

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE TAFONÔMICA DE ALTA RESOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES
FOSSILÍFERAS (*SHELL BEDS*) DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES
HOLOCÊNICOS DA REGIÃO ENTRE JAGUARUNA E LAGUNA, SANTA
CATARINA

André Diego Barros de Azevedo

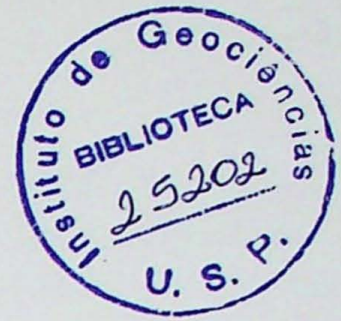
Orientadora: Profa. Dra. Juliana de Moraes Leme Basso
Coorientadora: Dra. Milene Fornari

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2012 / 01)

TF
A994
ADB.a
e.2

SÃO PAULO
2012

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



ANÁLISE TAFONÔMICA DE ALTA RESOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES
FOSSILÍFERAS (*SHELL BEDS*) DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES
HOLOCÊNICOS DA REGIÃO ENTRE JAGUARUNA E LAGUNA, SANTA
CATARINA

André Diego Barros de Azevedo

Orientadora: Profa. Dra. Juliana de Moraes Leme Basso
Coorientadora: Dra. Milene Fornari

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2012 / 01)

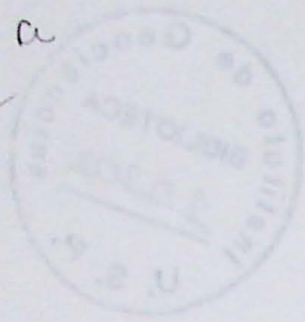
DEDALUS - Acervo - IGC



30900031230

SÃO PAULO
2012

TF
A994
ADB. a
e 2



UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY
WASHINGTON, D. C.

ANALYSIS OF THE GEOLOGICAL SURVEY
OF THE UNITED STATES
OF AMERICA

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY

Geological Survey of the United States
Department of the Interior

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY
WASHINGTON, D. C.

UNITED STATES
GEOLOGICAL SURVEY

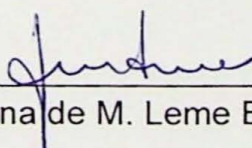
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

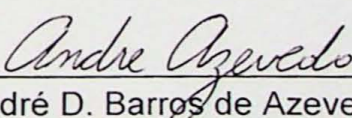
ANÁLISE TAFONÔMICA DE ALTA RESOLUÇÃO DE CONCENTRAÇÕES
FOSSILÍFERAS (*SHELL BEDS*) DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES
HOLOCÊNICOS DA REGIÃO ENTRE JAGUARUNA E LAGUNA, SANTA
CATARINA

André Diego Barros de Azevedo

Orientadora: Profa. Dra. Juliana de Moraes Leme Basso
Coorientadora: Dra. Milene Fornari

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF - 2012/01)

De acordo, 
Juliana de M. Leme Basso


André D. Barros de Azevedo

SÃO PAULO
2012

RESUMO

A sucessão sedimentar holocênica da região entre Jaguaruna e Laguna materializa a transição de um sistema deposicional baía (fácies baía) para um sistema deposicional lagunar (fácies laguna e fácies desembocadura lagunar/delta de maré enchente), ocorrida durante a subida e estabilização do nível relativo do mar no Holoceno. Nesse contexto, o estudo das assinaturas tafonômicas dos bioclastos é uma oportunidade para refinar e discutir a relação entre estas características e as mudanças no padrão deposicional da transição entre os sistemas baía e lagunar. Para isso, foram analisados quatro pontos de amostragem de subsuperfície adquiridos pelo método de vibrotestemunhagem. Após a separação dos bioclastos e descrição das concentrações fossilíferas, definiu-se o protocolo de análise tafonômica que consistiu na avaliação independente das assinaturas tafonômicas. Um total de 6.293 conchas inteiras foi analisado. Na fácies baía ~75% dos bioclastos são constituídos por fragmentos que apresentam altos valores para abrasão ~65%, em estado total, e corrosão ~80%, em estado parcial. Na fácies desembocadura lagunar/delta de maré enchente, os bioclastos são compostos principalmente por conchas inteiras que representam ~70% do conteúdo fossilífero. Estas estavam sempre desarticuladas, com seus eixos maiores paralelos ao acamamento e a convexidade direcionada para baixo ou para cima, em disposição aninhada e empacotada. Apresenta valores altos para abrasão e corrosão, até 60% e 72% respectivamente, ambas em estado parcial. Na fácies laguna ~80% dos bioclastos estão inteiros, incluindo conchas articuladas fechadas *in situ*. Apresenta valores altos para corrosão ~85%, em estado total, e valores baixos para abrasão ~30%, em estado parcial. As assinaturas tafonômicas que mais refletem as diferenças entre as fácies sedimentares são a proporção entre conchas inteiras e fragmentos, a presença de conchas *in situ*, a orientação da convexidade, em corte e relativa entre os bioclastos, corrosão e abrasão. A mudança do ambiente de sedimentação baía para o lagunar teve influência sobre os processos sedimentares e na gênese das concentrações fossilíferas, permitindo a correlação entre as fácies sedimentares e as assinaturas tafonômicas dos bioclastos durante a transgressão no Holoceno.

ABSTRACT

The Holocene sedimentary succession of the region between Jaguaruna and Laguna embodies the transition from a coastal bay (bay facies) to a lagoon system (lagoon facies and lagoon mouth / delta flood tide facies) occurred during the ascent and stabilization of the relative sea level during the Holocene. In this context, the study of taphonomic signatures of bioclasts is an opportunity to refine and discuss the relationship between these characteristics and changes in the pattern of depositional transition between the bay and lagoon systems. For this, four sampling points acquired by subsurface vibrocore method were analysed. After separation of bioclasts and description of fossil concentrations, the taphonomic analysis protocol which consisted of independent evaluation of taphonomic signatures was defined. 6,293 whole shells were analyzed. In bay facies ~75% of bioclasts consist of fragments that have high values for abrasion (~65%) in total state and corrosion (~80%) in partial state. In lagoon mouth / delta flood tide facies, the bioclasts are composed primarily of whole shells that represent ~70% of fossil content. These whole shells were always disarticulated with their major axis parallel to bedding and convexity directed downward or upward, in nested and packed arrangement. The taphonomic analysis also shows high values for abrasion and corrosion, ~60% and 72% respectively, both in partial state. In lagoon facies ~80% of bioclasts are integers, including closed articulated shells *in situ*. The taphonomic analysis also shows high values for corrosion (~85%) in total state and low values for abrasion (~30%) in partial state. Taphonomic signatures that more reflect the differences between the sedimentary facies are the ratio between whole shells and fragments, presence of shells *in situ*, orientation of the convexity, orientation in section and relative position between bioclasts, corrosion and abrasion. The changing environment of sedimentation from bay to lagoon had an influence on the sedimentary processes and in the genesis of fossil concentrations, allowing the correlation between the sedimentary facies and taphonomic signatures of bioclasts during the Holocene transgression.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização da área de estudo e síntese dos principais sistemas deposicionais (adaptado de Fornari 2010). 7
- Figura 2. Posições do nível relativo do mar (NRM) na costa catarinense entre Garopaba e Laguna nos últimos 6 mil anos, inferidas a partir de datação e nivelamento de 26 tubos de vermetídeos, conforme dados compilados e reinterpretados de Angulo & Lessa (1997) e Angulo *et al.* (1999) por Angulo *et al.* (2006). No gráfico à esquerda, o erro da estimativa do paleonível é de 1 m. À direita, a curva de variação do NRM é ajustada por um polinômio de 5ª ordem (adaptado de Nascimento 2010)..... 9
- Figura 3. Área de estudo com a localização dos pontos de amostragem e delimitação das pranchas de apresentação de resultados nos setores Rio do Meio, Camacho e Garopaba do Sul. 11
- Figura 4. Assinaturas tafonômicas. Articulação fechada em *Anomalocardia brasiliiana*, detalhe para predação (A). Perióstraco natural em *A. brasiliiana* (B). Margem natural em *Nucula semiornata* porções externa e interna (C-D). Margem irregular em *Codakia (Ctena) pectinella* (E). Margem arredondada em *A. brasiliiana* (F). Brilho natural em *A. brasiliiana* (G). Brilho perdido em *Codakia (Ctena) pectinella* (H). Escala: 2 cm. 18
- Figura 5. Assinaturas tafonômicas. Alteração da cor, natural em *Anomalocardia brasiliiana* (I). Alteração da cor para branco em *A. brasiliiana* (J). Alteração da cor para marrom em *A. brasiliiana* (K). Abrasão em *A. brasiliiana* (L). Corrosão em *Tellina* sp. (M). Bioerosão em *A. brasiliiana* (N). Incrustação por bivalve em *A. brasiliiana* (O). Predação em *Acteocina bidentata*. Escala: 2 cm..... 19
- Figura 6. Gráfico de espécies com mais de 2% de representatividade nos vibrotestemunhos T1, T2, T3 e T4, para cada fácies sedimentar, e respectivos valores amostrais. 27

SÚMARIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT	2
LISTA DE FIGURAS	3
SÚMARIO.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVO	6
3. ÁREA DE ESTUDO: CONTEXTO GEOLÓGICO	7
3.1. Nível Relativo do Mar	8
3.2. Clima.....	9
3.3. Ventos, Ondas, Deriva Litorânea e Maré.....	10
4. ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA.....	11
4.1. Rio do Meio	11
4.2. Camacho.....	12
4.3. Garopaba do Sul	13
5. MATERIAIS E MÉTODOS	14
5.1. Atividades de Campo	15
5.2. Protocolo de Análise Tafonômica	15
5.3. Processamento e Análise das Amostras	20
6. RESULTADOS	20
6.1. Descrição das Concentrações Fossilíferas.....	21
6.1.1. VIBROTESTEMUNHO T1	21
6.1.2. VIBROTESTEMUNHO T2	22
6.1.3. VIBROTESTEMUNHO T3	23
6.1.4. VIBROTESTEMUNHO T4	24
6.2. Correlação entre Parâmetros Tafonômicos e Fácies Sedimentares	25
6.3. Composição Tafonômica.....	26
7. DISCUSSÃO.....	27
8. CONCLUSÕES.....	29
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ANEXO	35

1. INTRODUÇÃO

O atual sistema lagunar na região entre Jaguaruna e Laguna, na costa centro-sul do Estado de Santa Catarina é a resposta da evolução de uma paleobaía inferida pelo reconhecimento de fácies basal de lençol de areia transgressivo depositado durante o estágio inicial da formação da baía (Fornari *et al.* 2012). Este lençol de areia transgressivo consiste de areia fina a média, bem selecionada e fortemente bioturbada, contendo uma diversidade de bioclastos fósseis, representados por conchas inteiras e fragmentadas. Interpretações estratigráficas, reforçadas pelos resultados prévios de caracterização tafonômica e taxonômica dos bioclastos fósseis, permitem sugerir que o lençol de areia transgressivo materializa a superfície de inundação marinha inicial formada durante a subida e o máximo do nível do mar do Holoceno, antes do completo desenvolvimento da barreira holocênica que hoje separa a laguna de mar aberto (Fornari *et al.* 2012).

As fácies sedimentares de baía e laguna preservam densa concentração de bioclastos, os quais foram caracterizados inicialmente a partir da descrição macroscópica. Entretanto no estudo tafonômico de alta resolução faz-se necessário a aplicação de um protocolo tafonômico conforme sugerido por Martin (1999), Simões & Ghilardi (2000), Holz & Simões (2002). De acordo com os mesmos autores a aplicação de protocolos tafonômicos é capaz de melhorar de modo significativo a precisão e reconstrução dos ambientes de sedimentação. Desse modo, no presente estudo uma análise tafonômica de alta resolução foi aplicada com o objetivo de testar e refinar o modelo de evolução sedimentar da paleobaía de Jaguaruna, bem como inferir se as várias assinaturas tafonômicas preservam informações da dinâmica sedimentar do cenário da sua deposição. A passagem do sistema baía para o lagunar se deu na transição entre a fase transgressiva e o início da fase regressiva do Holoceno (Fornari 2010), assim a aplicação da análise tafonômica em moluscos fósseis é uma ferramenta para discutir as mudanças sedimentares da fase baía para a lagunar.

A identificação e caracterização dos depósitos sedimentares decorrente da elevação do nível relativo do mar (NRM) no Holoceno têm grande importância na reconstituição de paleoambientes. Estes depósitos, com ocorrência generalizada de bioclastos com altos índices de corrosão, fragmentação e desarticulação, são gerados pela ação das ondas, durante as transgressões marinhas e, portanto indicam uma superfície de erosão durante o processo de migração da linha de costa no sentido do continente (Swift 1975, Posamentier & Vail 1988, Galloway 2001). Assim, o estudo de alta resolução de assinaturas tafonômicas integrado a dados sedimentológicos e geocronológicos e a sua correlação com as variações do NRM do Holoceno, permite importantes interpretações relativas ao estoque de sedimentos costeiros, principalmente no que se refere ao seu balanço, se negativo ou

positivo, e o espaço de acomodação à época de implantação dos sistemas baías e fase lagunar.

Pelo menos dois aspectos justificaram a realização de um estudo tafonômico dos depósitos baía e laguna no Holoceno de Santa Catarina. No primeiro aspecto, a descrição detalhada das assinaturas tafonômicas em bioclastos fósseis permite refinar o conhecimento da evolução paleogeográfica da área de estudo, uma vez que a interpretação dos seus significados geológicos e oceanográficos, com posterior integração do conjunto de resultados taxonômicos, sedimentológicos e cronológicos, permitem avaliar possíveis relações entre os ambientes de sedimentação (baía e laguna), a dinâmica sedimentar atuante (ondas e correntes) e variações do NRM no Holoceno.

No segundo aspecto, o Quaternário costeiro entre Jaguaruna e Laguna abrange uma diversidade de feições morfológicas que inclui um conjunto de lagunas, lagos, barreira, delta lagunar (rio Tubarão) e vales incisos pleistocênicos afogados e assoreados (Fornari *et al.* 2012). Essa área é propícia à aplicação de projetos de pesquisas científicas com abordagem tafonômica e sedimentológica, uma vez que a diversidade de feições morfológicas ou de ambientes de sedimentação são produtos de uma série de processos que ocorrem em diferentes escalas de tempo, incluindo: ondas (segundos a minutos), marés (horas a meses), clima e mudanças na amplitude e frequência das tempestades (anos a décadas) e variações no nível relativo do mar (séculos a milênios). Estes processos atuam diretamente no substrato sedimentar, onde habitam os animais bentônicos, e, portanto, interferem nos padrões de preservação e afetam a informação no registro fóssilífero (Kondo *et al.* 1998). Reconhecer tais processos, a partir da tafonomia das concentrações fóssilíferas, pode contribuir para a reconstrução dos ambientes de sedimentação siliciclástica, uma vez que as feições tafonômicas são produtos de processos sedimentares e biológicos específicos (energia do meio, taxa de sedimentação, profundidade, produtividade primária, etc.) (Fürsich & Oschmann 1993, Fürsich & Pandey 1999).

O projeto contou com quatro pontos de amostragem de sub-superfície (vibrotestemunhos), além de 11 datações absolutas em conchas de moluscos fósseis. Esse conjunto de dados foi cedido pela Dra. Milene Fornari (coorientadora do TF), para a elaboração e discussão do detalhamento tafonômico de alta resolução.

2. OBJETIVO

O objetivo deste projeto envolveu a análise tafonômica de alta resolução de conchas de moluscos a partir do reconhecimento de assinaturas bioestratinômicas e a correlação dessas assinaturas com as fácies sedimentares identificadas nos sistemas deposicionais do Holoceno da costa centro-sul de Santa Catarina.

3. ÁREA DE ESTUDO: CONTEXTO GEOLÓGICO

Os depósitos sedimentares quaternários do litoral centro-sul catarinense entre os municípios de Jaguaruna e Garopaba destacam-se pela sua diversidade faciológica e complexidade de processos deposicionais eólicos, lagunares e marinhos interdependentes (Giannini 1993, 2002). Uma síntese das unidades morfológicas que ocorrem ao longo da área de estudo foi proposta inicialmente por Giannini (1993). Estudos recentes (Amaral 2008, Tanaka *et al.* 2009, Fornari 2010, Nascimento 2010), a partir de critérios estratigráficos e geocronológicos destacam seis principais sistemas deposicionais ao longo da área de estudo: vales incisos (Riachinho e Sangão em A), deltaico (B), barreira (C), lagunar (D), planície de cordões lagunares (E) e eólico (C e F) (Figura 1).

