taphonomy: a new branch of paleontology". *Pan-American Geology*. 74: 81–93. Archived from the original on 2008-04-03.
- ERTHAL, F., *Assinaturas tafonômicas em bivalves marinhos recentes na costa do Brasil e seu significado paleoambiental*, 2012
- ERTHAL, F., RITTER M.N., KOTZIAN C.B., 2016. Assinaturas tafonômicas em moluscos recentes e seu significado paleoambiental. *Terræ Didática*, 13(1):4-29. <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>.
- FUNDEMA. (1994). *Programa de Proteção da Biodiversidade e dos Recursos Hídricos da Região de Joinville, SC*. Centro de Desenvolvimento Biotecnológico. 56p.
- HAUSER, I., OSCHMANN, W., E GISCHLER, E., 2008, Taphonomic signatures on modern Caribbean bivalve shells as indicators of environmental conditions (Belize, Central America). *Palaios*, 23:586-600.
- HERZ, R.. (1991). *Atlas dos Manguezais do Brasil*. Universidade de São Paulo. 54 pp.
- Kidwell S.M. 2001. Preservation of species abundance in marine death assemblages. *Science*, 294:1091-1094.

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

Kowalewski M., & Kelley P.H. (eds.). 2002. *The Fossil Record of Predation*. Paleontological Society Special Papers 8, Paleontological Society, Yale Printing Service, New Haven, 398 p.

KOWALEWSKI M., LABARBERA M. 2004. Actualistic taphonomy: death, decay, and disintegration in contemporary settings. *Palaios*, 19:423-427.

KOWALEWSKI, M., and BAMBACH, R.K., 2003, The limits of paleontological resolution, in Harries, P.J., ed., *Approaches in High-Resolution Stratigraphic Paleontology*: Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, p. 1–48.

KOWALEWSKI, M., GOODFRIEND, G.A., and FLESSA, K.W., 1998, High-resolution estimates of temporal mixing within shell beds: The evils and virtues of timeaveraging: *Paleobiology*, v. 24, p. 287–304.

LOCKWOOD, R., E WORK, L.A. Q., 2006, Quantifying taphonomic bias in molluscan death assemblages from the upper Chesapeake Bay: patterns of shell damage. *Palaios*, 21:442-450

LUIS A. BUATOIS; MURRAY K. GINGRAS; JAMES MACEACHERN; M. GABRIELA MÁNGANO; JOHN-PAUL ZONNEVELD; S. GEORGE PEMBERTON; RENATA G. NETTO; ANTHONY MARTIN (2005). Colonization of brackish-water systems through time: evidence from the trace-fossil record. *Palaios*, 20(4), 321-347.

LUIS A. BUATOIS; MURRAY K. GINGRAS; JAMES MACEACHERN; M. GABRIELA MÁNGANO; JOHN-PAUL ZONNEVELD; S. GEORGE PEMBERTON; RENATA G. NETTO; ANTHONY MARTIN (2005). Colonization of brackish-water systems through time: evidence from the trace-fossil record. *Palaios*, 20(4), 321-347

MAZZER, ALEXANDRE M.; GONÇALVES, MÔNICA LOPES. Aspectos Geomorfológicos da Baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil: Caracterização Morfométrica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 115-120, 1 jan. 2011. DOI <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v12i0.264>. Disponível em: <file:///D:/Downloads/264-1041-1-PB.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2020.

Newell A.J., Gower D.K., Benton M.J., and Tverdokhlebov, V.P. 2007. Bedload abrasion and the in situ fragmentation of bivalve shells. *Sedimentology*, 54:835-845

NICHOLS, G. *Sedimentology and stratigraphy*—2nd ed.p.cm. 2009.

OLSZEWSKI, T.D., 1999, Taking advantage of time-averaging: *Paleobiology*, v. 25, p. 226–238.

OLSZEWSKI, T.D., 2004, Modeling the influence of taphonomic destruction, reworking, and burial on time-averaging in fossil accumulations: *Palaios*, v. 19, p. 39-50.

OLSZEWSKI, T.D., 2004, Modeling the influence of taphonomic destruction, reworking, and burial on time-averaging in fossil accumulations: *Palaios*, v. 19, p. 39-50.

PARSONS, K.M. & BRETT, C.E., 1991, Taphonomic processes and biases in modern marine environments: An actualistic perspective on fossil assemblage preservation, in Donovan, S.K., ed., *The Processes of Fossilization*. Columbia University Press, New York, p. 22-65.

Powell E.N., Staff G.M., Callender W.R., Ashton-Alcox K.A., Brett C.E., Parsons-Hubbard K.M., Walker S.E., Raymond A. 2011c. The influence of molluscan taxon on taphofacies development over a broad range of environments of preservation: The SSETI experience. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 312:233-264.

POWELL, E.N., STAFF, G.M., CALLENDER, W.R., ASHTON-ALCOX, K.A., BRETT, C.E., PARSONS-HUBBARD, K.M., WALKER, S.E., RAYMOND, A., 2011b. The influence of molluscan taxon on taphofacies development over a broad range of environments of preservation: the SSETI experience. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 312, 233e264. <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.01.008>.

REINECK, H.E. & SINGH, I.B. (1972) Genesis of laminated sand and graded rhythmites in storm-sand layers of shelf mud. *Sedimentology*, 18, 123–128.

REINSON, G.E. (1992) Transgressive barrier island and estuarine systems. In: *Facies Models: Response to Sea Level Change* (Eds Walker, R.G. & James, N.P.). Geological Association of Canada, St Johns, Newfoundland; 179–194.

Ritter M.N., Erthal F. 2013. Fidelity bias in mollusk assemblages from coastal lagoons of Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 16:225-236.

RITTER, M.N., et al., Taphonomic signatures in molluscan fossil assemblages from the Holocene lagoon system in the northern part of the coastal plain, Rio Grande do Sul State, Brazil, *Quaternary International* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.03.013>

Ritter, Matias Do Nascimento, et al. "Spatial variation in the temporal resolution of subtropical shallow-water molluscan death assemblages." *Palaios* 32.9 (2017): 572-583.

SPEYER, S.E., and BRETT, C.E., 1988, Taphofacies models for epeiric sea environments: Middle Paleozoic examples: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 63, p. 222-262.

Taylor P.D., Wilson M.A. 2003. Palaeoecology and evolution of marine hard substrate communities. *Earth-Science Reviews*, 62:1-103.

THOMAS, R.G., SMITH, D.G., WOOD, J.M., VISSER, J., Calverley- Range, E.A. & Koster, E.H. (1987) Inclined heterolithic stratification – terminology, description, interpretation and significance. *Sedimentary Geology*, 53, 123–179.

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.