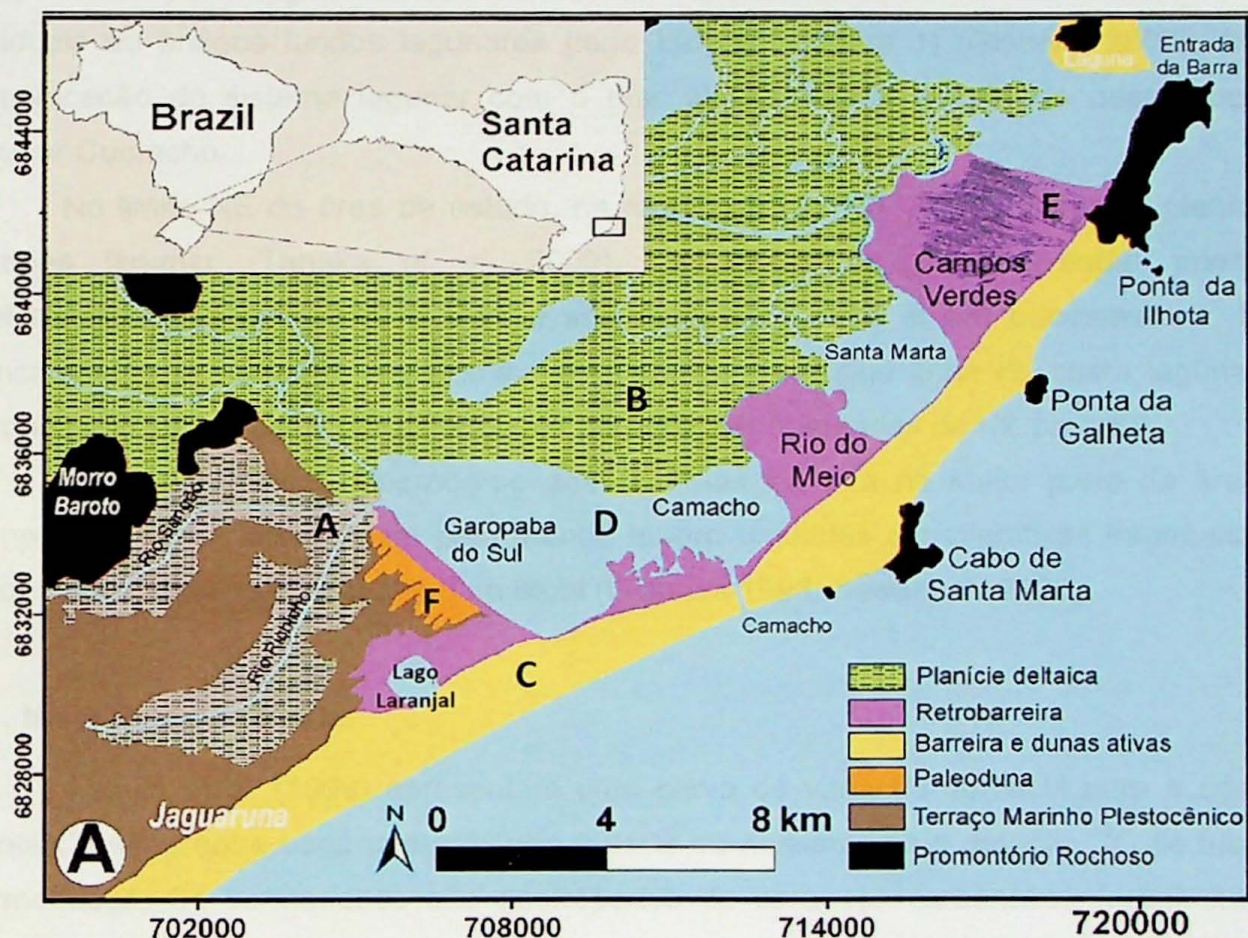


Figura 1. Localização da área de estudo e síntese dos principais sistemas deposicionais (adaptado de Fornari 2010).

O sistema deltaico do Rio Tubarão é caracterizado pela associação de fácies de preenchimento de canal ativo predominantemente arenosas com detritos vegetais e lama associados. Esta sucessão passa gradualmente para as fácies de preenchimento e canal abandonado ou intercanais associadas aos depósitos de lama rica em matéria orgânica

sobreposta em contato inferior abrupto à fácies baía/laguna que compreende os depósitos arenosos ricos em conchas e fragmentos de concha. O avanço do sistema deltaico favoreceu a subdivisão da antiga baía em corpos de água semi-individualizados contíguos, configuração atual do sistema lagunar local (Nascimento 2010).

O sistema vales incisos compreende os vales dos rios Figueirinha e Sangão, situados no limite SW da área de estudo, formados durante o Último Máximo Glacial, no Pleistoceno, e preenchidos por depósitos lagunares holocênicos atestados pela presença de diatomáceas marinhas, pelo sinal isotópico da matéria orgânica preservada nos sedimentos, indicativo de origem algácea marinha, e por indicadores de salinidade (Amaral 2008).

O sistema barreira que ocorre a sul do município de Laguna é constituído por sedimentos arenosos holocênicos. Atrás deste sistema, isola-se um complexo de lagunas, representado pelas lagunas Santa Marta, Camacho e Garobado Sul e uma série de lagos residuais de antigos fundos lagunares (lago Laranjal, Figura 1) (Giannini 2002). A atual comunicação do sistema lagunar com o mar aberto ocorre através da desembocadura lagunar Camacho.

No limite NE da área de estudo, na região de Campo Verdes, ocorre a planície de cordões lagunar (Tanaka *et al.* 2009). Os feixes de cordões estão orientados preferencialmente entre NW e E-W e são separados entre si por truncamentos. Esses truncamentos de cordões registrariam a mudança da antiga linha de costa lagunar. Os cordões são sobrepostos por paleodunas parabólicas, orientadas de NE para SW.

O sistema eólico superpõe-se aos sistemas barreira na maior parte da área. Os campos de dunas apresentam pelo menos quatro unidades estratigráficas informais, com idades que variam do Pleistoceno ao atual (Giannini 1993, Sawakuchi 2003).

3.1. Nível Relativo do Mar

Angulo *et al.* (1999) apresentam uma curva de variação do NRM para a costa de Santa Catarina entre Laguna e Imbituba a partir do nivelamento e datação ^{14}C de tubos de vermetídeos. Os vermetídeos são gastrópodes de carapaça carbonática (aragonita) que vivem incrustados em costões rochosos, com pequena variabilidade de posição no perfil vertical do costão rochoso (Angulo & Giannini 1996), entre os limites de maré mínima e máxima. O conjunto de idades, calibradas e tratadas estatisticamente por Angulo *et al.* (2006), sugerem um nível de mar mais alto que o atual de 2.1 ± 1 m entre 5900 - 5500 anos cal AP e apontam para um declínio gradual do NRM sem grandes oscilações nos últimos 5000 anos (Figura 2).

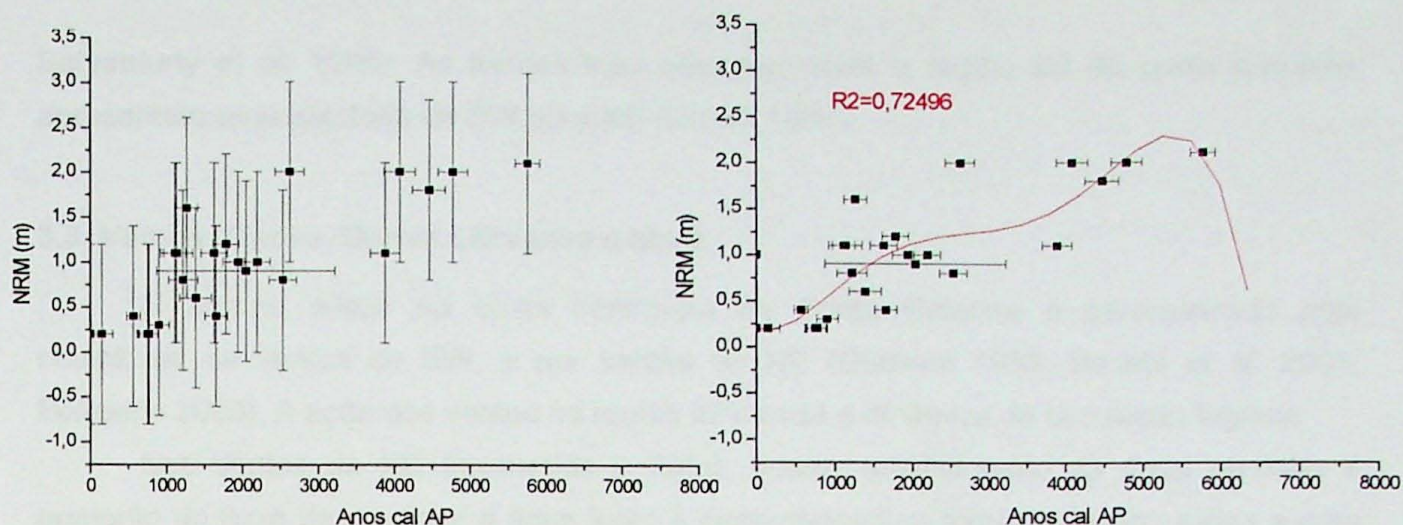


Figura 2. Posições do nível relativo do mar (NRM) na costa catarinense entre Garopaba e Laguna nos últimos 6 mil anos, inferidas a partir de datação e nivelamento de 26 tubos de vermetídeos, conforme dados compilados e reinterpretados de Angulo & Lessa (1997) e Angulo *et al.* (1999) por Angulo *et al.* (2006). No gráfico à esquerda, o erro da estimativa do paleonível é de 1 m. À direita, a curva de variação do NRM é ajustada por um polinômio de 5ª ordem (adaptado de Nascimento 2010).

3.2. Clima

O clima da região é descrito como subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen (1948 *apud* Orselli 1986); mesotérmico, (precipitação durante o ano todo, com média mensal superior a 50 mm), com temperatura média de 19°C. A área apresenta alta umidade relativa do ar, com média em torno de 85% (Giannini 1993) e taxa de precipitação anual dentro da faixa de 1250 a 1400 mm (Martinho 2004).

A ausência de estações de seca relaciona-se à existência de duas fontes distintas de umidade, uma vinda de NE, durante os meses mais quentes do ano, e outra de SW, nos meses frios. A fonte de NE relaciona-se à Zona de Convergência Intertropical e às Monções Sulamericanas de Verão. Sua movimentação ao longo do ano é responsável pela componente sazonal na precipitação pluviométrica no Sul-Sudeste do país, mais evidente a norte de Santa Catarina (Cruz Jr. *et al.* 2005).

As principais massas de ar atuantes na Região Sul são: Massa Tropical Atlântica (MTA) e Massa Polar Atlântica (MPA). A MTA origina-se no anticiclone semifixo do Atlântico e age na costa catarinense através dos ventos de quadrante norte, já a MPA, originária de zonas de baixa pressão, caracteriza-se por ventos do quadrante sul (Orselli 1986, Monteiro & Furtado 1995). A Frente Polar Atlântica, decorrente do encontro dessas massas, é responsável pela ocorrência de chuvas e de ventos ciclônicos dos quadrantes de sul, sistemas meteorológicos típicos de latitudes médias e atuantes no litoral brasileiro (Kousky

Satyamurty *et al.* 1998). As frentes frias que percorrem a região sul da costa brasileira apresentam uma trajetória de SW para NE (Orselli 1986).

3.3. Ventos, Ondas, Deriva Litorânea e Maré

O regime eólico na costa centro-sul de Santa Catarina é caracterizado pela ocorrência de ventos de SW, e por ventos de NE (Giannini 1993, Bonetti *et al.* 2001, Beltrame 2003). A ação dos ventos na região influencia a dinâmica de circulação lagunar

Sob ventos de NE (moderado a forte), ocorre rebaixamento da água marinha e aumento do fluxo de vazante; a água junto à desembocadura torna-se menos salina e com maior turbidez. Por outro lado, durante o predomínio dos ventos de SW (forte a muito forte), ocorre o empilhamento de água marinha junto à costa, o que induz a entrada de água salgada para o interior da laguna Garopaba do Sul e Camacho e o represamento do fluxo fluvial nas áreas mais a montante do sistema lagunar (Beltrame 2003). É nestas condições que se formam barras de maré enchente na parte interna da desembocadura lagunar do Camacho, voltados para o interior da laguna.

A característica do trem de ondulações reflete o regime de ventos sobre o Atlântico Sul, especialmente durante a passagem de sistemas frontais, o que produz ventos e ondas dos quadrante S (Araújo *et al.* 2003). Siegle & Asp (2007), a partir de medidas de altura e direção de frentes de ondas durante o período de um ano feitas por Araújo *et al.* (2003) na costa sul de Santa Catarina, sugerem que ondas de S e E (de alta energia e longo período), embora menos incidentes, controlam o transporte longitudinal de sedimentos para N. As ondas de NE (curto período e baixa energia), mais frequentes, são menos importantes no transporte litorâneo longitudinal, e quando incidem na costa, geram transporte longitudinal para S.

O regime de maré, na costa centro sul de Santa Catarina, conforme descrito por Beltrame (2003) e Oliveira (2004), caracteriza-se pela ocorrência de micro-marés. A amplitude de maré astronômica é da ordem de 0.6 m, com tendência para um regime misto de maré semi-diurna. Em costas com amplitude de maré astronômica dessa ordem de grandeza ou menor, como observado na região costeira do Rio Grande do Sul (Tabajara 1994, Toldo Jr. & Dillenburg 2002, Dillenburg *et al.* 1992), a dinâmica lagunar depende menos da maré astronômica de que da ação combinada do regime de vento local, de fluxos fluviais e da sobrelevação temporária.

4. ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA

As associações de fácies deposicionais na região entre Jaguaruna e Laguna seguem as descrições elaboradas por Fornari (2010) e Fornari *et al.* (2012) em trincheiras, vibrotestemunhos e sondagens obtidos em três setores da costa centro-sul catarinense: Rio do Meio, Camacho e Garopaba do Sul (Figura 3).

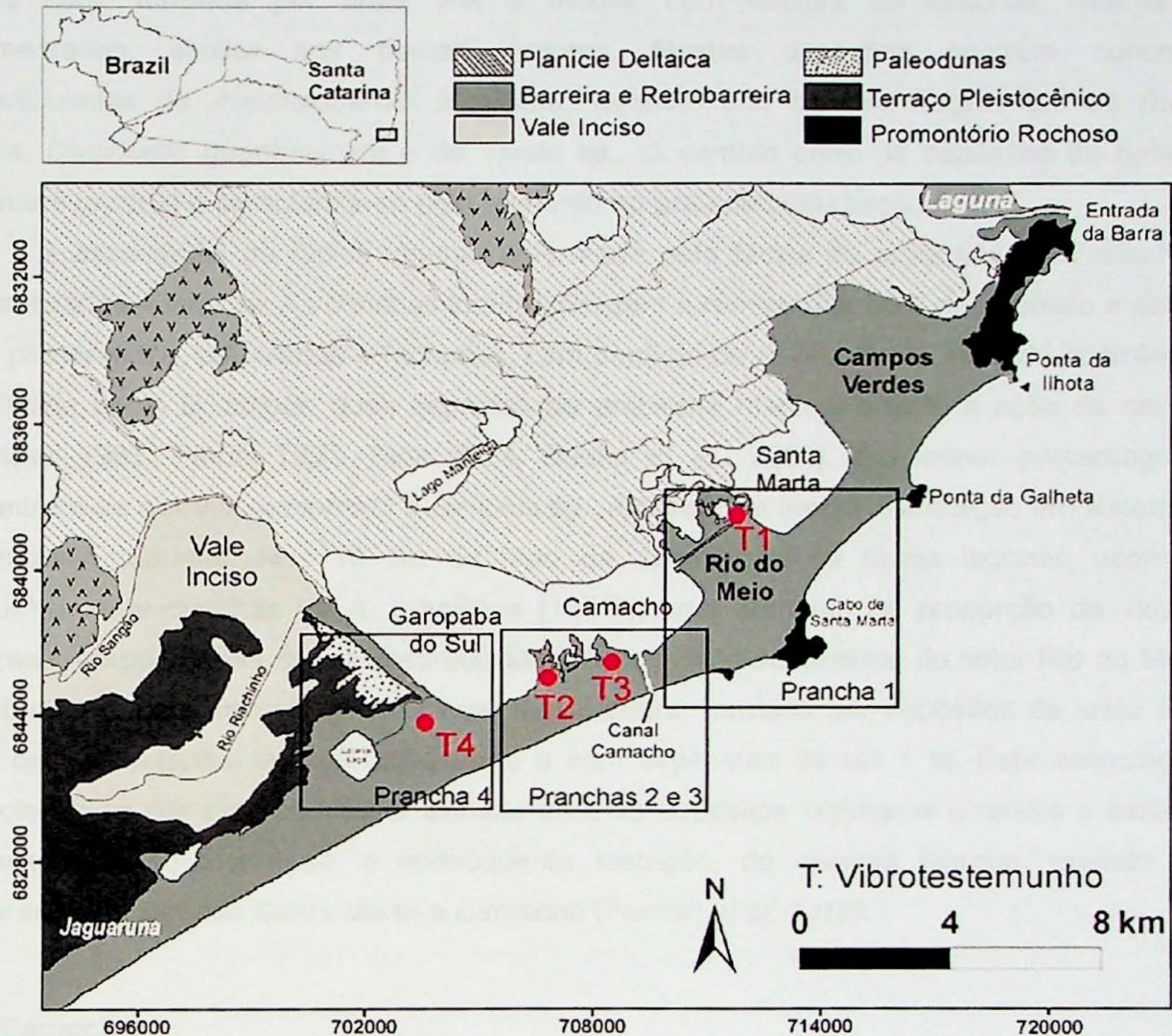


Figura 3. Área de estudo com a localização dos pontos de amostragem e delimitação das pranchas de apresentação de resultados nos setores Rio do Meio, Camacho e Garopaba do Sul.

4.1. Rio do Meio

O empilhamento vertical de fácies deposicionais e a correlação lateral destas fácies foram descritas em quatro associações de fácies: tómbolo, baía, lagunar e retrobarreira (Figura B, Prancha 1) (Fornari *et al.* 2012).

Os depósitos na base correspondem à associação de fácies tómbolo formada por areia fina maciça bem a moderadamente selecionada de coloração cinza claro. Estes depósitos apresentam espessura mínima de 3 m e continuidade lateral ao longo de toda a retrobarreira do Rio do Meio. Resultam da formação de um tómbolo alongado na direção NW, protegido da ação direta de ondas marinhas pelo promontório rochoso Cabo de Santa Marta. Recobrimo os depósitos de tómbolo e em contato abrupto, ocorre a associação de fácies baía, formada por areia fina a média, com mistura de conchas inteiras e fragmentadas, similar aos demais setores. Nestes depósitos ocorrem conchas desarticuladas de *Anomalocardia brasiliiana*, também são comuns fragmentos de *Bulla striata*, *Divaricella quadrisulcata* e de *Tivela* sp.. O contato entre os depósitos de baía e lagunar é gradual e caracteriza-se pelo aumento no grau de bioturbação.

A associação de fácies lagunar é formada pela fácies de areia fina com conchas fragmentadas e inteiras. As conchas inteiras chegam a representar 50% do depósito e estão bem preservadas, articuladas e fechadas, com domínio de *A. brasiliiana*, além da ocorrência de *Tellina* sp. e *B. striata*, duas espécies de ambiente marinho sujeito a ação de ondas (Mendes 1993, Pittoni 1993, Rios 1994, Boehs *et al.*, 2004). Em menor porcentagem, encontram-se *Nucula semiornata* e *Heliobia* sp., ambas com ampla distribuição em sistemas lagunares-estuarinos. Nos 15 cm de topo da associação de fácies lagunar, ocorrem exclusivamente conchas de *A. brasiliiana* (100%), com aumento na proporção de valvas inteiras e empacotadas, todas desarticuladas. A sucessão sedimentar do setor Rio do Meio é sobreposta pela associação de fácies retrobarreira, formada por depósitos de areia fina com detritos vegetais de coloração preta e com espessura de até 1 m. Esta associação caracteriza-se por contato inferior abrupto com os depósitos lagunares e reflete o estágio avançado de segmentação, e consequente restrição, do sistema lagunar, quando se separaram as lagoas Santa Marta e Camacho (Fornari *et al.* 2012).

4.2. Camacho

O empilhamento vertical de fácies deposicionais e a correlação lateral destas fácies permitiram distinguir quatro associações de fácies deposicionais no setor Camacho: desembocadura lagunar, delta de maré enchente, retrobarreira e dunas eólicas (Figura B, Pranchas 2 e 3).

A associação de fácies desembocadura lagunar ocorre com espessura máxima de 2.3 m e extensão lateral de cerca de 5 km. Ela é composta por areia fina com densa concentração de conchas inteiras e fragmentadas. A base desta associação é marcada por aumento brusco na concentração de conchas (>50% da associação de fácies), mas há tendência geral de afinamento da fração terrígena em direção ao topo da associação. O

contato basal desta associação com os depósitos de baía é brusco e erosivo, marcado localmente pela acumulação de conchas fragmentadas (Fornari *et al.* 2012).

A associação de fácies delta de maré enchente é composta pela fácies areia fina com conchas inteiras, de coloração cinza escuro, delimitada mais ao interior da retrobarreira. Caracteriza-se pela presença de sedimentos pelíticos em porcentagens entre 5 e 10%. A concentração de bioclastos nesta associação difere pelo predomínio de valvas inteiras, empacotadas, aninhadas e com convexidade para baixo. A fácies delta de maré enchente é sobreposta em contato abrupto pela fácies de areia fina a muito fina com detritos vegetais, atribuída à associação retrobarreira. A diferença da retrobarreira do setor Camacho em relação ao Garopaba do Sul reside na emersão dos deltas de maré enchente e oclusão progressiva do canal de ligação. Na porção mais externa e recobrindo os depósitos de retrobarreira ocorre a associação de fácies eólica, com até 2 m de espessura. Esta associação é formada pela fácies de areia fina maciça, bem selecionada, com assimetria positiva, coloração amarela e por vezes associados à presença de raízes *in situ*.

4.3. Garopaba do Sul

O empilhamento vertical de fácies deposicionais e a correlação lateral destas fácies permitiu distinguir quatro associações de fácies deposicionais no setor de Garopaba do Sul: baía, lagunar, retrobarreira e eólica (Figura B, Prancha 4).

Segundo Fornari *et al.* (2012) a associação de fácies baía consiste de areia fina a média de cor amarela, bem selecionada e fortemente bioturbada, contendo uma variedade de moluscos fósseis, representados por conchas inteiras e fragmentadas. Nesta associação ocorrem valvas dos bivalves *Tellina* sp., *Anomalocardia brasiliiana*, e as espécies de gastrópodes *Olivella* sp. e *Cerithium eburneum*. Destaca-se a ocorrência de fragmentos do equinodermo *Encope emarginata*. Todas as espécies identificadas são marinhas e vivem em substratos arenosos, desde a antepraia até baías (Rios 1994), ambas sujeitas ao retrabalhamento progressivo pela ação de ondulações e correntes. A espessura dos depósitos de baía é variável (1.0 m no máximo). Para o topo da associação de fácies, observa-se redução na concentração de conchas inteiras desarticuladas e fragmentadas.

Os depósitos da associação de fácies lagunar consistem em areia fina a muito fina, bem selecionada, estendem-se lateralmente ao longo da atual margem lagunar com espessura <1 m. Os macrofósseis correspondem a conchas juvenis (*Tellina* sp.) e adultas (*A. brasiliiana* e *Crassostrea* sp), predominantemente inteiras e articuladas fechadas, com presença de exemplares em posição de vida. Na associação de fácies lagunar, as conchas do molusco bivalve *A. brasiliiana* passam a ser abundantes e dominantes. A presença de conchas articuladas e fechadas, com exemplares em posição de vida, permite inferir que os

depósitos da base desta associação correspondem a fundo lagunar abaixo do nível de base das ondas. Acima, quando passam a ocorrer conchas inteiras desarticuladas e conchas fragmentadas, os depósitos sugerem uma laguna mais rasa, com conchas retrabalhadas pela ação de ondas geradas por ventos locais

Para o topo da sucessão sedimentar, em contato abrupto, ocorre a associação de fácies retrobarreira, que compreende os depósitos de areia fina com detritos vegetais (teor de matéria orgânica entre 10 e 15%), de coloração preta, associada a presença de fragmentos de raízes, folhas e caules, e caracteriza intensificação de feições pedogenéticas e o desaparecimento das conchas inteiras e/ou fragmentadas. Na porção mais externa da área, sobrejacente e em contato brusco com os depósitos de retrobarreira, ocorre a associação de fácies eólica representada por areia fina maciça, bem selecionada e de cor cinza claro a amarelo.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

As acumulações de bioclastos fósseis (macrofósseis >2 mm) formadas por diferentes táxons e reconhecidas em fácies deposicionais de sondagem, trincheiras e vibrotestemunhos foram estudadas inicialmente a partir de uma análise descritiva. Nesta etapa foram descritas as acumulações de conchas de acordo com a forma de preservação em vibrotestemunhos abertos em laboratório e também a partir de registros fotográficos quanto a orientação em corte (em relação ao acamamento), orientação da convexidade, orientação relativa entre as conchas, fábrica ou grau de empacotamento, classe de tamanho, grau de desarticulação/fragmentação e presença de conchas articuladas *in situ*. Após essa descrição, as amostras relativas a cada uma das fácies de areia fina e/ou areia média com conchas foram peneiradas via úmida (peneira de 2 mm) de modo a reter-se a fração bioclástica. Foram separadas manualmente as conchas inteiras articuladas ou desarticuladas das conchas fragmentadas e obteve-se a porcentagem relativa em peso destes dois grupos na amostra total. Em seguida, definiu-se as assinaturas tafonômicas a serem quantificadas para as conchas inteiras: articulação, modificação da margem, perióstraco, brilho, alteração da cor, abrasão, corrosão, bioerosão, incrustação e predação. O reconhecimento taxonômico dos macrofósseis foi feito a partir de trabalhos da Região Sul do Brasil (Rios 1994, Boehs *et al.* 2004, Pimpão 2004) com destaque para os estudos de Pittoni (1993) e Mendes (1993) que identificaram as espécies da fauna em concentrações fossilíferas holocênicas e atuais nos sistemas lagunares e marinho raso na costa sul de Santa Catarina. A abundância relativa das espécies para cada amostra analisada foram

determinadas. Paralelamente, efetuou-se a comparação com os resultados de análise granulométrica das fácies sedimentares.

5.1. Atividades de Campo

Entre os dias 3 e 9 de junho, durante a campanha de amostragem do projeto de pós-doutorado da Dra Milene Fornari, foi realizado um trabalho de campo na área de estudo. Durante essa atividade foi possível conhecer os métodos de amostragem de vibrotestemunhagem e sondagem coletados na região entre Laguna e Araranguá.

A vibrotestemunhagem e a sondagem ao trado são métodos invasivos de coleta de amostras. Em vibrotestemunhagem, utilizam-se tubos de alumínio, com 7.0 cm de diâmetro, que penetram o depósito sedimentar através de vibração produzida por motovibrador. Este tipo de testemunhagem em geral permite a preservação da disposição espacial de estruturas sedimentares e fósseis.

5.2. Protocolo de Análise Tafonômica

Inicialmente cunhado por Efremov (1940 *apud* Holz & Simões 2002), o termo tafonomia refere-se ao estudo da transição dos restos orgânicos da biosfera para a litosfera, incluindo-se a atuação dos processos bioestratinômicos e diagenéticos. Diversos processos bióticos e abióticos atuam, de forma complexa, sobre os restos esqueléticos dos mais diferentes grupos de organismos, os quais também interferem nos padrões de preservação e nos ambientes sedimentares, alterando, inclusive, a informação contida no registro fóssil. Behrensmeyer & Kidwell (1985) apresentam uma definição do conceito de tafonomia, a qual se designa ao estudo dos processos de preservação e como eles afetam a informação no registro fossilífero. Reconhecer tais processos, a partir das assinaturas tafonômicas, é bastante útil às análises paleoambientais e paleoecológicas, pois as assinaturas tafonômicas são produtos de processos sedimentares/biológicos específicos, tais como as taxas de sedimentação, a energia do meio, profundidade, a produtividade primária e as taxas de bioerosão e incrustação (Fürsich & Oschmann 1993).

As acumulações densas de restos de conchas são feições notáveis do registro sedimentar Fanerozoico sendo frequentemente a principal fonte de dados paleobiológicos. Os estudos de concentrações de conchas holocênicas visam, em parte, a verificação das feições macroscópicas e seus significados quanto à paleoecologia e aos processos tafonômicos (Kotzian & Simões 2006, Rodrigues & Simões 2011), a utilização destas no reconhecimento, descrição e diagnóstico de concentrações conchíferas antigas e na análise ambiental (Martinez *et al.* 2006, Rodrigues 2006, Simões *et al.* 2007), e na comparação

entre as assembléias observadas na biocenose, tanatocenose e tafocenose (Simões *et al.* 2009, Erthal *et al.* 2011). Há estudos, que discutem a ausência de padronização dos métodos empregados na análise tafonômica no estudo de macroinvertebrados e os vieses decorrentes da metodologia estabelecida nessa etapa (Rodrigues & Simões 2011, Rodrigues *et al.* 2009). Portanto, deve-se definir um protocolo para a análise tafonômica para esse tipo de pesquisa.

A definição de um protocolo tafonômico deve levar em consideração os objetivos da pesquisa e o material fossilífero a ser analisado. O modelo de protocolo tafonômico utilizado nesse projeto se baseou no utilizado por Rodrigues (2006). A adequação desse protocolo levou em consideração a qualidade e quantidade do material a ser analisado, bem como os objetivos do presente projeto.

Dessa forma, o protocolo de análise tafonômica empregado, consistiu na análise de 10 assinaturas tafonômicas, para moluscos bivalves e 9 assinaturas tafonômicas, para moluscos gastrópodes, uma vez que a assinatura tafonômica articulação não se aplica para esses organismos. As assinaturas tafonômicas e a condição tafonômica de cada uma destas estão agrupadas na Tabela 1 e representadas por fotografias nas Figura 4 e Figura 5.

Tabela 1. Assinaturas tafonômicas investigadas para conchas de moluscos bivalves e gastrópodes e seus estados (condição).

Assinatura Tafonômica	Condição Tafonômica
Articulação	0 = desarticulada 1 = articulada fechada 2 = articulada aberta
Modificação da Margem	0 = natural 1 = irregular 2 = arredondada
Perióstraco	0 = natural 1 = parcialmente perdido 2 = perdido
Brilho	0 = natural 1 = perdido 2 = secundário
Alteração da Cor	0 = natural 1 = alterada para branco 2 = alterada para marrom ou preto
Abrasão	0 = natural 1 = parcial 2 = total
Corrosão	0 = natural 1 = parcial 2 = total
Bioerosão	0 = ausente 1 = presente
Incrustação	0 = ausente 1 = presente
Predação	0 = ausente 1 = presente

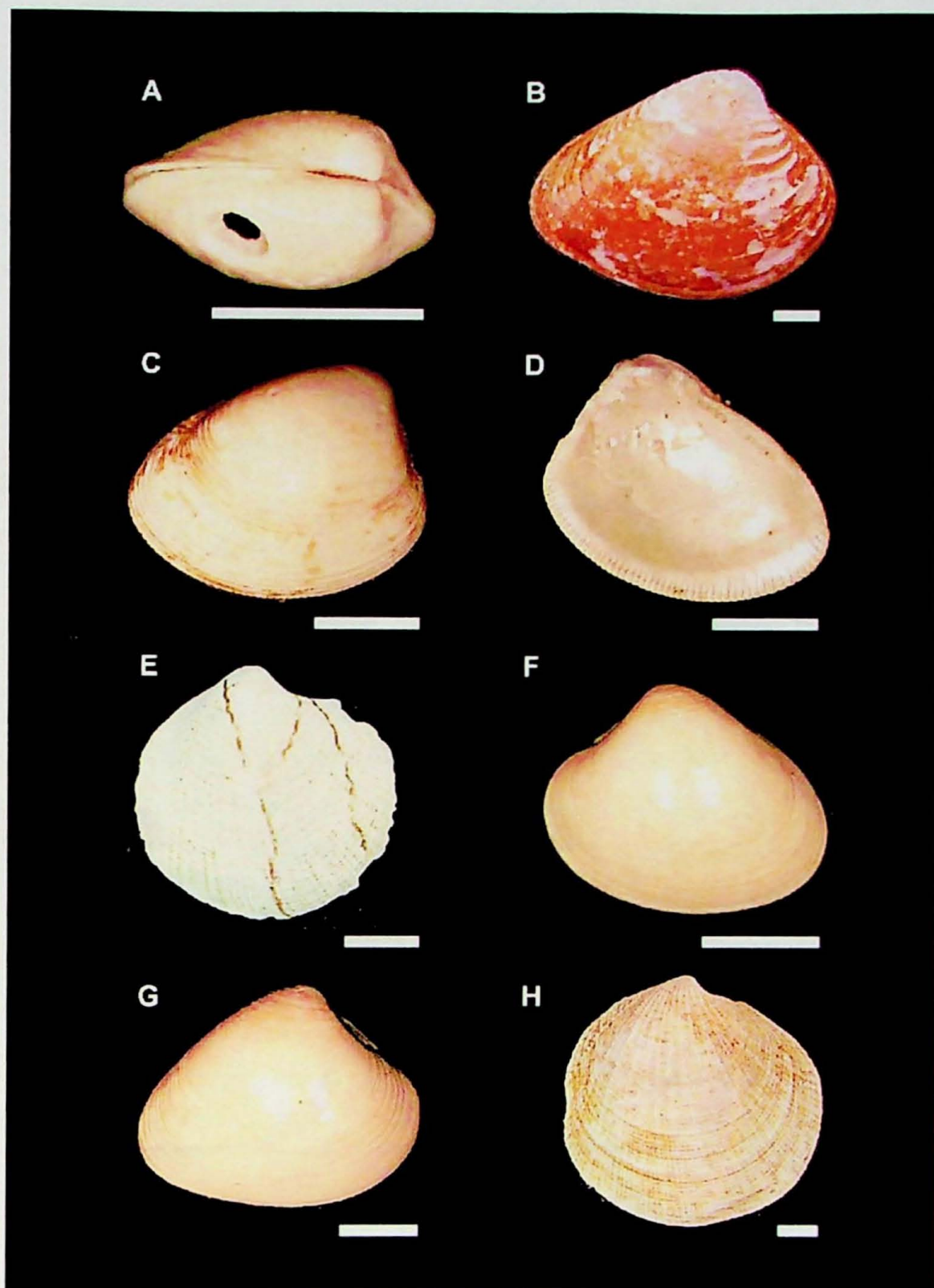


Figura 4. Assinaturas tafonômicas. Articulação fechada em *Anomalocardia brasiliana*, detalhe para predação (A). Perióstraco natural em *A. brasiliana* (B). Margem natural em *Nucula semiornata* porções externa e interna (C-D). Margem irregular em *Codakia* (*Ctena*) *pectinella* (E). Margem arredondada em *A. brasiliana* (F). Brilho natural em *A. brasiliana* (G). Brilho perdido em *Codakia* (*Ctena*) *pectinella* (H). Escala: 2 cm.

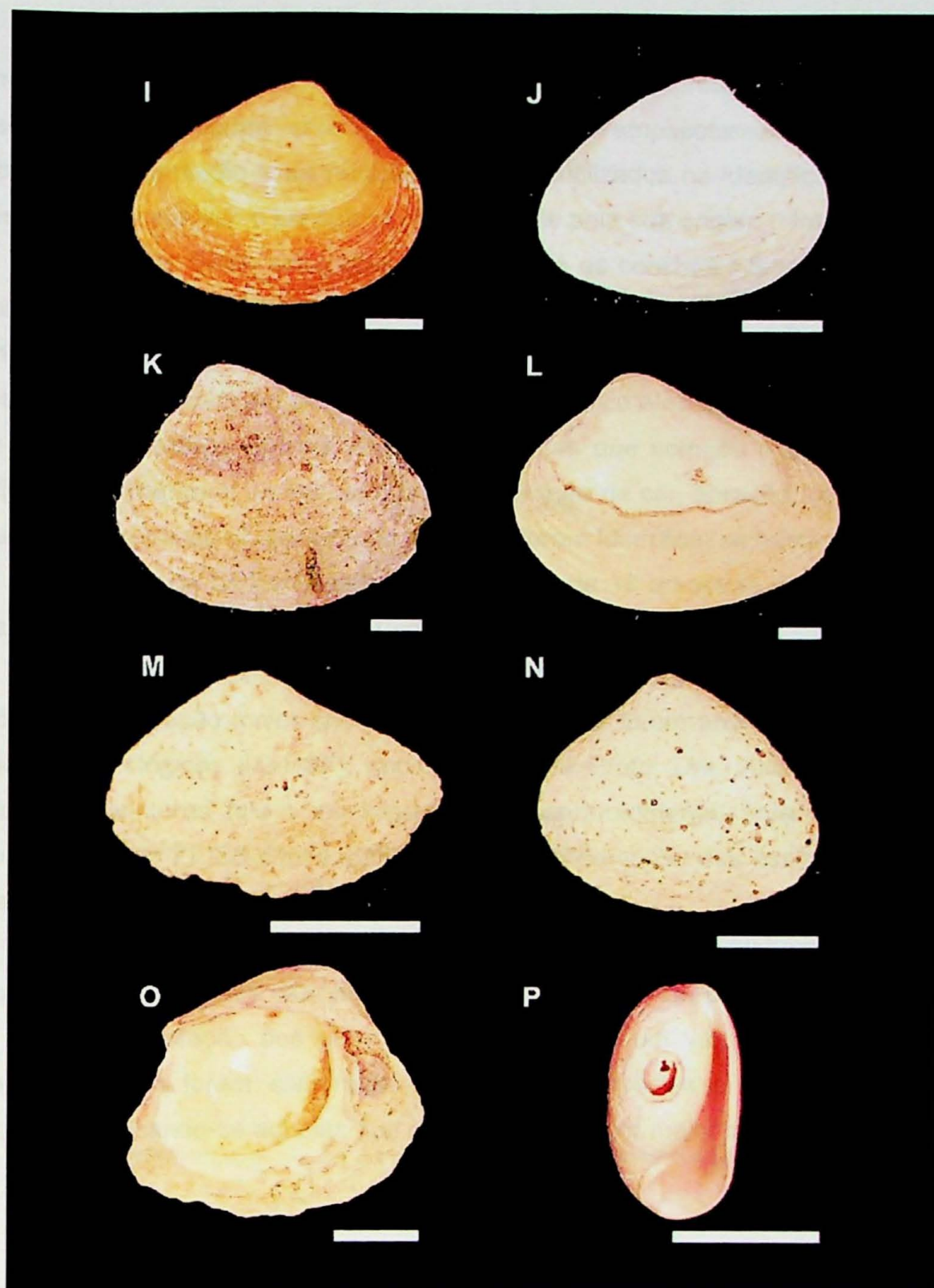


Figura 5. Assinaturas tafonômicas. Alteração da cor, natural em *Anomalocardia brasiliana* (I). Alteração da cor para branco em *A. brasiliana* (J). Alteração da cor para marrom em *A. brasiliana* (K). Abrasão em *A. brasiliana* (L). Corrosão em *Tellina* sp. (M). Bioerosão em *A. brasiliana* (N). Incrustação por bivalve em *A. brasiliana* (O). Predação em *Acteocina bidentata*. Escala: 2 cm.

5.3. Processamento e Análise das Amostras

A análise das acumulações de macrofósseis iniciou-se pela descrição de feições sedimentológicas observadas nos registros fotográficos de vibrotestemunhos. A partir destas feições se estabeleceram critérios como grau de empacotamento, seleção, grau de transporte e reorientação e distribuição em corte, utilizados na identificação dos diferentes processos físico/ químico e biológicos responsáveis pela sua origem (Holz & Simões, 2002).

Em seguida, foram separadas manualmente as conchas inteiras (com mais de 90% da valva preservada) articuladas ou desarticuladas das conchas fragmentadas. O atributo concha fragmentada foi determinado através do reconhecimento de quebras, independente de sua origem, que pode ser por processo físico, químico e/ou biológico. As conchas inteiras foram avaliadas quanto às assinaturas tafonômicas que compõe o protocolo: articulação, modificação da margem, perióstraco, brilho, alteração da cor, abrasão, corrosão, bioerosão, incrustação e predação (Tabela 1). As espécies foram identificadas nesta etapa.

O conjunto de dados compreende um total de 18 amostras de fácies sedimentares obtidas de quatro vibrotestemunhos (Figuras A a D, Pranchas 1 a 4).

Foram analisadas um total de 6.293 conchas inteiras (5.965 bivalves e 328 gastrópodes) na fração maior que 2 mm. As amostras foram analisadas no Laboratório de Estudo Paleobiológicos (IG-USP), coordenado pela Profa. Dra. Juliana de Moraes Leme. Todas as assinaturas foram investigadas independentemente, para cada espécime em esteriomicroscópio ZEISS Stemi 2000. Durante a observação das assinaturas tafonômicas, foi realizada a identificação taxonômica dos exemplares.

Após a aquisição dos dados tafonômicos foram elaborados gráficos das porcentagens relativas das assinaturas tafonômicas quantificadas (Figura E e F, Pranchas 1 a 4). Para a elaboração dos gráficos foi considerado um valor amostral mínimo de 25 conchas. Também foram elaborados gráficos das espécies presentes para cada setor (Figura 6), destacando-se aquelas que apresentaram valor maior ou igual a 2%.

6. RESULTADOS

Os resultados foram obtidos a partir da descrição das concentrações fossilíferas e da análise tafonômica do material bioclásticos. As informações dos vibrotestemunhos obtidos nos setores do Rio do Meio (T1), Camacho (T2 e T3) e Garopaba do Sul (T4) foram agrupados em quatro pranchas 1, 2, 3 e 4, respectivamente, em anexo.

6.1. Descrição das Concentrações Fossilíferas

Na descrição de fácies sedimentares o conteúdo fossilífero é um dos critérios de diferenciação (Walker & James 1992). Nesta perspectiva Fornari (2010) identificou um conjunto de fácies sedimentares principalmente a partir de critérios litológicos e da ocorrência de assembléia de macrofósseis. Este estudo é importante na reconstrução dos sistemas deposicionais e sua evolução no tempo, porém não permite discutir a gênese das concentrações fossilíferas em sucessão sedimentares costeira. No presente estudo a análise de alta resolução das concentrações fossilíferas quanto às características tafonômicas e identificação taxonômica, volta-se ao entendimento da formação e os processos de preservação de acumulações densas de bioclastos em sucessões sedimentares costeiras.

6.1.1. VIBROTESTEMUNHO T1

O vibrotestemunho T1 (Prancha 1), situado no setor Rio do Meio, possui elevação entre -295 e 75 cm. Está dividido em quatro fácies sedimentares: tómbolo, baía, laguna e retrobarreira. A fácies baía possui idades entre 4650-4380 (base) e 3025-2775 (porção intermediária) anos cal AP. A fácies laguna possui idades entre 2680-2300 e 2670-2400 (base) anos cal AP. As acumulações fossilíferas, representadas por conchas de moluscos bivalves e gastrópodes, ocorrem associadas a fácies sedimentares de baía e laguna.

A fácies tómbolo, com elevação entre -295 e -210 cm, é composta por areia fina maciça com fragmentos de conchas que representam menos de 10% da fácies. Verifica-se o aumento na concentração dos bioclastos em direção ao topo. Essa fácies é caracterizada por sedimentos bem selecionados.

A fácies baía, com elevação entre -210 e -75 cm, é composta por areia fina associada a fragmentos de conchas que representam 20% da fácies e a raras conchas inteiras (<1%). Na base, os bioclastos são suportados pela matriz arenosa num empacotamento disperso. Constituem-se essencialmente por fragmentos sem seleção ou orientação preferencial. Em direção ao topo, a concentração de fragmentos aumenta chegando a 60% da fácies e esta passa a ser suportada pelos bioclastos, que ocorrem densamente empacotados. Os fragmentos são pouco selecionados e dispõem-se de forma caótica. Esse aumento na densidade de fragmentos coincide com o aumento na fração areia média e diminuição na fração areia fina dos grãos. Esta tendência pode ser associada a uma fase de retrabalhamento pela ação de ondas e correntes na paleobaía. Do material bioclástico 68% são fragmentos de concha. A análise das assinaturas tafonômicas indica que 100% das conchas apresentaram corrosão, sendo 20% em estado total, e 92%

apresentaram abrasão, todas em estado parcial (Figura F, Prancha 1). As conchas estavam desarticuladas e não se verificou brilho, bioerosão ou incrustação.

A fácies laguna, com elevação entre -75 e 30 cm, é composta por areia fina com conchas inteiras e conchas fragmentadas. As conchas inteiras representam 50% da fácies sedimentar e estão desarticuladas ou articuladas fechadas, algumas *in situ* (10%). O suporte é dado pelos bioclastos caracterizando empacotamento denso. Não apresentam seleção de tamanho e não possuem orientação em relação ao acamamento ou entre si. Do material bioclástico 85% são conchas inteiras. Na análise das assinaturas tafonômicas, 89% das conchas apresentaram corrosão, sendo 69% em estado total, e 34% apresentaram abrasão com 14% em estado total (Figura E, Prancha 1). Articuladas fechadas representaram 4% da amostra, totalizando 47 bioclastos. Observou-se brilho em 11% das conchas e bioerosão em 24% das conchas.

A fácies retrobarreira, com elevação entre 15 e 70 cm, é composta por areia fina e marca o desaparecimento das conchas, com aumento na quantidade de material pelítico, aumento no teor de matéria orgânica e aparecimento de detritos vegetais, dispendo-se bruscamente sobre a fácies laguna.

6.1.2. VIBROTESTEMUNHO T2

O vibrotestemunho T2 (Prancha 2), situado no setor Camacho, possui elevação entre -360 e 80 cm. Está dividido em quatro fácies sedimentares: baía, desembocadura lagunar/delta de maré enchente, retrobarreira e dunas eólicas. A fácies baía possui idade entre 5840-5600 (topo) anos cal AP. A fácies desembocadura lagunar/delta de maré enchente possui idade entre 4360-4065 (porção intermediária) anos cal AP. As acumulações fossilíferas, representadas por conchas de moluscos bivalves e gastrópodes, ocorrem associadas a fácies sedimentares de baía e desembocadura lagunar/delta de maré enchente.

A fácies baía, com elevação entre -360 e -280 cm, é composta por areia fina associada a fragmentos de conchas que representam 40% da fácies e a poucas conchas inteiras (<5%). Na base, a concentração de conchas é dominada por fragmentos pobremente selecionados e sem orientação preferencial, suportados pela matriz, caracterizando empacotamento fraco. Em direção ao topo, a concentração de conchas, principalmente inteiras, aumenta e a fácies passa a ser suportada pelos bioclastos, que ocorrem densamente empacotados. Do material bioclástico 84% são fragmentos de concha. Na análise das assinaturas tafonômicas, 97% das conchas apresentaram corrosão, sendo 41% em estado total, e 70% apresentaram abrasão com 54% em estado total (Figura F, Prancha 2). As conchas estavam desarticuladas e verificou-se brilho e cor natural em 7% e

9% das conchas, respectivamente. Esta tendência reflete uma baixa taxa de sedimentação e, conseqüentemente, maior período de residência dos bioclastos na interface água-sedimento possibilitando a atuação mais efetiva dos processos de dissolução responsáveis pela perda do brilho e cor naturais das conchas.

Em contato gradual, a fácies desembocadura lagunar/delta de maré enchente, com elevação entre -280 e -65 cm, é composta por areia fina com conchas inteiras e a conchas fragmentadas. As conchas inteiras representam 60% da fácies e estão em grande parte desarticuladas e sem seleção de tamanho. O suporte é dado pelos bioclastos caracterizando empacotamento denso. Seus eixos maiores estão concordantes em relação ao acamamento, a convexidade direciona-se para cima e dispõem-se empilhados e empacotados. Do material bioclástico 71% são conchas inteiras. Na análise das assinaturas tafonômicas, 72% das conchas apresentaram corrosão, sendo 18% em estado total, e 60% apresentaram abrasão com 15% em estado total (Figura E, Prancha 2). Articuladas fechadas representaram 14% da amostra, totalizando 313 bioclastos. Observou-se brilho e cor naturais em 47% e 40% das conchas, respectivamente. Esta tendência indica, apesar de intenso retrabalhamento com remobilização dos bioclastos indicado pela totalidade de conchas desarticuladas e por estas possuírem orientação, alta taxa de sedimentação preservando o brilho e cor naturais das conchas, convergindo para o modelo de migração (direção NW) e fechamento/abertura da desembocadura lagunar.

Sobreposta em contato brusco a fácies desembocadura lagunar/delta de maré enchente localiza-se a fácies retrobarreira, com elevação entre -65 e 0 cm. Esta fácies é composta por areia fina e marca o desaparecimento das conchas, com aumento na quantidade de material pelítico, aumento no teor de matéria orgânica e aparecimento de detritos vegetais. Em contato brusco a esta, tem-se a fácies dunas eólicas, com elevação entre 0 e 80 cm, composta por areia fina com estrutura maciça e coloração amarela.

6.1.3. VIBROTESTEMUNHO T3

O vibrotestemunho T3 (Prancha 3), situado no setor Camacho, possui elevação entre -390 e 90 cm. Está dividido em três fácies sedimentares: baía, desembocadura lagunar/delta de maré enchente, retrobarreira. A fácies baía possui idade entre 8070-7855 (base) anos cal AP. A fácies desembocadura lagunar/delta de maré enchente possui idade entre 2700-2340 (porção intermediária) anos cal AP. As acumulações fossilíferas, representadas por conchas de moluscos bivalves e gastrópodes, ocorrem associadas a fácies sedimentares de baía e desembocadura lagunar/delta de maré enchente.

A fácies baía, com elevação entre -390 e -185 cm, é composta por areia fina associada a fragmentos de conchas que representam 50% da fácies. Esses fragmentos não

apresentam seleção de tamanho e não possuem orientação. Inicialmente, o suporte é dado pela matriz num empacotamento disperso e, em direção ao topo, passa a ser dado pelos bioclásticos que ocorrem densamente empacotados. À medida que a quantidade de material bioclástico aumenta maior a representatividade de conchas inteiras. Do material bioclástico 65% são fragmentos de concha. Na análise das assinaturas tafonômicas, 87% das conchas apresentaram corrosão, sendo 27% em estado total, e 60% apresentaram abrasão com 7% em estado total (Figura F, Prancha 3). Verificou-se brilho e cor natural em 44% e 49% das conchas, respectivamente.

Em contato gradual ocorre a fácies desembocadura lagunar/delta de maré enchente, com elevação entre -185 e 30 cm, composta por areia fina com conchas inteiras. As conchas inteiras são sempre desarticuladas, pouco selecionadas e suportam a fácies, caracterizando empacotamento denso. Observa-se a orientação concordante entre o eixo maior das conchas e o acamamento da fácies. A convexidade se orienta para baixo com as conchas aninhadas e empilhadas. Do material bioclástico 78% são conchas inteiras. Na análise das assinaturas tafonômicas, 72% das conchas apresentaram corrosão, sendo 10% em estado total, e 34% apresentaram abrasão com 29% em estado parcial (Figura F, Prancha 3). Articuladas fechadas representaram 4% da amostra, totalizando 59 bioclásticos. Observou-se brilho e cor naturais em 71% e 88% das conchas, respectivamente.

Sobreposta em contato brusco localiza-se a fácies retrobarreira, com elevação entre 30 e 90 cm. Esta fácies é composta por areia fina e marca o desaparecimento das conchas, aumento no teor de matéria orgânica e aparecimento de detritos vegetais.

6.1.4. VIBROTESTEMUNHO T4

O vibrotestemunho T4 (Prancha 4), situado no setor Garopaba do Sul, possui elevação entre -140 e 100 cm. Está dividido em três fácies sedimentares: baía, laguna e retrobarreira. A fácies baía possui idade entre 6750-6320 (base) anos cal AP. A fácies laguna possui idades entre 5560-5320 (base) e 5280-4995 (topo) anos cal AP. As acumulações fossilíferas, representadas por conchas de moluscos bivalves e gastrópodes, ocorrem associadas a fácies sedimentares de baía e laguna.

A fácies baía, com elevação entre -140 e -70 cm, é composta por areia fina associada a fragmentos de conchas que representam 50% da fácies e a poucas conchas inteiras (~10%). Os bioclásticos não apresentam seleção de tamanho ou orientação sendo suportados pela matriz, fracamente empacotados. Porém há camadas em que a concentração dos bioclásticos densamente empacotados é maior e dão o suporte a fácies. Estes níveis são paralelos ao acamamento, as espessuras variando entre alguns milímetros a alguns centímetros. Do material bioclástico 66% são fragmentos de concha. Na análise

das assinaturas tafonômicas, 67% das conchas apresentaram corrosão, sendo 34% em estado total, e 30% apresentaram abrasão com 21% em estado parcial (Figura F, Prancha 4). Observou-se brilho e cor naturais em 39% e 42% das conchas, respectivamente.

O contato bem marcado entre as fácies é evidenciado pela diferença entre os empacotamentos das concentrações. A fácies laguna, com elevação entre -70 e 0 cm, é composta por areia fina com conchas inteiras que representam 60% da fácies. Estas conchas ocorrem desarticuladas ou articuladas fechadas com exemplares *in situ* (10%). A concentração fossilífera é suportada pelos bioclastos, densamente empacotados, os quais não apresentam seleção e não possuem orientação em relação ao acamamento ou entre si. Do material bioclástico 78% são conchas inteiras. Na análise das assinaturas tafonômicas 76% das conchas apresentaram corrosão, sendo 41% em estado total, e 37% apresentaram abrasão com 28% em estado parcial (Figura E, Prancha 4). Observou-se brilho em 15% das conchas, cor natural em 20% das conchas e bioerosão em 14% das conchas.

A fácies retrobarreira, com elevação entre 0 e 100 cm, é composta por areia fina e marca o desaparecimento das conchas, aumento no teor de matéria orgânica e aparecimento de detritos vegetais, em contato brusco sobre a fácies laguna.

6.2. Correlação entre Parâmetros Tafonômicos e Fácies Sedimentares

Na fácies baía, os bioclastos são compostos principalmente por conchas fragmentadas que representam até 60% do registro sedimentar. Os fragmentos representam de 84 a 65% do conteúdo fossilífero. Esta fácies possui grau de empacotamento entre disperso a denso e não apresenta orientação dos bioclastos. Em direção ao topo, há aumento na proporção da fração granulométrica areia média. Quanto às assinaturas tafonômicas, a fácies baía apresenta valores mais variáveis quando comparados aos obtidos nas fácies lagunar e desembocadura lagunar. Ainda assim, a abrasão é alta entre 92 e 30% e em estado total chega-se a 54%. O mesmo é verificado para corrosão entre 100 e 67%, porém em estado parcial entre 80 e 33%. Os valores para brilho e cor (naturais) apresentam alta variabilidade, entre nulo a presente em 50% dos bioclastos observados.

Na fácies desembocadura lagunar/delta de maré enchente, 78 a 71% dos bioclastos são compostos por conchas inteiras que representam 50% do registro sedimentar. Os bioclastos ocorrem sempre desarticulados. Diferencia-se da fácies laguna principalmente pela orientação dos bioclastos, pois seus eixos maiores são paralelos ao acamamento e a convexidade direciona-se somente para baixo ou para cima. As conchas dispõem-se aninhadas e empacotadas. Quanto às assinaturas tafonômicas, apresenta valores altos para abrasão e corrosão, até 60% e 72% respectivamente, ambas em estado parcial, 45% e 62% respectivamente. Os bioclastos possuem brilho e cor naturais altos na faixa entre 90 a 40%.

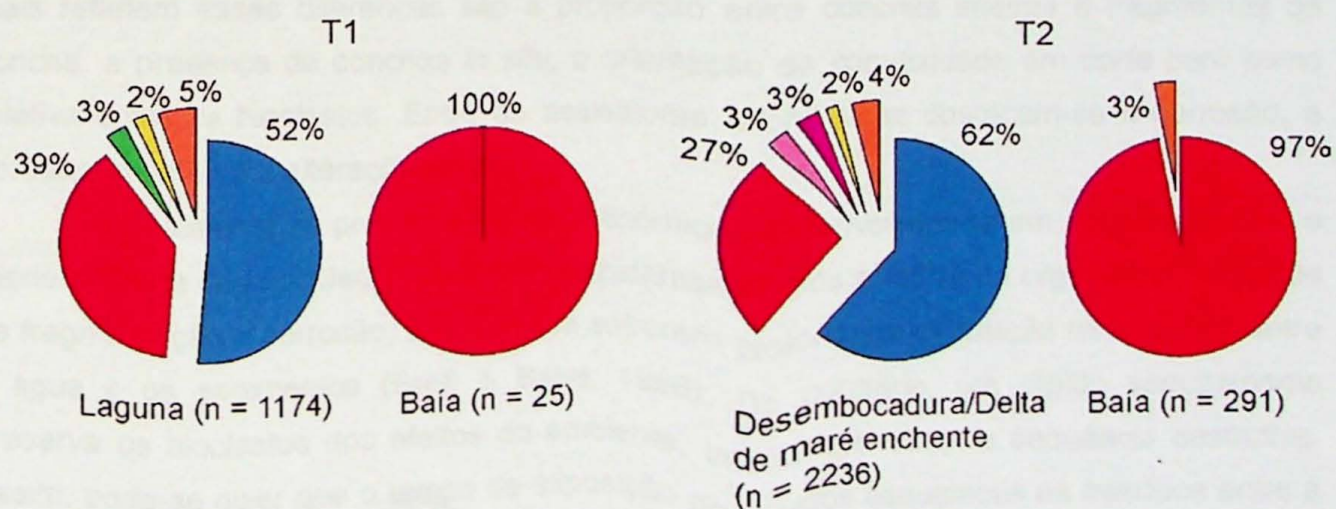
Na fácies laguna, os bioclastos são compostos principalmente por conchas inteiras entre 85 a 78% e representam 60 a 50% do registro sedimentar. Destaca-se que na fácies lagunar 10% das conchas encontram-se articuladas fechadas *in situ* e as conchas não apresentam seleção de tamanho. Quanto às assinaturas tafonômicas, apresenta valores altos para corrosão entre 89 e 76%, a maior parte em estado total entre 69 e 41%. A abrasão é baixa entre 37 e 34% com predomínio de abrasão parcial (entre 28 e 20%). As assinaturas brilho e cor em condição natural apresentam valores muito baixos, na faixa entre 20 e 10%.

6.3. Composição Tafonômica

A determinação da espécies presentes na assembléia fossilífera pode fornecer informações sobre os ambiente sedimentares, principalmente naqueles em que se verifica fósseis *in situ* indicando baixo transporte. Pode-se obter informações quanto ao tipo de substrato, salinidade, temperatura e energia do meio.

Nas concentrações descritas, observa-se o predomínio de duas espécies *A. brasiliiana* e *Tellina* sp.. Ambas espécies vivem em diversos ambientes e sob diferentes condições ambientais, com ampla distribuição geográfica.

Os gráficos em setores elaborados para cada um dos vibrotestemunhos (Figura 6) mostram as espécies com mais de 2% de ocorrência. Nota-se que nas fácies laguna e desembocadura lagunar mais espécies alcançam esse valor, enquanto na fácies baía isso quase não ocorre.



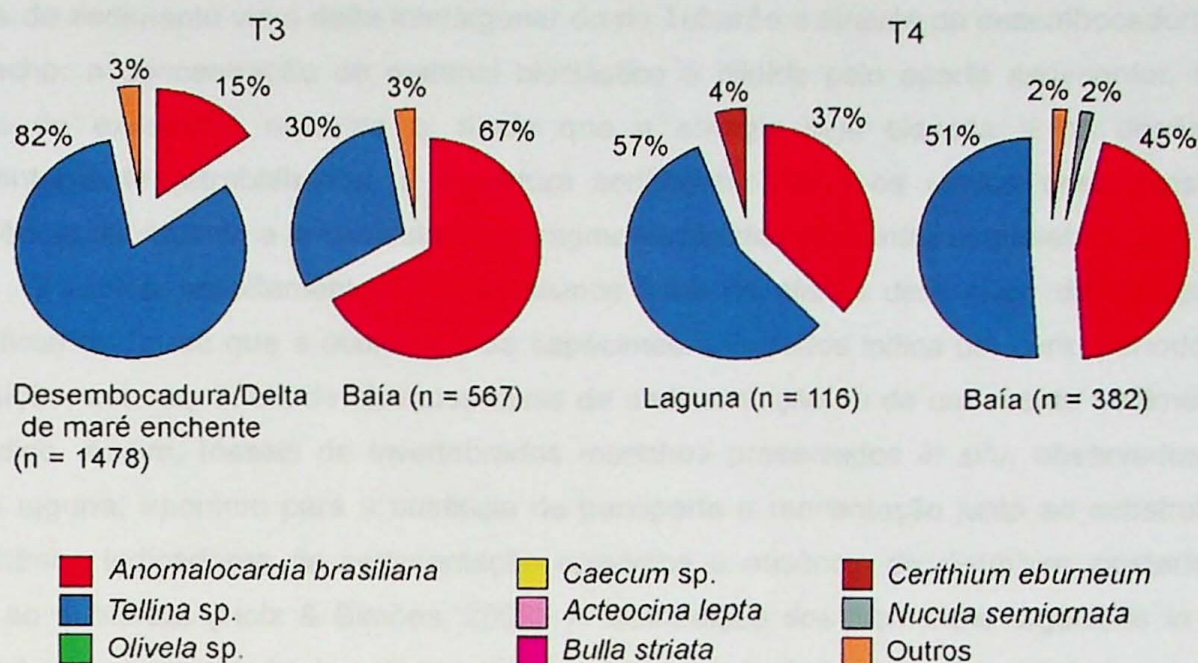


Figura 6. Gráfico de espécies com mais de 2% de representatividade nos vibrotestemunhos T1, T2, T3 e T4, para cada fácies sedimentar, e respectivos valores amostrais.

7. DISCUSSÃO

A partir das descrições das concentrações fossilíferas e da análise tafonômica, pode-se verificar diferenças na divisão de fácies sedimentares utilizadas nesse projeto, a saber, fácies baía, lagunar e desembocadura lagunar/delta de maré enchente. Os critérios que mais refletem essas diferenças são a proporção entre conchas inteiras e fragmentos de concha, a presença de conchas *in situ*, a orientação da convexidade em corte bem como relativa entre os bioclastos. Entre as assinaturas tafonômicas destacam-se a corrosão, a abrasão, o brilho e a alteração da cor.

Normalmente os processos bioestratinômicos desenvolvem-se em sequência, com a reorientação e desarticulação ocorrendo rapidamente após a morte do organismo, seguidos da fragmentação e corrosão, se os restos sofrerem prolongada exposição na interface entre a água e os sedimentos (Brett & Baird, 1986). Do contrário, um rápido sepultamento preserva os bioclastos dos efeitos do ambiente, interrompendo esta sequência destrutiva. Assim, pode-se dizer que o tempo de exposição dos restos esqueléticos na interface entre a água e os sedimentos é o principal fator responsável por sua destruição.

Os bioclastos desarticulados e fragmentados são comuns em ambientes onde a taxa de sedimentação é baixa, permitindo o contínuo retrabalhamento pela ação de ondas e correntes, conforme observado na fácies baía. Em contraste, nas fácies laguna e desembocadura lagunar, que representam ambientes em assoreamento progressivo pelo

aporte de sedimento via o delta interlagunar do rio Tubarão e através da desembocadura do Camacho, a concentração de material bioclástico é diluída pelo aporte sedimentar, com tempo de exposição reduzido e, ainda que a energia seja elevada e os depósitos frequentemente retrabalhados, a cobertura sedimentar reduz os efeitos destrutivos da turbulência diminuindo a desarticulação e fragmentação dos elementos esqueléticos.

O rápido sepultamento dos organismos inibe os efeitos destrutivos da exposição superficial de forma que a ocorrência de espécimes articulados indica um curto período de exposição, consequência de elevadas taxas de sedimentação ou de um evento sedimentar episódico. Assim, fósseis de invertebrados marinhos preservados *in situ*, observados na fácies laguna, apontam para a ausência de transporte e reorientação junto ao substrato e são ótimos indicadores de sedimentação episódica e ausência de distúrbios posteriores junto ao substrato (Holz & Simões, 2002). A distribuição dos elementos orgânicos *in situ* depende da profundidade de soterramento e a intensidade da biotubação, sendo favorecida quando a cobertura sedimentar ultrapassa a espessura da camada de elementos esqueléticos soterrados (Speyer & Brett, 1988).

Outra questão que se mostrou marcante foi que as assinaturas abrasão e corrosão se mostraram mais representativas nas conchas analisadas, sendo a ocorrência de corrosão maior na fácies laguna (> 76%) e de abrasão nas fácies baía (até 92%) e desembocadura lagunar (até 60%).

A corrosão é um processo que ocorre tipicamente com os bioclastos soterrados, ou seja, é resultado da ação de dissolução das águas intersticiais (Rodrigues, 2006). Possivelmente, as conchas estão total ou parcialmente incorporadas a esses substratos, não permanecendo expostas na interface água sedimento, por prolongados períodos de tempo, permitindo a ação efetiva do processo de dissolução. O tempo de exposição dos restos orgânicos na interface entre a água e os sedimentos é o principal fator responsável na definição do grau que estes sofrerão os efeitos relativos dos agentes destrutivos (Speyer & Brett, 1988).

Desta forma, se o tempo de exposição for baixo, o grau em que cada processo superficial ou gerado por correntes e ação de ondas pode fragmentar, desarticular, reorientar, selecionar ou desgastar e corroer os elementos esqueléticos é, correspondentemente, limitado. Em ambientes onde a disponibilidade de sedimentos para deposição é baixa, o tempo de exposição dos restos orgânicos na interface entre a água e o substrato aumenta e as concentrações de bioclastos são expostas aos efeitos destrutivos dos processos tafonômicos por maiores períodos de tempo (Moutinho, 2006).

Nos ambientes de águas rasas e com retrabalhamento intenso, a abrasão predomina, atuando, caracteristicamente, nos bioclastos que permanecem expostos na interface água/sedimento. Sob estas condições de energia a taxa de sedimentação deve ser

relativamente baixa para que os processos de desgaste possam atuar por tempo prolongado. Conchas aninhadas e empilhadas indicam deposição rápida, associada a eventos de alta energia (Fürsich & Oschmann 1986, 1993; Kidwell & Bosence 1991; Simões *et al.*, 1996), como provavelmente ocorre junto a desembocadura lagunar do Camacho, durante passagem de frentes frias com a formação de ondas que atingem o corpo lagunar. Em geral, a parte final da história preservada nessas acumulações é o produto de intensa seleção e retrabalhamento (Simões & Torello, 2003)

Em muitos bioclastos descritos a sobreposição das assinaturas tafonômicas é comum, principalmente corrosão e abrasão, embora alguns desses processos possam ocorrer nos bioclastos de um mesmo ambiente concomitantemente (Rodrigues 2006). Verifica-se, na maior parte dos bioclastos, que a corrosão se sobrepõe a abrasão e indica que a ação de processos de dissolução foi mais efetiva no ambiente em que os bioclastos foram depositados.

Algumas assembléias apresentaram valores elevados para o brilho e a alteração de cor, condição natural, indicando uma menor exposição aos processos responsáveis pela destruição dessas feições. As amostras que apresentam tanto brilho e cor, condição natural, quanto corrosão e abrasão, condição presente, elevados, dão indícios de mistura temporal entre os bioclastos (Kidwell & Bosence 1991, Kidwell 1998, Kotzian & Simões 2006).

8. CONCLUSÕES

1- Os bioclastos presentes nas fácies sedimentares analisadas apresentam diferenças tafonômicas ao longo do registro estratigráfico e estas diferenças refletem as taxas de sedimentação, a energia ambiental e a regularidade e intensidade dos eventos sedimentares;

2- As assinaturas tafonômicas que mais refletem as diferenças entre as fácies sedimentares são a proporção entre conchas inteiras e fragmentadas, a presença de conchas *in situ*, a orientação da convexidade, em corte e relativa entre os bioclastos, corrosão, abrasão, brilho e cor.

3- A análise tafonômica de alta resolução caracterizou a passagem de sistema baía para o lagunar, permitindo o estabelecimento da relação entre as assinaturas tafonômicas e a mudança do ambiente de sedimentação e a correlação entre as assinaturas tafonômicas e a gênese da concentração fossilífera durante o evento transgressivo do Holoceno.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral P.G.C. 2008. Evolução da Sedimentação Lagunar Holocênica na Região de Jaguaruna, Estado de Santa Catarina: Uma Abordagem Sedimentológica-Micropaleontológica Integrada. São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 165 p.
- Angulo R.J. & Giannini P.C.F. 1996. Variação do nível relativo do mar nos últimos dois mil anos na região sul do Brasil: uma discussão. *Boletim Paranaense de Geociências*, **44**: 67 - 75.
- Angulo R.J., Giannini P.C.F., Suguio K., Pessenda L.C.R. 1999. Relative sea level changes during the last 5500 years in the Laguna-Imbituba region (Santa Catarina, Brazil), based on vermetid radiocarbon ages. *Marine Geology*, **159**: 323-339.
- Angulo R.J. & Lessa G. 1997. The brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. In: *XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia*, Anais, Salvador, pp. 285 - 288.
- Angulo R.J., Lessa G.C., Souza M.C. 2006. A critical review of the mid- to late Holocene sea-level fluctuations on the eastern brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, **25**: 486-506.
- Araújo C.E.S., Franco D., Melo E., Pimenta F. 2003. Wave regime characteristics of the southern Brazilian coast. International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, COPEDEC VI, Colombo, Sri Lanka. In: *Proceedings*. Paper 97. CD-ROM.
- Beltrame E. 2003. Seleção de Sítios e Planejamento da Atividade de Cultivo de Camarões Marinhos com Base em Geotecnologia. Dissertação de Mestrado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, 197 p.
- Behrensmeyer A.K. & Kidwell S.M. 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology*, **11**: 105-119.
- Boehs G., Absher T.M., Cruz-Kaled A.C. 2004. Composition and distribution of benthic molluscs on intertidal flats of Paranaguá Bay (Paraná, Brazil). *Scientia Marina, Barcelona*, **68** (4): 537-543.
- Bonetti C., Oliveira D.A.G., Bonetti Filho J., Beltrame E., Santos R., Marino V. 2001. Estudo ambiental da laguna do Camacho/Garopaba do Sul (SC) baseado na avaliação de indicadores oceanográfico. In: *VIII Congresso da ABEQUA*, Imbé, RS, Boletim de resumos, p. 533.
- Brett C.E. & Baird G.C. 1986. Comparative Taphonomy: a Key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, **1**: 207-227.

- Cruz F.W.Jr, Burns S.J., Karmann L., Sharp W.D., Vuille M., Cardoso A.O., Ferrarri J.A., Silva Dias P.L., Viana Jr. O. 2005 Insolation-driven changes in atmospheric circulation over past 116,000 years in subtropical Brazil. *Nature*, **434**: 63-65.
- Dillenburg L.R., Waechter J.L. & Porto M.L. 1992. Species composition and structure of a sandy coastal plain forest in northern Rio Grande do Sul, Brazil. *In*: U. Seeliger (org.). *Coastal Plant Communities of Latin America*. New York, Academic Press, p.: 349-366.
- Efremov J.A. 1940. Taphonomy: new branch of paleontology. *Pan American Geology*, **74**: 81-93.
- Erthal F., Kotzian C. B. & 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 (Tulsa)*, **26**: 433-446.
- Fornari M. 2010. Evolução sedimentar holocênica da retrobarreira na região de Jaguaruna-Laguna, Santa Catarina. São Paulo. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 290 p.
- Fornari M., Giannini P.C.F., Nascimento D.R.Jr. 2012. Facies association and controls on the evolution of a coastal bay to a lagoon system, Santa Catarina Coast, Brazil. *Marine Geology* **323-325**: 56-68.
- Fürsich F.T. & Oschmann W. 1986. Storm shell beds of *Nanogyra virgule* in the Upper Jurassic of France. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, **172**: 141-161.
- Fürsich F.T. & Oschmann W. 1993. Shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic Kachchh, western India. *Journal of Geological Society of London*, **150**: 169-185.
- Fürsich F.T. & Pandey D.K. 1999. Genesis and environmental significance of Upper Cretaceous shell concentration from the cauvery basin, southern India. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **145**: 119-139.
- Galloway W.E. (2001). The many faces of submarine erosion: theory meets reality in selection of sequence boundaries. *In*: A. A. P. G. Hedberg Research Conference on Sequence Stratigraphy and Allostratigraphic Principles and Concepts, Dallas, August 26-29, *Program and Abstracts Volume*, p. 28-29.
- Giannini P.C.F. 1993. Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, Santa Catarina. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2v, 2 mapas, 439 p.
- Giannini P.C.F. 2002. Complexo lagunar centro-sul catarinense- valioso patrimônio sedimentológico, arqueológico e histórico. *In*: C. Schobbenhaus, D.A. Campos, E.T. Queiroz, M. Winge, M. Berbert-Born (eds.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília, DNPM, p.: 213-222.
- Holz M. & Simões M.G. 2002. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Editora UFRGS, 232 pp.

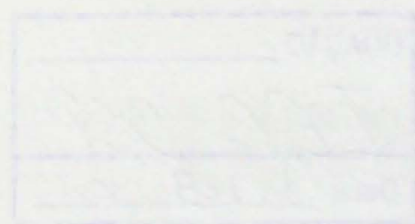
- Kidwell S.M. 1998. Time-averaging in the marine fossil record: overview of strategies and uncertainties. *Geobios* **30**: 977-995.
- Kidwell S.M. & Bosence D.W.J. 1991. Taphonomy and time averaging of marine shelly faunas. In: P.A. Allison & D.E.G Briggs (eds.). *Taphonomy. Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. New York: Plenum Press, p.: 115-209.
- Kondo Y., Stephen T.A., Akihisa K., Peter J.J.K., Tim R.N., Takanobu K., Gordon S.S. 1998. The relationship between shellbed type and sequence architecture: examples from Japan and New Zealand. *Sedimentary Geology* **122**: 109-127.
- Köppen W. 1948. *Climatologia: con un Estudio de los Climats de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 478 p.
- Kotzian C.B. & Simões M.G. 2006. Taphomomy of Recent freshwater molluscan death assemblages, Touro Passo Stream, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **9**: 243-260.
- Kousky V.E. 1979. Frontal Influences on Northeast Brasil. *Monthly Weather Review*, **107**: 1140-1153.
- Martin R.E. 1999. *Taphonomy: a process approach*. Cambridge University Press, Cambrige, 508 pp.
- Martinez S., Rojas A., Ubilla, M., Verde M., Perea, D. 2006. Molluscan assemblages from the marine Holocene of Uruguay: composition, geochronology, and paleoenvironmental signals. *Ameghiniana*, **43** (2): 385-397.
- Martinho C.T. 2004. Morfodinâmica e Sedimentologia de Campos de Dunas Transgressivos da Região de Jaguaruna-Imbituba, Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 108 p.
- Mendes I.L.V. 1993. Malacofauna, paleoecologia e bioestratigrafia de sedimentos holocênicos da planície costeira de Imbituba e Imaruí, Santa Catarina, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2v, 309 p.
- Monteiro M.A. & Furtado S.M.A. 1995. O trecho do clima Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem climática dinâmica. *Geosul*, **19**: 117-133.
- Moutinho L.P. 2006. Assinaturas tafonômicas dos invertebrados da Formação Itaituba – Aplicação como ferramenta de análise estratigráfica e paleoecológica na seção pensilvaniana aflorante na porção sul da Bacia do Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 346 p.
- Nascimento D.R. Jr. 2010. Evolução sedimentar holocênica do delta do rio Tubarão, Estado de Santa Catarina. Tese de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 290 pp.

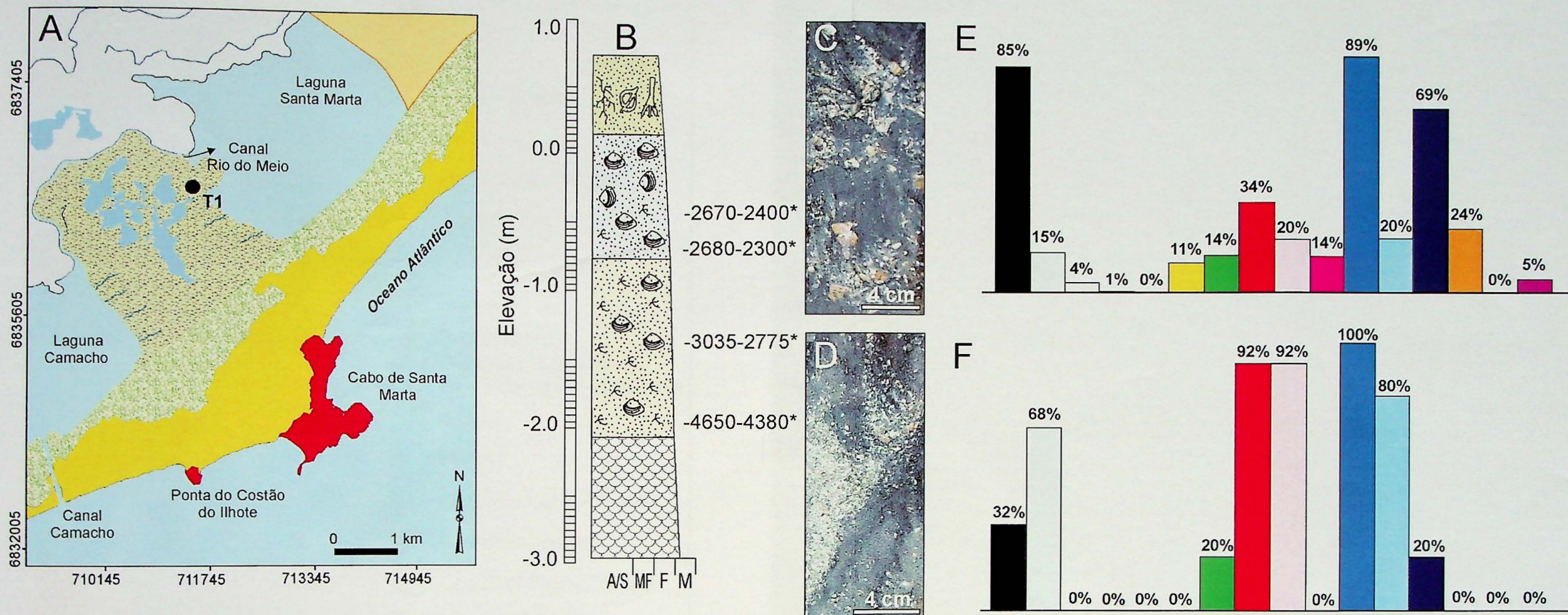
- Oliveira D.A. 2004. Caracterização Bio-Sedimentológica e Proposta de Setorização das Lagunas de Camacho, Garopaba do Sul e Santa Marta, Santa Catarina, Brasil. Dissertação de Mestrado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, 69 p.
- Orselli L. 1986. Climatologia. In: GAPLAN - SC. *Atlas de Santa Catarina*, Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro, p.: 38-39.
- Pimpão D.M. 2004. Moluscos bivalves da plataforma externa e talude superior ao largo do Rio Grande. Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 204 p.
- Pittoni V.L.L. 1993. Moluscos cenozoicos de sub-superfície em Imaruí, Santa Catarina, Brasil: paleoecologia, transgressões e regressões. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 269 p.
- Posamentier H.W. & Vail P.R. 1988. Eustatic controls on clastic deposition II-sequence and system tract models. In: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.St.C. Kendall, H.W.Posamentier, C.A.Ross, J.C. Van Wagoner (eds.) *Sea Level Changes – An Integrated Approach*. SEPM Special Publication, 42, p.: 125-154.
- Rios E.C. 1994. *Seashells of Brazil*. Editora da FURG, Rio Grande, 368 pp.
- Rodrigues S.C. 2006. Tafonomia de moluscos bivalves e braquiópodes das enseadas de Ubatuba e Picinguaba, norte do Estado de São Paulo: implicações do uso de assinaturas tafonômicas no reconhecimento de gradientes ambientais. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 118 p.
- Rodrigues S.C., Simões M. G., Pires-Domingues R.A. 2009. Viés Analítico em Estudos Tafonômicos com Macroinvertebrados: Implicações (Paleo)Ambientais e (Paleo)Ecológicas. *Geologia USP. Série Científica*, 9: 101-114.
- Rodrigues S.C. & Simões M.G. 2011. Taphonomy of *Bouchardia rosea* (Rhynchonelliformea, Brachiopoda) shells from the Ubatuba Bay, Brazil: implications for the use of taphonomic signatures in (paleo)environmental analysis. *Ameghiniana*, 47: 373-386.
- Satyamurty P., Mattos L.F., Nobre C.A., Silva Dias P.L. 1998. In: D.J. Karoly & D.G. Vicent (eds.) *Meteorology of the Southern Hemisphere*. American Meteorological Society, Boston, p.: 119-139.
- Sawakuchi A.O. 2003. Sistemas Depositionais Eólicos na Costa Centro-Sul Catarinense: Relações com o Nível do Mar. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 86 p.
- Siegle E. & Asp N.E. 2007. Wave refraction and longshore transport patterns along the southern Santa Catarina coast. *Brazilian Journal of Oceanography*, 55: 109-120.
- Simões M.G. & Ghilardi R.P. 2000. Protocolo tafonômico/paleoautoecológico como ferramenta na análise paleossinecológica. *Pesquisas em Geociências*, 27: 3-13.

- Simões M.G. & Torello F.F. 2003. Modelo de tafofácies para os moluscos bivalves do Grupo Passa Dois (Formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí), Permiano Superior, Bacia do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **33** (3): 1-10.
- Simões M.G., Torello F.F., Rocha-Campos A.C. 1996. Gênese e classificação da coquina de Camaquã (assembléia de *Pinzonella neotropica*), Formação Corumbataí (Permiano Superior), Rio Claro, SP. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68**: 545-557.
- Simões M.G., Rodrigues S.C., Leme J.M., Pires-Domingues R.A. 2007. Brachiopod shells on the beach: taphonomic overprinting in a fair-weather accumulation. *Journal of Taphonomy*, **5**: 205-225.
- Simões M.G., Rodrigues S.C., Kowalewski M. 2009. *Bouchardia rosea*, a vanishing brachiopod species of the Brazilian platform: taphonomy, historical ecology and conservation paleobiology. *Historical Biology*, **21**: 123-137.
- Speyer S.E. & Brett C.E. 1986. Trilobite Taphonomy and Middle Devonian Taphofacies. *Palaios*, **1**: 312-327.
- Speyer S.E. & Brett C.E. 1988. Taphofacies Models for Epeiric Sea Environments: Middle Paleozoic Examples. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **63**: 225-262.
- Swift D.J.P. 1975. Barrier-island genesis: evidence from the central Atlantic shelf, eastern U.S.A.. *Sedimentary Geology*, **14**: 1-43.
- Tabajara L.L. 1994. Aspectos hidrodinâmicos e sedimentologia do sistema lagunar estuarino de Tramandaí - RS. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 202 p.
- Tanaka A.P.B., Giannini P.C.F., Fornari M., Nascimento D.R.Jr., Sawakuchi A.O., Rodrigues S.I., Leal-Menezes P.M., Deblasis P.A.D, Porsani J.L. 2009. A planície costeira holocênica de Campos Verdes (Laguna, SC): evolução sedimentar inferida a partir de georradar (GPR), granulometria e minerais pesados. *Revista Brasileira de Geociências* **39**: 750-766.
- Toldo Jr. E.E. & Dillenburg S.R. 2002. Swash bar migration at the inlet of the Lagoa dos Patos Lagoon, Brazil. *Journal Coastal Research*, **33**: 489-492.
- Walker R.G. & James N.P. 1992. *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association Canada, 454 p.

ANEXO

Pranchas 1 a 4





LEGENDA

Morfologia

- Dunas ativas
- Planície de deflação
- Marismas
- Planície deltaica
- Planície de cordões
- Promontório rochoso

Fácies deposicionais

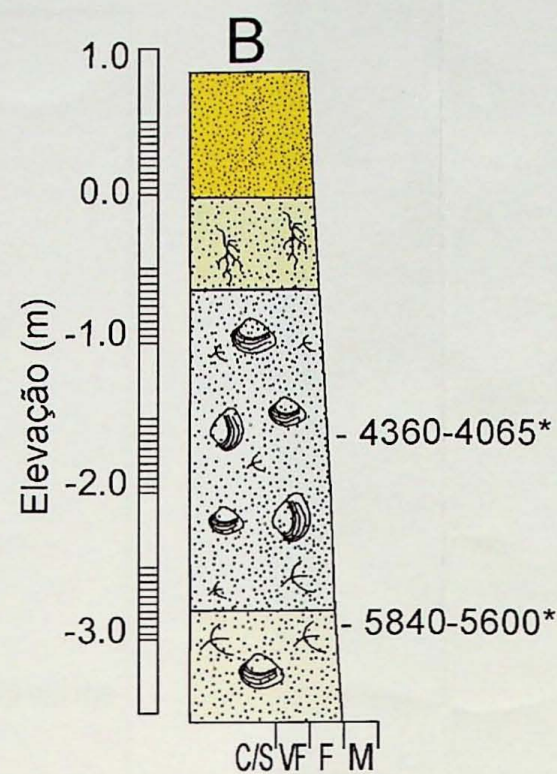
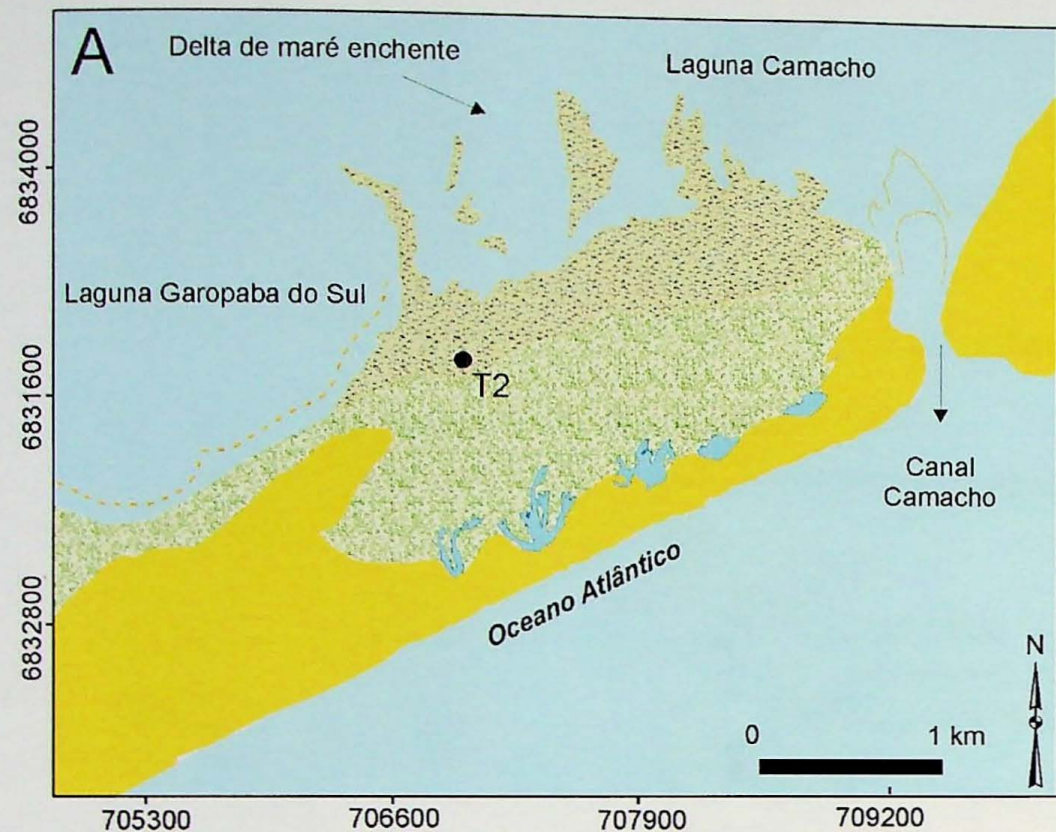
- Retrobarreira
- Laguna
- Baía
- Tômbolo
- Raízes

- Conchas inteiras *in situ*
- Conchas inteiras
- Conchas fragmentadas
- Vibrotestemunho
- Anos cal AP

Tafonomia

- Inteira
- Fragmentada
- Articulação - Fechada
- Margem - Natural
- Perióstraco - Natural
- Brilho - Natural
- Cor - Natural
- Abrasão
- Abrasão - Parcial
- Abrasão - Total
- Corrosão
- Corrosão - Parcial
- Corrosão - Total
- Bioerosão
- Incrustação
- Predação

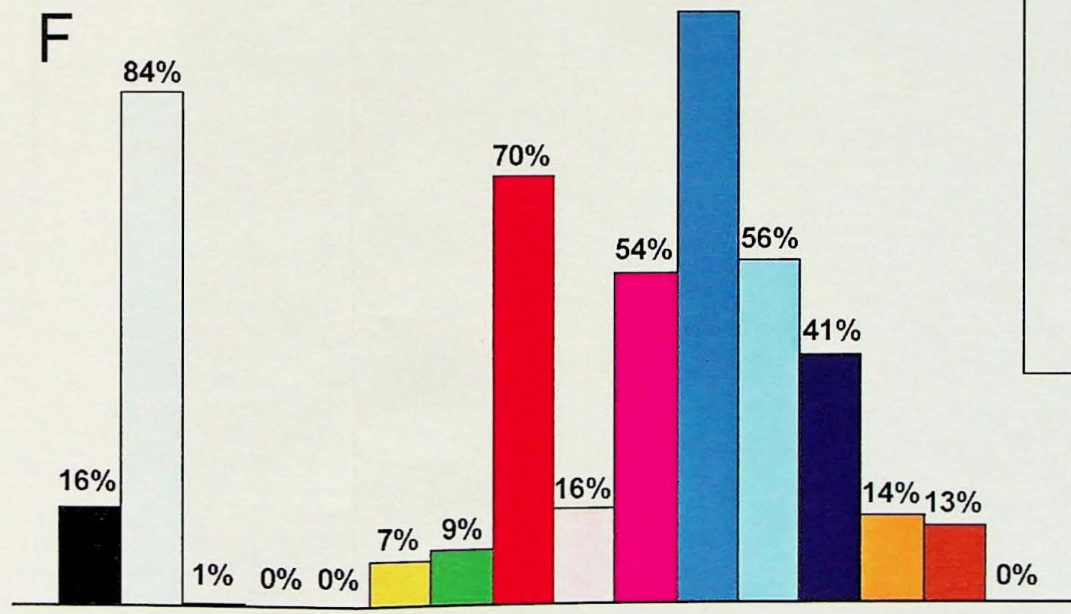
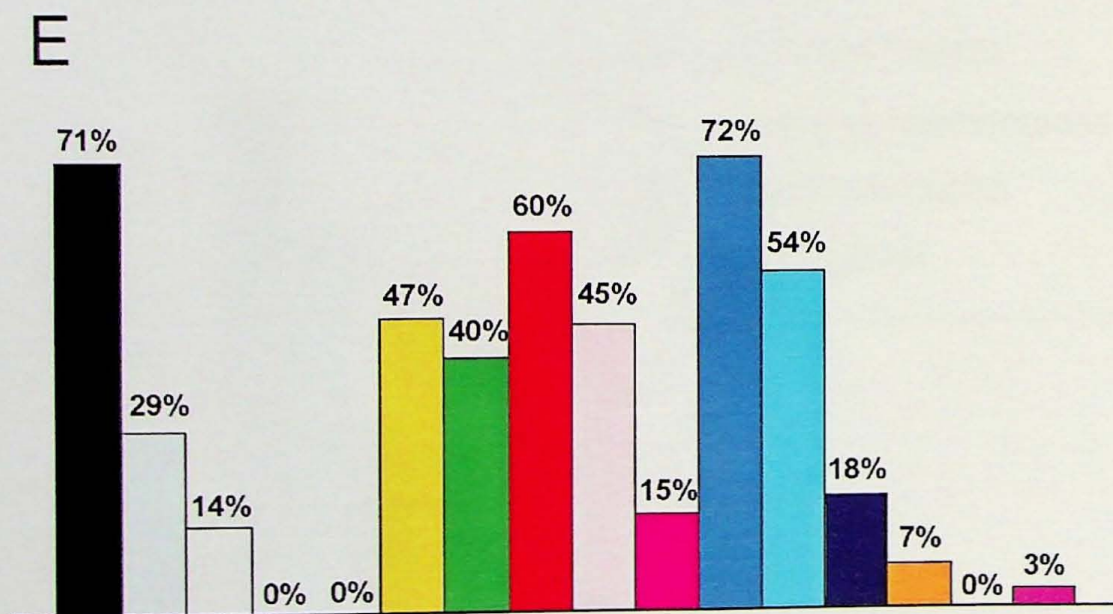
Prancha 1. Dados referentes ao vibrotestemunho T1. **A.** Mapa morfológico da área de estudo (Fornari *et al.* 2012), setor Rio do Meio, com a localização do ponto de amostragem. **B.** Empilhamento vertical de fácies deposicionais. **C.** Fotografia da fácies laguna. **D.** Fotografia da fácies baía. **E.** Gráfico em barras com os parâmetros tafonômicos para fácies laguna (n = 1174). **F.** Gráfico em barras com os parâmetros tafonômicos para fácies baía (n = 25).



LEGENDA

Morfologia

- Dunas ativas
 - Lago
 - Planície de deflação
 - Marismas
- ### Fácies deposicionais
- Eólica
 - Retrobarreira
 - Desembocadura/ Delta de maré enchente
 - Baía
- Raízes
 - Conchas inteiras *in situ*
 - Conchas inteiras
 - Conchas fragmentadas
 - Vibrotestemunho
 - Anos cal AP

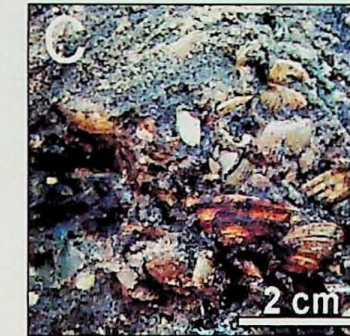
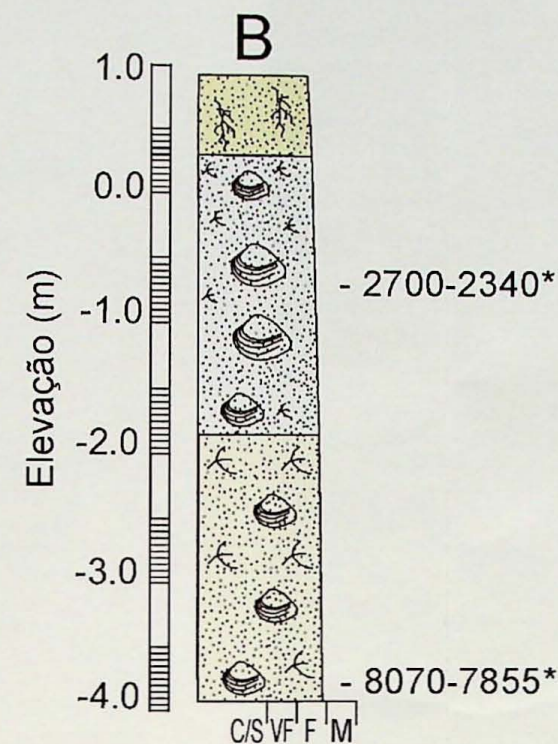
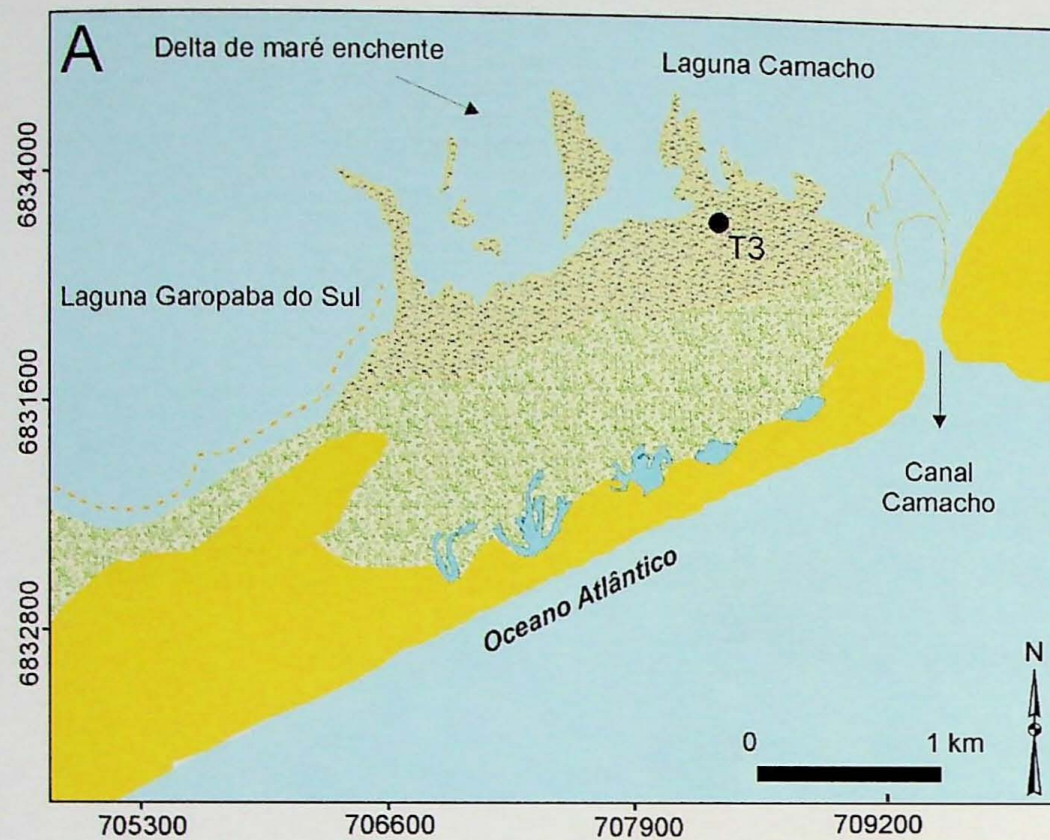


LEGENDA

Tafonomia

- Inteira
- Fragmentada
- Articulação - Fechada
- Margem - Natural
- Perióstraco - Natural
- Brilho - Natural
- Cor - Natural
- Abrasão
- Abrasão - Parcial
- Abrasão - Total
- Corrosão
- Corrosão - Parcial
- Corrosão - Total
- Bioerosão
- Incrustação
- Predação

Prancha 2. Dados referentes ao vibrotestemunho T2. **A.** Mapa morfológico da área de estudo (Fornari *et al.* 2012), setor Camacho, com a localização do ponto de amostragem. **B.** Empilhamento vertical de fácies deposicionais. **C.** Fotografia da fácies desembocadura lagunar/ delta de maré enchente. **D.** Fotografia da fácies baía. **E.** Gráfico em barras com os parâmetros tafonômicos para fácies desembocadura lagunar/ delta de maré enchente (n = 2236). **F.** Gráfico em barras com os parâmetros tafonômicos para fácies baía (n = 291).



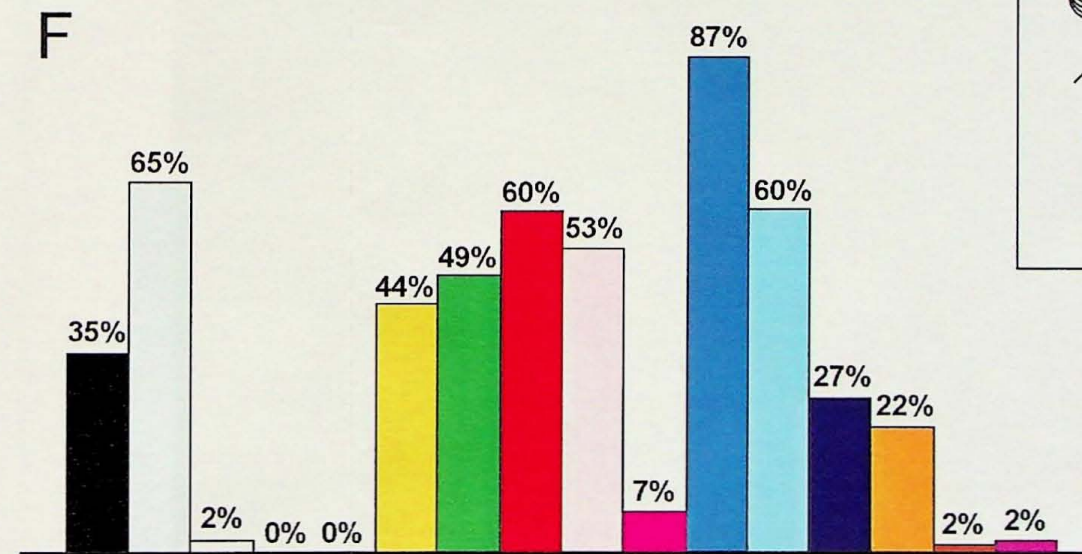
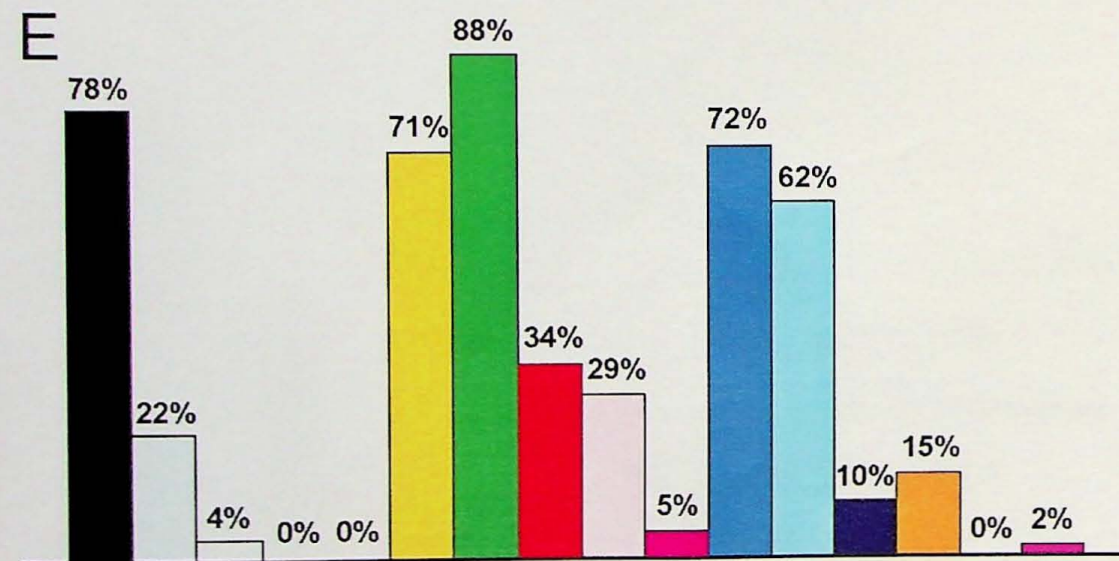
LEGENDA

Morfologia

- Dunas ativas
- Lago
- Planície de deflação
- Marismas

Fácies deposicionais

- Eólica
- Retrobarreira
- Desembocadura/ Delta de maré enchente
- Baía
- Raízes
- Conchas inteiras
- Conchas fragmentadas
- Vibrotestemunho
- Anos cal AP

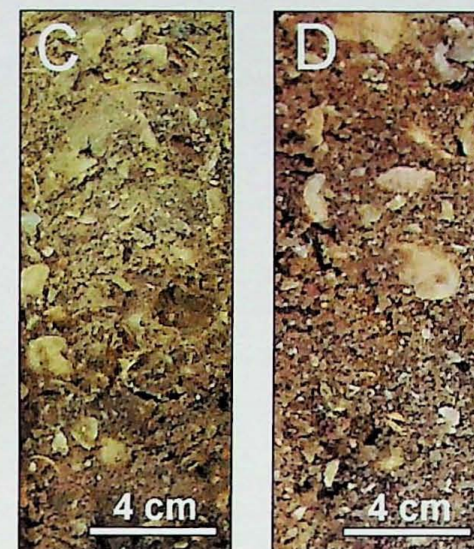
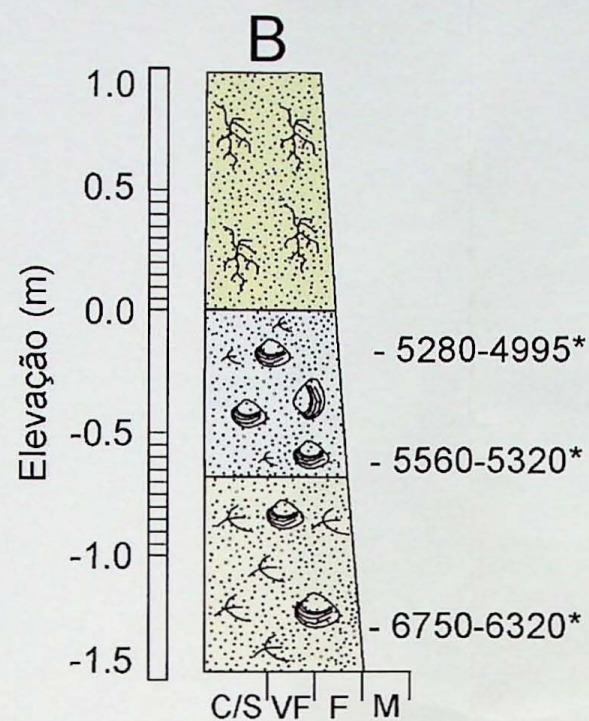
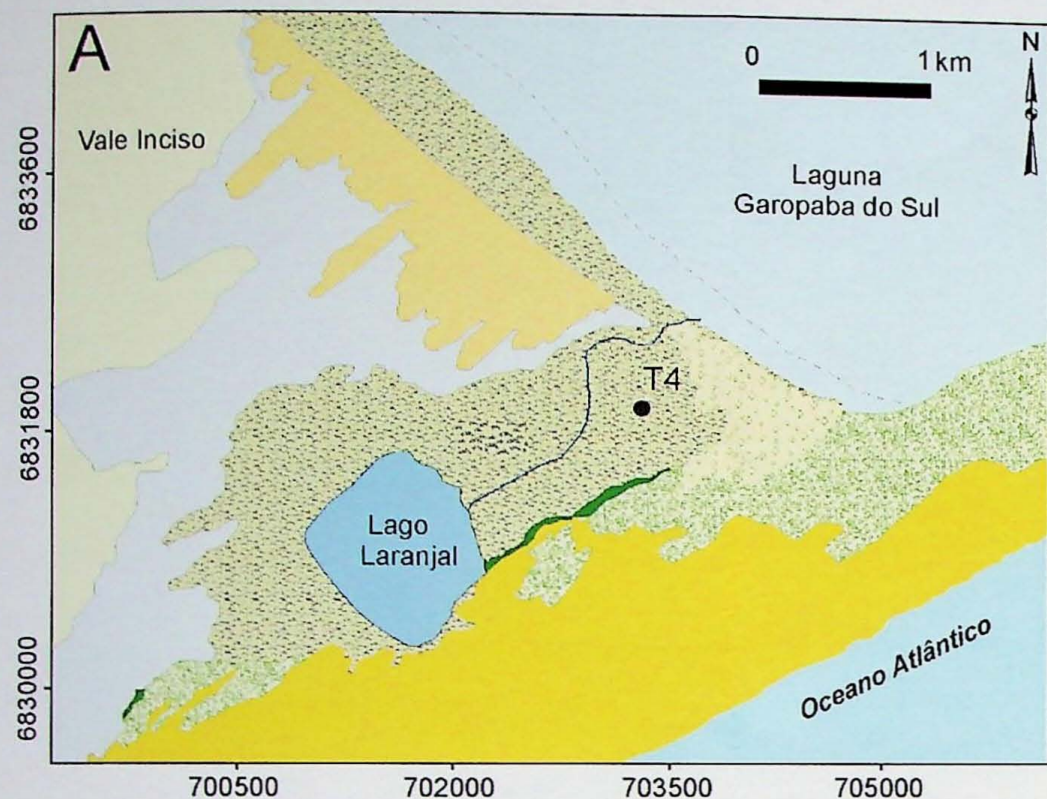


LEGENDA

Tafonomia

- Inteira
- Fragmentada
- Articulação - Fechada
- Margem - Natural
- Perióstraco - Natural
- Brilho - Natural
- Cor - Natural
- Abrasão
- Abrasão - Parcial
- Abrasão - Total
- Corrosão
- Corrosão - Parcial
- Corrosão - Total
- Bioerosão
- Incrustação
- Predação

Prancha 3. Dados referentes ao vibrotestemunho T3. **A.** Mapa morfológico da área de estudo (Fornari *et al.* 2012), setor Camacho, com a localização do ponto de amostragem. **B.** Empilhamento vertical de fácies deposicionais. **C.** Fotografia da fácies desembocadura lagunar/ delta de maré enchente. **D.** Fotografia da fácies baía. **E.** Gráfico em barras com os parâmetros tafonômicos para fácies desembocadura lagunar/ delta de maré enchente (n = 1478). **F.** Gráfico em barras com os parâmetros tafonômicos para fácies baía (n = 567).



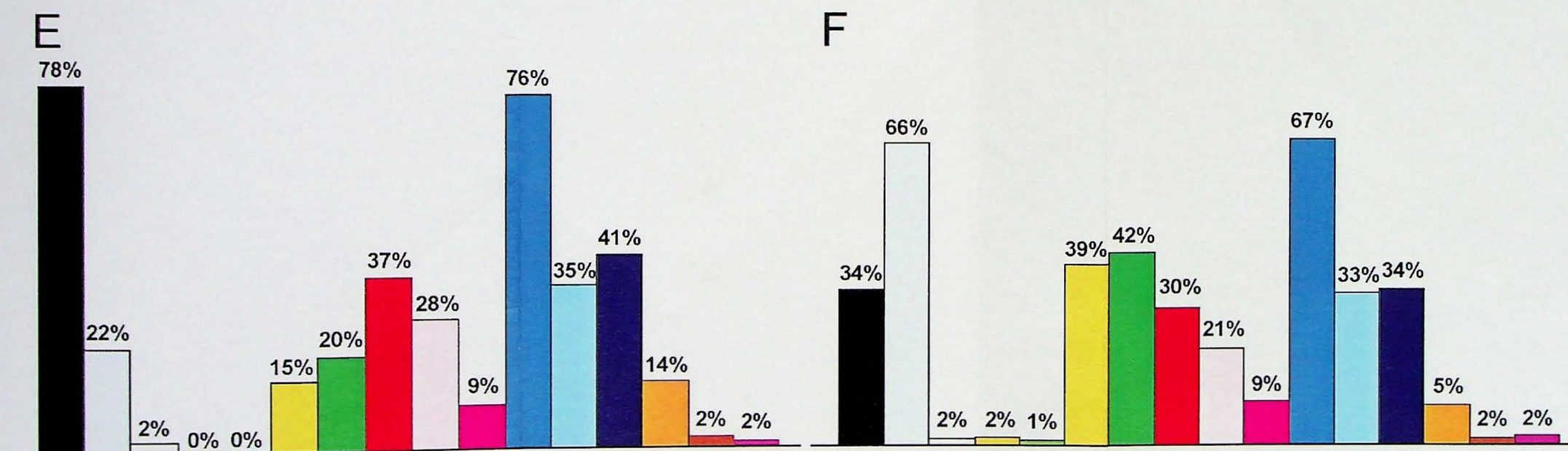
LEGENDA

Morfologia

- Cordão de precipitação
- Planície de deflação
- Retrobarreira
- Dunas ativas
- Paleodunas - Geração 3
- Paleodunas - Geração 2
- Terraço pleistocênico

Fácies deposicionais

- Eólica
- Retrobarreira
- Laguna
- Baía
- Raízes
- Conchas inteiras *in situ*
- Conchas inteiras
- Conchas fragmentadas
- Vibrotestemunho
- * Anos cal AP



LEGENDA

Tafonomia

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|------------------|
| Inteira | Perióstraco - Natural | Abrasão - Parcial | Corrosão - Total |
| Fragmentada | Brilho - Natural | Abrasão - Total | Bioerosão |
| Articulação - Fechada | Cor - Natural | Corrosão | Incrustação |
| Margem - Natural | Abrasão | Corrosão - Parcial | Predação |

Prancha 4. Dados referentes ao vibrotestemunho T4. **A.** Mapa morfológico da área de estudo (Fornari *et al.* 2012), setor Garopaba do Sul, com a localização do ponto de amostragem. **B.** Empilhamento vertical de fácies deposicionais. **C.** Fotografia da fácies laguna. **D.** Fotografia da fácies baía. **E.** Gráfico em barras com os parâmetros tafonômicos para fácies laguna (n = 116). **F.** Gráfico em barras com os parâmetros tafonômicos para fácies baía (n = 382).

